

(12) SOLICITUD INTERNACIONAL PUBLICADA EN VIRTUD DEL TRATADO DE COOPERACIÓN EN MATERIA DE PATENTES (PCT)

(19) Organización Mundial de la Propiedad Intelectual  
Oficina internacional



(10) Número de publicación internacional  
**WO 2021/123463 A1**

(43) Fecha de publicación internacional  
24 de junio de 2021 (24.06.2021)

(51) Clasificación internacional de patentes:

*B61L 23/04* (2006.01)      *G01B 11/06* (2006.01)  
*B61L 27/00* (2006.01)      *G01S 17/87* (2020.01)  
*B60M 1/28* (2006.01)      *G01S 17/88* (2006.01)  
*G01B 11/02* (2006.01)

(21) Número de la solicitud internacional:

PCT/ES2019/070857

(22) Fecha de presentación internacional:

17 de diciembre de 2019 (17.12.2019)

(25) Idioma de presentación:

español

(26) Idioma de publicación:

español

(71) Solicitante: **TELEFONOS, LINEAS Y CENTRALES, S.A.** [ES/ES]; C/ Anabel Segura 11, Edificio A - Planta 3 B-1, 28108 Alcobendas (ES).

(72) Inventores: **GONZÁLEZ ÁLVAREZ, Cesáreo**; Telefonos, Lineas Y Centrales, S.A., C/ Anabel Segura 11, Edificio A - Planta 3 B-1, 28108 Alcobendas (ES). **PUENTE MARTÍNEZ, Rubén**; Telefonos, Lineas Y Centrales, S.A., C/ Anabel Segura 11, Edificio A - Planta 3 B-1, 28108 Alcobendas (ES). **SUÁREZ GONZÁLEZ, Adrián**; Telefonos, Lineas Y Centrales, S.A., C/ Anabel Segura 11, Edificio A - Planta 3 B-1, 28108 Alcobendas (ES). **GALLACH PÉREZ, Darío**; Telefonos, Lineas Y Centrales, S.A., C/ Anabel Segura 11, Edificio A - Planta 3 B-1, 28108 Alcobendas (ES). **LANZA LÓPEZ, Borja Javier**; Telefonos, Lineas Y Centrales, S.A., C/ Anabel Segura 11, Edificio A - Planta 3 B-1, 28108 Alcobendas (ES).

(54) Title: METHOD FOR IN-SITU AND REAL-TIME COLLECTION AND PROCESSING OF GEOMETRIC PARAMETERS OF RAILWAY LINES

(54) Título: PROCEDIMIENTO PARA CAPTURA Y TRATAMIENTO IN-SITU Y EN TIEMPO REAL DE PARÁMETROS GEOMÉTRICOS DE LÍNEAS FERROVIARIAS

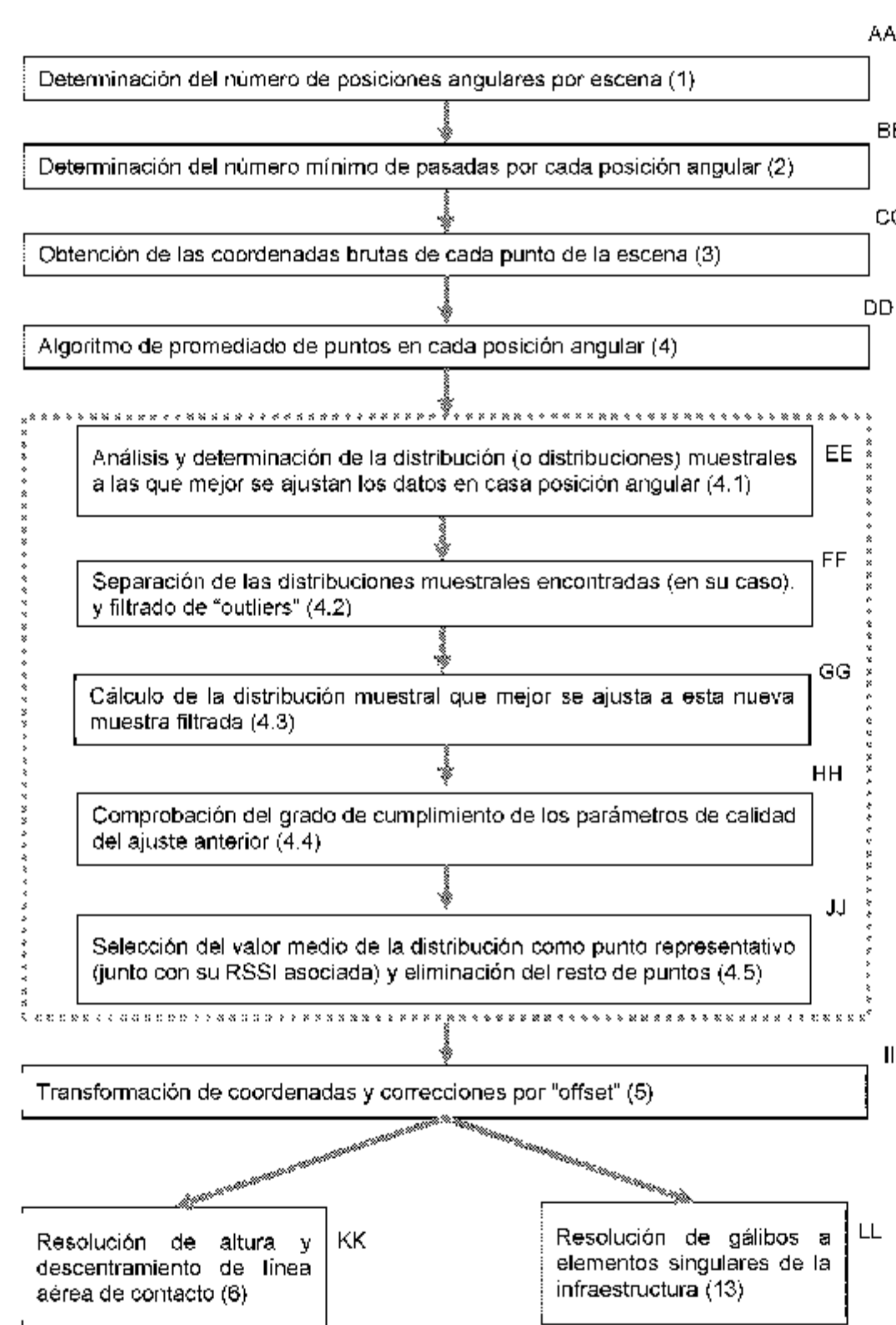


FIG. 1

- AA Determining the number of angular positions per scene (1)
- BB Determining the minimum number of passes per angular position (2)
- CC Obtaining the raw coordinates of each point of the scene (3)
- DD Algorithm for averaging points in each angular position (4)
- EE Analysing and determining the sampling distribution (or distributions) to which the data best fits in each angular position (4.1)
- FF Separating the sampling distributions found (if applicable) and filtering outliers (4.2)
- GG Calculating the sampling distribution that best fits this new filtered sample (4.3)
- HH Checking the degree of fulfilment of the quality parameters from the previous adjustment (4.4)
- JJ Selecting the average value of the distribution as the representative point (together with the associated RSSI) and removing the rest of the points (4.5)
- II Constructive offset corrections and coordinate transformation (5)
- KK Solving for height and stagger of the overhead contact line (6)
- LL Solving for gauges to singular elements of the infrastructure (13)

(57) Abstract: The invention relates to a method for in-situ and real-time collection and processing of geometric parameters of railway lines, in a particular but non-limiting manner to those related to the height and stagger of the contact wire in electrified lines and the gauges to specific elements of the infrastructure in any line, generated based on static measurements starting from two-dimensional scenes perpendicular to the track axis, wherein the method comprises the steps of: determining the number of angular positions per scene, determining the minimum number of passes in each position, obtaining the raw coordinates, applying an averaging algorithm, applying offset corrections, transforming coordinates and applying either the steps to solve for height and stagger of the overhead contact line (6), or applying the steps to solve for gauges to specific elements of the infrastructure (13). An optimised, efficient and simple method is achieved which enables the real-time management and processing of the data obtained from the railway infrastructure.

(57) Resumen: Procedimiento para la captura y tratamiento in-situ y en tiempo real de parámetros geométricos de líneas ferroviarias, particularmente pero no de forma limitativa los relativos a la altura y descentramiento del hilo de contacto en líneas electrificadas y a los gálibos a elementos singulares de la infraestructura en cualquier línea, generado en base a mediciones estáticas a partir de escenas bidimensionales perpendiculares al eje de vía, donde el procedimiento comprende las etapas de: determinación del número de posiciones angulares por escena, determinación del número mínimo de pasadas en cada posición, obtención de las coordenadas brutas, aplicación de un algoritmo de promediado, transformación de coordenadas y correcciones por "offset", y aplicación o bien de las etapas para la resolución

(74) **Mandatario: GONZALEZ LOPEZ-MENCHERO, Alvaro Luis;** Protectia Patentes Y Marcas, C/ Arte, 21 2º A, 28033 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, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, 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.

(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, ST, 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, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Publicada:**

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

**PROCEDIMIENTO PARA CAPTURA Y TRATAMIENTO IN-SITU Y EN TIEMPO  
REAL DE PARÁMETROS GEOMÉTRICOS DE LÍNEAS FERROVIARIAS**

**DESCRIPCIÓN**

5

**OBJETO DE LA INVENCION**

La presente invención se refiere a un procedimiento para la captura y tratamiento in-situ y en tiempo real de parámetros geométricos de líneas ferroviarias, particularmente pero no de forma limitativa los relativos a la altura y descentramiento del hilo de contacto en líneas electrificadas y a los gálibos a elementos singulares de la infraestructura.

Caracteriza a la presente invención la combinación de diferentes tratamientos de los datos de acuerdo con algoritmos especialmente combinados para el procedimiento objeto de la invención a partir de datos en bruto captados por sensores que registran parámetros geométricos de las líneas ferroviarias.

Por lo tanto, la presente invención se circunscribe dentro del ámbito ferroviario y de manera particular entre los procedimientos de medida de parámetros geométricos de la infraestructura.

**ANTECEDENTES DE LA INVENCION**

En el entorno ferroviario es necesario controlar el estado de los parámetros geométricos que definen la infraestructura a lo largo de todo su ciclo de vida, incluyendo las fases de construcción y operación. El administrador de la infraestructura programa inspecciones para conocer el estado de las instalaciones con una periodicidad que varía dependiendo de su criterio y experiencia. Para ello, el personal de mantenimiento combina inspecciones visuales con mediciones realizadas con diferentes dispositivos, que capturan datos por medio de sensores de diferente tecnología y principio de funcionamiento. Los sensores pueden

integrarse en elementos críticos de la propia infraestructura, o bien embarcarse en diferentes vehículos; típicamente, carros operados manualmente o dresinas/trenes auscultadores.

- 5 El empleo de estos sensores permite contar con una medida de los parámetros geométricos que definen la infraestructura, tanto los relativos a la vía como a los sistemas de electrificación ferroviaria, así como conocer si cualquier elemento externo al trazado de la línea férrea (por ejemplo, la vegetación) infringe los gálibos de la infraestructura o del material rodante, pudiendo resultar en una indeseada  
10 interrupción en los servicios ferroviarios.

En lo relativo a los dispositivos embarcados en vehículos de medición, existen diferentes soluciones conocidas en el estado de la técnica. Los carros operados manualmente, por lo general, embarcan sensores que ofrecen una elevada  
15 precisión a costa de un elevado coste inicial de adquisición, y suelen llevar asociado un post-procesado en gabinete de las mediciones realizadas. En el caso de los trenes auscultadores, al elevado coste tanto de adquisición como de operación de este tipo de vehículos, se le añade la ingente cantidad de datos generada en cada campaña de medición, que dificulta su tratamiento in-situ y en tiempo real. Los  
20 sensores de empleo más extendido suelen ser del tipo escáner láser o LIDAR (Light Detection and Ranging), que generan una nube de puntos de los elementos de la infraestructura ferroviaria cuyos parámetros geométricos se quiere conocer. La medida arrojada por dichos sensores puede estar complementada por imágenes o vídeos capturados por cámaras de alta resolución, ayudando a reconocer patrones  
25 por medio de complejos algoritmos y procedimientos que con frecuencia se apoyan en técnicas de aprendizaje profundo e inteligencia artificial. En otras ocasiones, se puede prescindir de los sistemas LIDAR; generando una nube de puntos “reconstruida” mediante las referidas técnicas de visión artificial. Asimismo, suele ser habitual correlacionar espacialmente dichas mediciones por medio de sistemas  
30 de georreferenciación basados en receptores GNSS (Global Navigation Satellite System) y sensores de tipo inercial. En ocasiones también se incorporan dispositivos capaces de registrar variables de tipo ambiental.

De lo anterior se deduce, por tanto, que existe una necesidad de optimizar los requisitos de los sensores empleados y de reducir el tiempo de tratamiento de los datos que capturan. La motivación es proveer al gestor de la infraestructura o  
5 empresa encargada de la construcción y/o mantenimiento de la línea (en adelante, se hablará genéricamente de “gestor de la infraestructura”) de una información en tiempo real, ágil y de interpretación sencilla por el personal desplazado en campo, de forma que se pueda evitar la etapa de post-proceso en gabinete de las mediciones por un técnico especializado.

10

Esta necesidad debe fundamentarse en la construcción de un procedimiento de medida robusto, basado en diferentes algoritmos y tratamientos estadísticos que combinen de forma eficiente los datos en bruto recogidos por los sensores para generar la información final de los parámetros geométricos que el gestor de la  
15 infraestructura demanda conocer, con la precisión requerida.

De esta forma, mediante la generación de dicho procedimiento optimizado, se pueden emplear sensores con una resolución inferior y con una menor intensidad de datos generada, reduciendo consecuentemente los costes iniciales de  
20 adquisición y operación de los vehículos de vía necesarios. El solicitante de la presente invención, tras análisis de diferentes alternativas en sensores y algoritmia, concluye que un procedimiento que pueda cumplir con las condiciones anteriormente referidas, necesariamente debe realizar un tratamiento estático de la nube de puntos. Además, con frecuencia el gestor de la infraestructura prefiere  
25 evitar un muestreo continuo, restringiendo el análisis a puntos singulares de la infraestructura.

Por tanto, es objeto de la presente invención responder eficientemente a la necesidad anteriormente apuntada, y superar las soluciones actualmente  
30 conocidas en el estado de la técnica relativas a la captura y tratamiento de parámetros geométricos de líneas ferroviarias, de forma particular pero no

limitativa, altura y descentramiento de línea aérea de contacto, y gálibos a elementos singulares de la infraestructura.

La búsqueda de antecedentes ha arrojado una serie de documentos basados  
5 esencialmente en procedimientos de medición continua, en los que varían los sensores empleados y/o el vehículo en el que se integran, así como el tipo de datos adicionales registrados.

CN203037214U y CN103852011A proponen sendos sistemas portátiles de  
10 medición de altura y descentramiento de línea aérea de contacto, así como los métodos de medición asociados. Se describe un procedimiento de medida en continuo, el que un dispositivo LIDAR 2D, embarcado en un vehículo tipo “trolley” encarrilado en vía, registra de manera continua una nube de puntos en la que el plano de escaneo es perpendicular a la dirección de avance. Mediante un proceso  
15 de filtrado, fusión y tratamiento estadístico de los puntos registrados, los inventores aseguran que el procedimiento que proponen permite un procesamiento rápido y en tiempo real de la nube de puntos. Sin embargo, el solicitante de la presente patente considera que el método divulgado en dichos documentos presenta aspectos susceptibles de ser mejorados, y hace las siguientes reflexiones:

20

Con respecto a CN203037214U, se establece que el procedimiento permite resolver los parámetros geométricos de la línea aérea de contacto en tiempo real mediante un algoritmo de regresión lineal; sin embargo, regresiones de este tipo aplicadas a nubes de puntos de un entorno ferroviario, suelen suponer tiempos de  
25 procesamiento de varios segundos, lo que dificulta una visualización en tiempo real por parte del usuario en campo. Por otro lado, se asegura un error promedio de medición de +/- 2 mm en descentramientos y +/- 4 mm en alturas; sin embargo, el dispositivo con respecto al que se ha contrastado estas precisiones es un telémetro láser de operación manual, de principio de medida y operación diferente, por lo que  
30 no deberían ser dispositivos contrastables.

Con respecto a CN103852011A, (i) para obtener una precisión típicamente aceptable por el gestor de la infraestructura ferroviaria (+/- 1 cm), los autores establecen que se deben asegurar al menos 10 escaneos por metro lineal de avance; esto en la práctica supone una velocidad de movimiento del trolley de entre  
5 3-4 km/h, dependiendo en este caso de la mayor o menor pericia del operador al mantener una velocidad de muestreo constante a lo largo del tramo muestreado, y lo suficientemente baja como para garantizar la precisión requerida; (ii) el procedimiento tiene un rango de desplazamiento preestablecido de 1 metro, de forma que se combinan los datos registrados en ese metro en un único dato que  
10 seguidamente se sigue procesando; se entiende entonces que la información de altura y descentramiento se vincula al inicio de cada metro, por lo que se puede llegar a perder cierta precisión cuando se pretenda conocer dichos valores en puntos singulares de la infraestructura, como puede ser bajo poste; (iii) el procedimiento permite detectar un hilo de contacto por línea, al ser el caso más  
15 frecuente en las líneas de ferrocarril de China. Sin embargo, no se podrían resolver casos de dos hilos de contacto por línea, siendo éstos bastante habituales en líneas convencionales en Europa, sobre todo aquellas electrificadas en corriente continua, como líneas de cercanías.

20 El documento CN105416097B recoge un procedimiento similar al descrito en CN103852011A, pero sustituyendo la plataforma de integración de sensores tipo "trolley" por un castillete de vehículo bivial para montaje de línea aérea de contacto. De esta forma, el procedimiento de medida adapta la metodología de CN103852011A a un caso de uso en obra de montaje de línea aérea de contacto,  
25 pero mantiene los mismos problemas (i) a (iii) ya descritos en el párrafo anterior.

Otros documentos conocidos del estado de la técnica son CN104406521A y CN104748685A; ambos permiten resolver, en continuo, parámetros geométricos de la línea aérea de contacto mediante vehículos tipo "trolley" y utilizan tecnologías  
30 de medición visual combinando láser y cámaras. El empleo de estos sensores frente a sensores de tipo LIDAR en entornos ferroviarios presenta una desventaja procedimental clara: necesitan de focos para iluminar la escena en ausencia de luz

ambiental, siendo el período nocturno el más habitual para las tareas de mantenimiento en las que se programan las campañas de medición con este tipo de equipos. Como los focos deben tener una potencia suficiente para iluminar un objetivo situado a varios metros de altura/distancia, y el espacio disponible para su  
5 integración en el trolley es reducido, el número de focos que es posible integrar es limitado; por lo que sólo será posible focalizar la iluminación hacia un determinado objetivo (el hilo de contacto, los postes...), reduciendo con ello el número de parámetros geométricos de la infraestructura ferroviaria que el dispositivo es capaz de capturar y procesar en tiempo real.

10

Por último, CN110207597A describe un procedimiento de medida de altura y descentramiento de hilo de contacto en base a un escáner LIDAR específicamente diseñado para el entorno ferroviario; este tipo de procedimientos con dispositivos diseñados ad-hoc limita la posibilidad de empleo en líneas operativas, al ser  
15 requeridos por el gestor de la infraestructura largos y costosos procesos de homologación que son difíciles de asumir por el fabricante si el volumen de mercado del equipo es reducido.

De acuerdo con lo anterior, existe la necesidad de proponer un procedimiento  
20 robusto, capaz de tratar en tiempo real e in-situ, los datos en bruto capturados por sensores que monitorizan parámetros geométricos de líneas ferroviarias, con un nivel de muestreo optimizado de forma que se cumplan los requerimientos mínimos más habituales de los gestores de la infraestructura.

25 Por lo tanto, es objeto de la presente invención proponer un procedimiento optimizado, eficiente y sencillo que permita la gestión y tratamiento de los datos obtenidos de la infraestructura ferroviaria en tiempo real. La propuesta pasa necesariamente por un procedimiento basado en medidas estáticas, que implique detenerse durante varios segundos en puntos singulares de la línea ferroviaria, y  
30 que trate estos casos de forma personalizada según los requerimientos.



## DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

Es objeto de la presente invención un procedimiento para captura y tratamiento in-situ de parámetros geométricos de líneas ferroviarias que emplea como punto de partida datos generados por sensores de distinta tecnología. Estos sensores combinan métodos de medición directa e indirecta:

- 10 - Medición directa de los parámetros geométricos de vía. De forma particular, pero no limitativa: ancho, peralte, inclinación, distancia recorrida y posicionamiento en coordenadas absolutas.
- 15 - Medición indirecta de parámetros geométricos de la infraestructura a partir del tratamiento de nubes de puntos generadas por sensores de diferente tecnología. En la realización propuesta, el sensor es un escáner láser 2D LIDAR (Laser Imaging Detection and Ranging), si bien el procedimiento puede adaptarse para tratar nubes de puntos generadas por otros medios (por ejemplo, visión artificial mediante cámaras). A través de tratamientos estadísticos y algoritmia, a partir de estas nubes de puntos en bruto, se obtienen finalmente parámetros geométricos de la infraestructura ferroviaria tales como: altura y descentramiento del hilo de contacto, gálibo a poste y 20 gálidos/distancias de aislamiento eléctrico (en vías electrificadas) y gálidos del material rodante en cualquier tipo de línea.

De acuerdo con lo anterior, el procedimiento desarrollado se nutre, particularmente en la realización propuesta, pero no de forma limitativa, de datos capturados por los siguientes sensores:

- Escáner láser LIDAR 2D para generar las nubes de puntos.
- Sensor inercial tipo IMU (Inertial Monitoring Unit) para la medición del peralte e inclinación de la vía.
- 30 - Transductor de desplazamiento lineal para medir el ancho de vía y determinar en todo momento su eje central, empleado para referenciar las medidas.

- Receptor GNSS multiconstelación para georreferenciar las medidas realizadas.
- Encoder rotativo incremental para determinar de forma precisa la distancia recorrida sobre la traza de la vía.

5

Lo anterior aplica sólo a una realización preferida de la invención, de forma que sería aceptable para el procedimiento cualquier sensor capaz de ofrecer mediciones de los parámetros geométricos anteriormente referidos.

10 Adicionalmente a estos sensores, en la realización propuesta se incorporan dos cámaras que toman fotografías frontales y acimutales del entorno ferroviario, facilitando al usuario las posibles revisiones posteriores, en gabinete, de las medidas que se tomaron en campo. Asimismo, para mejorar la calidad de las imágenes en períodos nocturnos o de escasa iluminación ambiental (por ejemplo,  
15 túneles), en la realización propuesta la escena se ilumina mediante varios focos LED tanto frontales como acimutales.

Los sensores y dispositivos de los que se nutre el procedimiento objeto de la presente invención se embarcan de manera preferente en un vehículo tipo carro,  
20 operado manualmente, del tipo "trolley". No obstante, es también habitual en el ámbito ferroviario integrar dichos sensores en vehículos motorizados, tales como camiones bi-viales, dresinas de mantenimiento o trenes auscultadores.

En cualquier caso, dicho vehículo debe garantizar la posibilidad de detenerse  
25 durante varios segundos en puntos singulares de la línea ferroviaria para permitir la medición estática prevista en este procedimiento. Estos puntos singulares variarán en función de los requerimientos que establezca el gestor de la infraestructura para cada línea en particular; en la mayor parte de los casos, junto a poste (en recta y curva) y a mitad de vano (en curva). En lo relativo a la línea  
30 aérea de contacto, estas zonas son de especial interés, ya que es donde se sitúan los puntos con descentramientos máximos (en valor absoluto) y los puntos "duros" en cuanto a alturas (zonas especialmente sometidas a desgastes del hilo de

contacto, y por tanto, susceptibles de someterse a un mayor control en el mantenimiento de la infraestructura). En lo relativo a otros elementos de la infraestructura, el gestor define en cada caso los elementos singulares a monitorizar (por ejemplo, distancias de aislamiento eléctrico en seccionamientos de lámina de  
5 aire, distancia del gálibo de material rodante a la bóveda de un túnel o a vegetación circundante, etc.). El procedimiento permite tratar estos casos de forma personalizada según los requerimientos que en cada caso defina el gestor de la línea ferroviaria.

10 Con todo lo anterior, el método propuesto se fundamenta en el tratamiento de nubes de puntos en secciones 2D o “rodajas”, de forma particular pero no limitativa, aquellas generadas por un escáner láser LIDAR. Para grabar cada una de estas rodajas, el técnico de campo debe detener el vehículo de vía en el que se integran los ya referidos sensores en el punto de interés. Por tanto, el input del procedimiento  
15 es la sección 2D generada al lanzar una medida estando el equipo estacionado en el punto de interés (en adelante, la “escena”).

Se distinguen dos caminos complementarios en el procedimiento en función de los parámetros geométricos de la línea ferroviaria a muestrear:

20

- Alternativa 1: resolución de altura y descentramiento de línea aérea de contacto.
- Alternativa 2: resolución de gálibos a elementos singulares de la infraestructura.

25

A continuación, se describen los pasos del procedimiento que son comunes a las alternativas 1 y 2:

30

- Determinación del número de posiciones angulares por escena necesarias para resolver los elementos singulares de la infraestructura ferroviaria en base a un estudio de la casuística propia de estos entornos. Este número de posiciones angulares mínimo determinará tanto el modelo de escáner láser

empleado, como sus parámetros de configuración (de forma particular, pero no limitativa: campo de visión, resolución angular y apertura del haz).

- Determinación del número mínimo de pasadas por cada posición angular para asegurar la repetitividad de las medidas. Este valor vendrá fijado por un estudio de la evolución de los estadísticos de centralización y dispersión más representativos de la tipología de nubes de puntos obtenidas en escenas del entorno ferroviario.
- Obtención de las coordenadas brutas de cada punto de la escena de acuerdo con el sistema de referencia empleado por el sensor generador de nubes de puntos. De forma particular, pero no limitativa, en una realización donde el sensor generador de nubes de puntos es un LIDAR, se obtiene, para cada posición angular, un conjunto de puntos definidos por su distancia al sensor y por un parámetro indicativo de la potencia de la intensidad reflejada, típicamente, el RSSI (Received Signal Strength Indicator o RSSI).
- Algoritmo de promediado de puntos en cada posición angular, eliminando tanto valores atípicos/ "outliers" como "puntos fantasma" /"ghost points", compuesto por las siguientes etapas:
  - Análisis y determinación de la distribución (o distribuciones) muestrales a las que mejor se ajustan los datos.
  - Separación (en su caso) de las distribuciones muestrales encontradas, y filtrado (eliminación) de todo punto situado a una distancia prefijada del estadístico de centralización escogido. Dicha distancia se define en base a un margen de +/- "n" veces el estadístico de dispersión seleccionado, siendo "n" un número entero.
  - Cálculo de la distribución muestral que mejor se ajusta a esta nueva muestra filtrada, fijando de antemano unos parámetros mínimos de calidad del ajuste.
  - Comprobación del grado de cumplimiento de los parámetros de calidad del ajuste anterior y, en caso de superar los requisitos mínimos, selección del valor medio (distancia) de esta distribución (junto con su RSSI asociada) como punto representativo y eliminación del resto de puntos.

- Transformación de coordenadas y correcciones por “offset” constructivos del equipo en el que se integra el sensor generador de nube de puntos. Esto es, presentación de las medidas en función del sistema de referencia preferido por el gestor de la infraestructura. Típicamente, un sistema de coordenadas cartesianas en el que el eje de abscisas se sitúa sobre el plano medio de rodadura (PMR), y el de ordenadas parte del eje de la vía y es perpendicular al PMR.

Una vez realizados los pasos anteriores, en el caso de ser de aplicación la alternativa 1 (resolución de altura y descentramiento de línea aérea de contacto), el procedimiento continuaría como sigue:

- Reducción de la cantidad de puntos a analizar dentro de la sección, restringiendo el área a una región de interés /region of interest (ROI) definida de forma dinámica de acuerdo con los requerimientos de alturas y descentramientos límite establecidos por cada gestor de la infraestructura.
- Clusterización o agrupamiento espacial de los puntos que pueden potencialmente formar parte de uno (o dos) hilos de contacto, empleando para ello un algoritmo parametrizable en función de sus características físicas y límites constructivos (diámetro del hilo, rango de alturas esperable sobre el plano medio de rodadura y separación entre hilos en el caso de líneas con doble hilo de contacto). Dichos parámetros, junto con los del escáner láser, definen un número mínimo y máximo de impactos esperables sobre un objeto del tipo “hilo de contacto”.
- División de los clústeres de la etapa anterior en subgrupos de puntos que pueden dar lugar a uno o dos hilos de contacto. Para ello, se establece (i) un umbral mínimo y máximo de puntos que definen su potencialidad para representar uno o dos hilos de contacto, y (ii) un criterio para la división de los clústeres de la etapa previa en función del número de puntos que lo conforman.
- Ponderación espacial de los puntos contenidos en los subgrupos del paso previo en base al parámetro indicativo de la potencia de la intensidad

reflejada, típicamente, el RSSI. Como resultado de esta ponderación, se obtiene un punto en una posición “virtual”, ponderada en base a los RSSI de los puntos originales. Este algoritmo permite refinar la precisión de las medidas, ya que para sensores del tipo escáner láser, la precisión es mayor  
5 cuanto mayor es el valor de la intensidad reflejada. Estos puntos virtuales están definidos por sus coordenadas referidas al sistema vía, por lo que la abscisa se corresponderá con el descentramiento del hilo de contacto candidato, y la ordenada con la altura.

- Filtrado final de puntos virtuales candidatos, seleccionando como hilo o  
10 hilos de contacto (en caso de líneas con doble hilo de contacto) aquel o aquellos más bajos y descentrados. Con ello se consigue estar resolviendo en todo momento la altura y el descentramiento de los hilos de contacto activos, ya que pueden darse situaciones con presencia de más de dos hilos de contacto en una misma escena (seccionamientos de catenaria),  
15 donde algunos de los hilos de la escena no están en contacto directo con el pantógrafo en las circulaciones de los trenes.
- Sincronización de estas medidas puntuales y estáticas de altura y descentramiento del hilo o hilos de contacto, con el resto de los parámetros capturados por los sensores auxiliares, que completan la información  
20 requerida por el gestor de la infraestructura.

En lo que respecta al caso de aplicación de la alternativa 2 (resolución de gálibos a elementos singulares de la infraestructura), el procedimiento mantendría los pasos comunes a las dos alternativas, y continuaría como sigue:

- Reducción de la cantidad de puntos a analizar dentro de la sección, restringiendo el área a una región de interés/ region of interest (ROI) definida de forma dinámica de acuerdo con los requerimientos geométricos del elemento singular de la infraestructura ferroviaria a detectar en cada  
25 caso (gálibo a poste, gálibos de aislamiento eléctrico, etc.)
- Clusterización o agrupamiento espacial de los puntos que pueden potencialmente formar parte del elemento singular a detectar, en base a  
30

patrones definitorios determinados por sus características geométricas más representativas; de forma particular, pero no limitativa, rectas y curvas.

- Determinación de la distancia mínima desde el origen de coordenadas definido por el sistema de referencia empleado por el gestor de la infraestructura (típicamente el mismo que el empleado para altura y descentramiento del hilo o hilos de contacto) a los puntos asociados a un patrón concreto en el paso previo.
- Sincronización de estas medidas puntuales y estáticas de distancias mínimas (gálidos) a elementos singulares de la infraestructura, con el resto de los parámetros capturados por los sensores auxiliares, que completan la información requerida por el gestor de la infraestructura.

Salvo que se indique lo contrario, todos los elementos técnicos y científicos usados en la presente memoria poseen el significado que habitualmente entiende un experto normal en la técnica a la que pertenece esta invención. En la práctica de la presente invención se pueden usar procedimientos y materiales similares o equivalentes a los descritos en la memoria.

A lo largo de la descripción y de las reivindicaciones la palabra “comprende” y sus variantes no pretenden excluir otras características técnicas, aditivos, componentes o pasos. Para los expertos en la materia, otros objetos, ventajas y características de la invención se desprenderán en parte de la descripción y en parte de la práctica de la invención.

## 25 **EXPLICACIÓN DE LAS FIGURAS**

Para complementar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, de acuerdo con un ejemplo preferente de realización práctica de la misma, se acompaña como parte integrante de dicha descripción, un juego de dibujos en donde con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente.

En la figura 1, podemos observar una representación de las etapas básicas del procedimiento objeto de la invención.

En la figura 2 se ha representado diagrama con los pasos que se llevan a cabo para  
5 la resolución de altura y descentramiento de una línea aérea de contacto (6).

En la figura 3 se muestra la resolución de gálibos a elementos singulares de la infraestructura (13).

## 10 **REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCION**

A la vista de las figuras se describe seguidamente un modo de realización preferente de la invención propuesta.

15 El procedimiento objeto de la invención para la captura y tratamiento in-situ y en tiempo real de parámetros geométricos comprende los siguientes pasos:

- 20 - Determinación del número de posiciones angulares por escena (1) necesarias para resolver los elementos singulares de la infraestructura ferroviaria en base a un estudio de la casuística propia de estos entornos. Este número de posiciones angulares mínimo determinará tanto el modelo de escáner láser empleado, como sus parámetros de configuración (de forma particular, pero no limitativa: campo de visión, resolución angular y apertura del haz).
- 25 - Determinación del número mínimo de pasadas por cada posición angular (2) para asegurar la repetitividad de las medidas. Este valor vendrá fijado por un estudio de la evolución de los estadísticos de centralización y dispersión más representativos de la tipología de nubes de puntos obtenidas en escenas del entorno ferroviario. De forma particular, pero no limitativa: media y mediana  
30 como estadísticos de centralización; desviación típica y desviación de la mediana como estadísticos de dispersión.



- Obtención de las coordenadas brutas de cada punto de la escena (3) de acuerdo con el sistema de referencia empleado por el sensor generador de nubes de puntos. De forma particular, pero no limitativa, en una realización donde el sensor generador de nubes de puntos es un LIDAR, se obtiene, para cada posición angular, un conjunto de puntos definidos por su distancia al sensor y por un parámetro indicativo de la potencia de la intensidad reflejada, típicamente, el RSSI (Received Signal Strength Indicator o RSSI).
- Algoritmo de promediado de puntos en cada posición angular, eliminando tanto valores atípicos (4) o “outliers” como “puntos fantasma” / “ghost points”, compuesto por las siguientes etapas:
  - Análisis y determinación de la distribución (o distribuciones) muestrales a las que mejor se ajustan los datos en cada posición angular (4.1). De forma particular, pero no limitativa, en una realización de la invención que emplea un LIDAR como generador de la nube de puntos, las muestras para cada posición angular se ajustan a una distribución normal, o a dos distribuciones normales parcialmente solapadas.
  - Separación (en su caso) de las distribuciones muestrales encontradas, y filtrado (4.2) (eliminación) de todo punto situado a una distancia prefijada del estadístico de centralización escogido. Dicha distancia se define en base a un margen de +/- “n” veces el estadístico de dispersión seleccionado, siendo “n” un número entero. De forma particular, pero no limitativa, en una realización de la invención que emplea un LIDAR como generador de la nube de puntos, se filtran (eliminan) todos aquellos puntos situados fuera de un margen de +/- 3 veces la desviación calculada con respecto a la mediana.
  - Cálculo de la distribución muestral que mejor se ajusta a esta nueva muestra filtrada (4.3), fijando de antemano unos parámetros mínimos de calidad del ajuste. De forma particular, pero no limitativa, la distribución normal con mejor ajuste.

- Comprobación del grado de cumplimiento de los parámetros de calidad del ajuste anterior (4.4) y, en caso de superar los requisitos mínimos, selección del valor medio (distancia) de esta distribución (junto con su RSSI asociada) y eliminación del resto de puntos (4.5).
- 5
- Transformación de coordenadas y correcciones por “offset” (5) constructivos del equipo en el que se integra el sensor generador de nube de puntos. Esto es, presentación de las medidas en función del sistema de referencia preferido por el gestor de la infraestructura. Típicamente, un sistema de coordenadas cartesianas en el que el eje de abscisas se sitúa sobre el plano
- 10
- medio de rodadura (PMR), y el de ordenadas parte del eje de la vía y es perpendicular al PMR.

Una vez realizados los pasos anteriores, en el caso de ser de aplicación la alternativa 1 (resolución de altura y descentramiento de línea aérea de contacto,

15 (6)), el procedimiento continuaría como sigue, tal y como se muestra en la figura 2:

- Reducción de la cantidad de puntos a analizar dentro de la sección (7), restringiendo el área a una región de interés /region of interest (ROI) definida de forma dinámica de acuerdo con los requerimientos de alturas y
- 20
- descentramientos límite establecidos por cada gestor de la infraestructura.
- Clusterización o agrupamiento espacial de los puntos que pueden potencialmente formar parte de uno (o dos) hilos de contacto (8), empleando para ello un algoritmo parametrizable en función de sus
- 25
- características físicas y límites constructivos (diámetro del hilo, rango de alturas esperable sobre el plano medio de rodadura y separación entre hilos en el caso de líneas con doble hilo de contacto). Dichos parámetros, junto con los del escáner láser, definen un número mínimo y máximo de impactos esperables sobre un objeto del tipo “hilo de contacto”.
- División de los clústeres de la etapa anterior en subgrupos de puntos (9)
- 30
- que pueden dar lugar a uno o dos hilos de contacto. Para ello, se establece (i) un umbral mínimo y máximo de puntos que definen su potencialidad para representar uno o dos hilos de contacto, y (ii) un criterio para la división de

los clústeres de la etapa previa en función del número de puntos que lo conforman.

- 5 - Ponderación espacial de los puntos contenidos en los subgrupos (10) del paso previo en base al parámetro indicativo de la potencia de la intensidad reflejada, típicamente, el RSSI. Como resultado de esta ponderación, se obtiene un punto en una posición “virtual”, ponderada en base a los RSSI de los puntos originales. Este algoritmo permite refinar la precisión de las medidas, ya que para sensores del tipo escáner láser, la precisión es mayor cuanto mayor es el valor de la intensidad reflejada. Estos puntos virtuales están definidos por sus coordenadas referidas al sistema vía, por lo que la abscisa se corresponderá con el descentramiento del hilo de contacto candidato, y la ordenada con la altura.
- 10 - Filtrado final de puntos virtuales candidatos (11), seleccionando como hilo o hilos de contacto (en caso de líneas con doble hilo de contacto) aquel o aquellos más bajos y descentrados. Con ello se consigue estar resolviendo en todo momento la altura y el descentramiento de los hilos de contacto activos, ya que pueden darse situaciones con presencia de más de dos hilos de contacto en una misma escena (seccionamientos de catenaria), donde algunos de los hilos de la escena no están en contacto directo con el pantógrafo en las circulaciones de los trenes.
- 15 - Sincronización de estas medidas puntuales y estáticas de altura y descentramiento del hilo o hilos de contacto, con el resto de los parámetros capturados (12) por los sensores auxiliares, que completan la información requerida por el gestor de la infraestructura. De forma particular, pero no limitativa: punto kilométrico (PK) o distancia recorrida desde el comienzo de la campaña de muestreo, referenciación absoluta de la escena mediante coordenadas GNSS, ancho, peralte e inclinación de la vía.
- 20
- 25

En lo que respecta al caso de aplicación de la alternativa 2 (resolución de gálibos a elementos singulares de la infraestructura (13)), el procedimiento se iniciaría a continuación de la etapa de transformación de coordenadas y correcciones por

offset (5) anteriormente referido, y continuaría como sigue, tal y como se muestra en la figura 3.

- 5           - Reducción de la cantidad de puntos a analizar dentro de la sección (14), restringiendo el área a una región de interés / (region of interest) (ROI) definida de forma dinámica de acuerdo con los requerimientos geométricos del elemento singular de la infraestructura ferroviaria a detectar en cada caso (gálibo a poste, gálibos de aislamiento eléctrico, etc.)
- 10          - Clusterización o agrupamiento espacial de los puntos que pueden potencialmente formar parte del elemento singular a detectar (15), en base a patrones definitorios determinados por sus características geométricas más representativas; de forma particular, pero no limitativa, rectas y curvas.
- 15          - Determinación de la distancia mínima desde el origen de coordenadas definido por el sistema de referencia empleado por el gestor de la infraestructura (16) (típicamente el mismo que el empleado para altura y descentramiento del hilo o hilos de contacto) a los puntos asociados a un patrón concreto en el paso previo.
- 20          - Sincronización de estas medidas puntuales y estáticas de distancias mínimas (gálibos) a elementos singulares de la infraestructura (17), con el resto de los parámetros capturados por los sensores auxiliares, que completan la información requerida por el gestor de la infraestructura. De forma particular, pero no limitativa: punto kilométrico (PK) o distancia recorrida desde el comienzo de la campaña de muestreo, referenciación absoluta de la escena mediante coordenadas GNSS, ancho, peralte e
- 25            inclinación de la vía.

Descrita suficientemente la naturaleza de la presente invención, así como la manera de ponerla en práctica, se hace constar que, dentro de su esencialidad, podrá ser llevada a la práctica en otras formas de realización que difieran en detalle

30 de la indicada a título de ejemplo, y a las cuales alcanzará igualmente la protección que se recaba, siempre que no altere, cambie o modifique su principio fundamental.

## REIVINDICACIONES

1.- Procedimiento para captura y tratamiento in-situ y en tiempo real de parámetros geométricos de líneas ferroviarias, que comprende las siguientes etapas:

5

- Determinación del número de posiciones angulares por escena (1) necesarias, donde este número de posiciones angulares mínimo determina tanto el modelo de escáner láser empleado, como sus parámetros de configuración.

10

- Determinación del número mínimo de pasadas por cada posición angular (2), donde este valor vendrá fijado por un estudio de la evolución de los estadísticos de centralización y dispersión más representativos de la tipología de nubes de puntos obtenidas en escenas del entorno ferroviario.

15

- Obtención de las coordenadas brutas de cada punto de la escena (3) de acuerdo con el sistema de referencia empleado por el sensor generador de nubes de puntos.

- Algoritmo de promediado de puntos en cada posición angular, eliminando tanto valores atípicos o "outliers" como "puntos fantasma" / "ghost points" (4), compuesto por las siguientes etapas:

20

○ Análisis y determinación de la distribución o distribuciones muestrales a la que mejor se ajustan a los datos en cada posición angular y determinación de la distribución muestral (4.1) a la que se ajustan con mayor calidad.

25

○ Separación (en su caso) de las distribuciones muestrales encontradas, y filtrado (4.2) (eliminación) de todo punto situado a una distancia prefijada del estadístico de centralización escogido, donde dicha distancia se define en base a un margen de +/- "n" veces el estadístico de dispersión seleccionado, siendo "n" un número entero.

30

○ Cálculo de la distribución muestral que mejor se ajusta a esta nueva muestra filtrada (4.3), fijando de antemano unos parámetros mínimos de calidad del ajuste.

- Comprobación del grado de cumplimiento de los parámetros de calidad del ajuste anterior (4.4) y, en caso de superar los requisitos mínimos, selección del valor medio (distancia) de esta distribución (junto con su RSSI asociada) como punto representativo y eliminación del resto de puntos (4.5).
- 5
- Transformación de coordenadas y correcciones por “offset” (5) constructivos del equipo en el que se integra el sensor generador de nubes de puntos, en el que el eje de abscisas se sitúa sobre el plano medio de rodadura (PMR), y el de ordenadas parte del eje de la vía y es perpendicular al PMR.
- 10
- Aplicación o bien de las etapas para la resolución de altura y descentramiento de línea aérea de contacto (6), o bien aplicación de las etapas de resolución de gálibos a elementos singulares de la infraestructura (13)).
- 15
- 2.- Procedimiento para captura y tratamiento in-situ y en tiempo real de parámetros geométricos de líneas ferroviarias según la reivindicación 1 caracterizado porque en el caso de que se busque obtener la resolución de altura y descentramiento de línea aérea de contacto (6), se aplican las siguientes etapas:
- 20
- Reducción de la cantidad de puntos a analizar dentro de la sección (7), restringiendo el área a una región de interés / region of interest (ROI) definida de forma dinámica de acuerdo con los requerimientos de alturas y descentramientos límite establecidos por cada gestor de la infraestructura.
- 25
- Clusterización o agrupamiento espacial de los puntos que pueden potencialmente formar parte de uno (o dos) hilos de contacto (8), empleando para ello un algoritmo parametrizable en función de sus características físicas y límites constructivos.
- 30
- División de los clústeres de la etapa anterior en subgrupos de puntos (9) que pueden dar lugar a uno o dos hilos de contacto. Para ello, se establece (i) un umbral mínimo y máximo de puntos que definen su potencialidad para representar uno o dos hilos de contacto, y (ii) un criterio para la división de

los clústeres de la etapa previa en función del número de puntos que lo conforman.

- 5 - Ponderación espacial de los puntos contenidos en los subgrupos del paso previo (10) en base al parámetro indicativo de la potencia de la intensidad reflejada, típicamente, el RSSI. Como resultado de esta ponderación, se obtiene un punto en una posición “virtual”, ponderada en base a los RSSI de los puntos originales.
  - 10 - Filtrado final de puntos virtuales candidatos (11), seleccionando como hilo o hilos de contacto (en caso de líneas con doble hilo de contacto) aquel o aquellos más bajos y descentrados.
  - Sincronización de estas medidas puntuales y estáticas de altura y descentramiento del hilo o hilos de contacto, con el resto de los parámetros capturados (12) por los sensores auxiliares.
- 15 3.- Procedimiento para captura y tratamiento in-situ y en tiempo real de parámetros geométricos de líneas ferroviarias según la reivindicación 1 caracterizado porque en el caso de que se busque obtener la resolución de gálibos a elementos singulares de la infraestructura (13) el procedimiento comprende las etapas de:
- 20 - Reducción de la cantidad de puntos a analizar dentro de la sección (14), restringiendo el área a una región de interés/ region of interest (ROI) definida de forma dinámica de acuerdo con los requerimientos geométricos del elemento singular de la infraestructura ferroviaria.  
Clusterización o agrupamiento espacial de los puntos que pueden potencialmente formar parte del elemento singular a detectar (15).
  - 25 - Determinación de la distancia mínima desde el origen de coordenadas definido por el sistema de referencia empleado por el gestor de la infraestructura (16).
  - 30 - Sincronización de estas medidas puntuales y estáticas de distancias mínimas (gálibos) a elementos singulares de la infraestructura (17), con el resto de los parámetros capturados por los sensores auxiliares.

- 4.- Procedimiento para captura y tratamiento in-situ y en tiempo real de parámetros geométricos de líneas ferroviarias según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el valor mínimo de pasadas en cada posición angular (2) viene fijado por un estudio de la evolución de la media y la mediana como estadístico de centralización, y de la desviación típica y desviación de la mediana como estadísticos de dispersión más representativos de la tipología de nubes de puntos obtenidas en escenas del entorno ferroviario.
- 5.- Procedimiento para captura y tratamiento in-situ y en tiempo real de parámetros geométricos de líneas ferroviarias según cualquiera de las reivindicaciones anteriores caracterizado porque en la etapa de obtención de las coordenadas brutas de cada punto de la escena (3), cuando el sensor generador de nubes de puntos es un LIDAR, se obtiene, para cada posición angular, un conjunto de puntos definidos por su distancia al sensor y por un parámetro indicativo de la potencia de la intensidad reflejada como el RSSI (Received Signal Strength Indicator o RSSI).
- 6.- Procedimiento para captura y tratamiento in-situ y en tiempo real de parámetros geométricos de líneas ferroviarias según cualquiera de las reivindicaciones anteriores caracterizado porque en la etapa de análisis de la distribución de los datos en cada posición angular y determinación de la distribución muestral de mejor ajuste (4.1), cuando emplea un LIDAR como generador de la nube de puntos, las muestras para cada posición angular se ajustan a una distribución normal, o a dos distribuciones normales parcialmente solapadas.
- 7.- Procedimiento para captura y tratamiento in-situ y en tiempo real de parámetros geométricos de líneas ferroviarias según cualquiera de las reivindicaciones anteriores caracterizado porque en la etapa de separación (en su caso) de las distribuciones muestrales encontradas, y filtrado (4.2) (eliminación) de todo punto situado a una distancia prefijada del estadístico de centralización escogido, cuando emplea un LIDAR como generador de la nube de puntos, se filtran (eliminan) todos aquellos puntos situados fuera de un margen de +/- 3 veces la desviación calculada con respecto a la mediana.



8.- Procedimiento para captura y tratamiento in-situ y en tiempo real de parámetros geométricos de líneas ferroviarias según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque en la etapa de cálculo de la distribución muestral  
5 que mejor se ajusta a la nueva muestra filtrada (4.3), se emplea una distribución normal.

9.- Procedimiento para captura y tratamiento in-situ y en tiempo real de parámetros geométricos de líneas ferroviarias según cualquiera de las reivindicaciones  
10 anteriores, caracterizado porque en la etapa de sincronización de las medidas puntuales y estáticas de altura y descentramiento del hilo o hilos de contacto, con el resto de parámetros capturados (12) por los sensores auxiliares, estos parámetros son: punto kilométrico (PK) o distancia recorrida desde el comienzo de la campaña de muestreo, referenciación absoluta de la escena mediante  
15 coordenadas GNSS, ancho, peralte e inclinación de la vía.

10.- Procedimiento para captura y tratamiento in-situ y en tiempo real de parámetros geométricos de líneas ferroviarias según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque en la etapa de sincronización de  
20 las medidas puntuales y estáticas de distancias mínimas (gálidos) a elementos singulares de la infraestructura (17), con el resto de parámetros capturados por los sensores auxiliares, estos parámetros son: el punto kilométrico (PK) o distancia recorrida desde el comienzo de la campaña de muestreo, referenciación absoluta de la escena mediante coordenadas GNSS, ancho, peralte e inclinación de la vía.

25

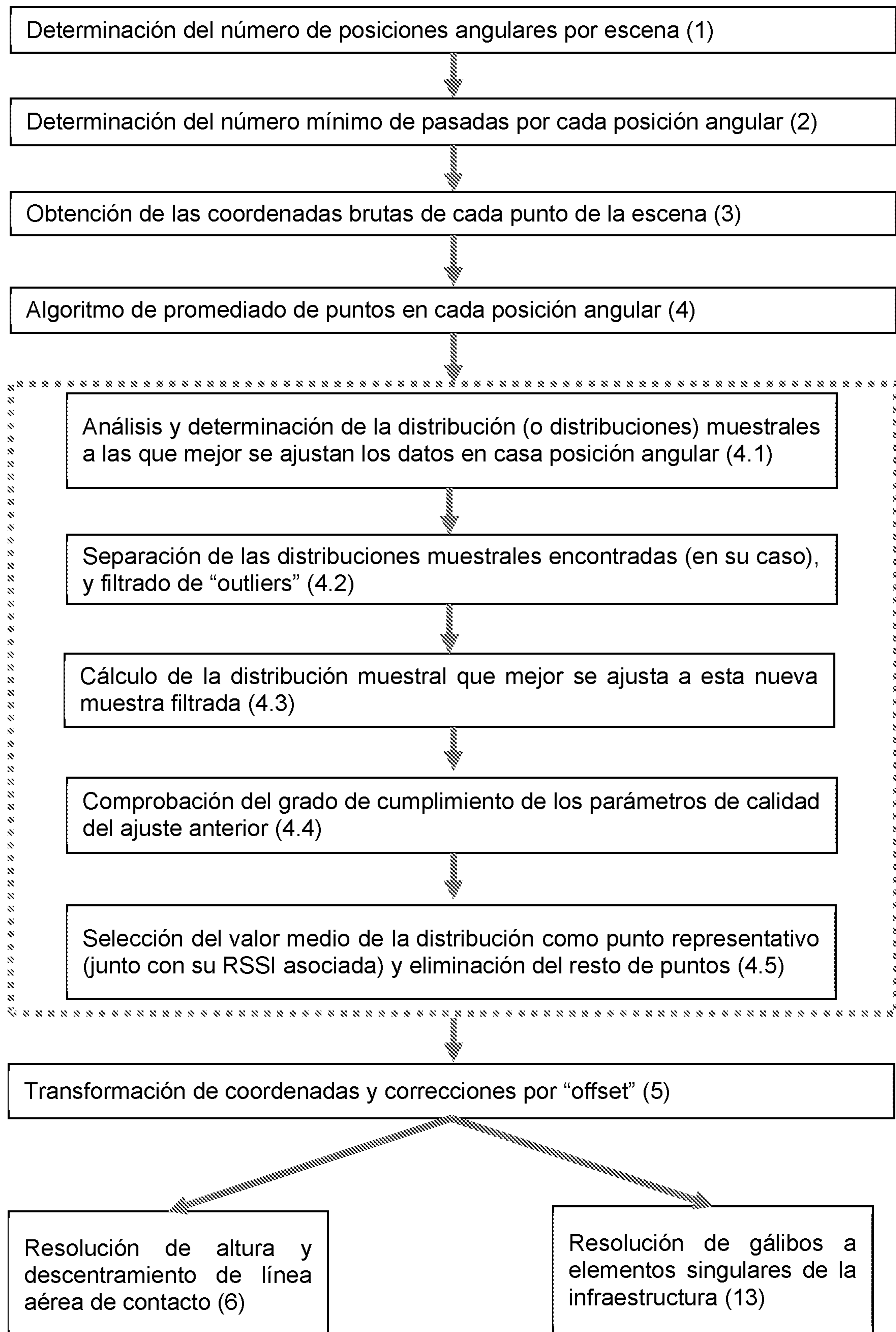


FIG. 1

Resolución de altura y descentramiento de línea aérea de contacto (6)

Reducción de la cantidad de puntos a analizar dentro de la sección mediante ROI (7)

Clusterización o agrupamiento espacial de los puntos que pueden potencialmente formar parte de uno (o dos) hilos de contacto (8)

División de los clústeres de la etapa anterior en subgrupos de puntos que pueden dar lugar a uno o dos hilos de contacto (9)

Ponderación espacial de los puntos contenidos en los subgrupos en base a datos de intensidad, obteniéndose puntos virtuales candidatos (10)

Filtrado final de puntos virtuales candidatos, seleccionando como hilo o hilos de contacto aquel o aquellos más bajos y descentrados (11)

Sincronización de estas medidas puntuales y estáticas de altura y descentramiento del hilo o hilos de contacto, con el resto de parámetros capturados (12)

FIG. 2

Resolución de gálibos a elementos singulares de la infraestructura (13)

Reducción de la cantidad de puntos a analizar dentro de la sección mediante ROI (14)

Clusterización o agrupamiento espacial en base a patrones de los puntos que pueden potencialmente formar parte del elemento singular a detectar (15)

Determinación de la distancia mínima desde el origen de coordenadas definido por el sistema de referencia empleado por el gestor de la infraestructura a los puntos asociados al patrón (16)

Sincronización de estas medidas puntuales y estáticas de distancias mínimas (gálibos) a elementos singulares de la infraestructura, con el resto de parámetros capturados (17)

FIG. 3

# INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud internacional N°

PCT/ES2019/070857

## A. CLASIFICACIÓN DEL OBJETO DE LA SOLICITUD

INV.    B61L23/04        B61L27/00        B60M1/28        G01B11/02        G01B11/06  
           G01S17/87        G01S17/88

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)

**B61L    B60M    G01B    G01S**

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) **EPO-Internal, WPI Data**

## C. DOCUMENTOS CONSIDERADOS RELEVANTES

Categoría*	Documentos citados, con indicación, si procede, de las partes relevantes	Relevante para las reivindicaciones N°
X	W0 2016/046109 A1 (EUROP TRANS ENERGY GMBH [AT] ) 31 de Marzo de 2016 (2016-03-31) página 1 - página 4 Resumen        -----	1-3,7,8
X	EP 2 966 400 B1 (RAI LWAY TECHNICAL RES INST [JP] ; MEIDENSHA ELECTRIC MEG CO LTD [JP] ) 28 de Marzo de 2018 (2018-03-28) párrafo [0020] - párrafo [0048] -----	1-3,7,8
X	US 2017/066459 A1 (SINGH SAMEER [GB] ) 9 de Marzo de 2017 (2017-03-09) párrafo [0010] párrafos [0099] - párrafo [0103] párrafo [0119] párrafo [0163] - párrafo [0164] -----	1-3,7-10
	-/--	

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

<p>* Categorías especiales de documentos citados:</p> <p>“A” documento que define el estado general de la técnica no considerado como particularmente relevante.</p> <p>“E” solicitud de patente o patente anterior pero publicada en la fecha de presentación internacional o en fecha posterior.</p> <p>“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).</p> <p>“O” documento que se refiere a una divulgación oral, a una utilización, a una exposición o a cualquier otro medio.</p> <p>“P” documento publicado antes de la fecha de presentación internacional pero con posterioridad a la fecha de prioridad reivindicada.</p>	<p>“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.</p> <p>“X” documento particularmente relevante; la invención reivindicada no puede considerarse nueva o que implique una actividad inventiva por referencia al documento aisladamente considerado.</p> <p>“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.</p> <p>“&amp;” documento que forma parte de la misma familia de patentes.</p>
--	--

Fecha en que se ha concluido efectivamente la búsqueda internacional. <b>6 de Agosto de 200</b>	Fecha de expedición del informe de búsqueda internacional <b>18 de Agosto de</b>
--	---

Nombre y dirección postal de la Administración encargada de la búsqueda internacional <p style="text-align: center;"><b>EPO</b></p> N° de fax	Funcionario autorizado <p style="text-align: center;"><b>Pita Priegue, Miguel</b></p> N° de teléfono
--	---

**INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL**

Solicitud internacional N°

PCT/ES2019/070857

C (continuación).		
DOCUMENTOS CONSIDERADOS RELEVANTES		
Categoría*	Documentos citados, con indicación, si procede, de las partes relevantes	Relevante para las reivindicaciones N°
X	EP 2 843 361 A1 (DB SYSTEMTECHNIK GMBH [DE]) 4 de Marzo de 2015 (2015-03-04) párrafo [0013] - párrafo [0053] resumen -----	1-3,7,8
X	MOSTAFA ARASTOUNIA: "Automated Recognition of Railroad Infrastructure in Rural Areas from LIDAR Data", REMOTE SENSING, vol . 7, no. 11, 6 de Noviembre de 2015 (2015-11-06), páginas 14916-14938, XP055484505, DOI : 10.3390/rs71114916 3. 4. Recognition of Overhead Power Cables 4. Dataset -----	1-8

# INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Información relativa a miembros de familias de patentes

Solicitud internacional N°

PCT/ES2019/070857

WO 2016046109	A1	31-03-2016	AT	516343	A1	15-04-2016
			WO	2016046109	A1	31-03-2016
-----						
EP 2966400	B1	28-03-2018	EP	2966400	A1	13-01-2016
			JP	5698285	B2	08-04-2015
			JP	2014169939	A	18-09-2014
			WO	2014136976	A1	12-09-2014
-----						
US 2017066459	A1	09-03-2017	EP	3138753	A1	08-03-2017
			EP	3138754	A1	08-03-2017
			GB	2536746	A	28-09-2016
			GB	2542115	A	15-03-2017
			US	2017066459	A1	09-03-2017
			US	2017106885	A1	20-04-2017
-----						
EP 2843361	A1	04-03-2015	DE	102013217160	B3	05-02-2015
			DK	2843361	T3	14-01-2019
			EP	2843361	A1	04-03-2015
			ES	2702630	T3	04-03-2019
			PL	2843361	T3	30-04-2019
-----						

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No PCT/ES2019/070857
---

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
 INV. B61L23/04 B61L27/00 B60M1/28 G01B11/02 G01B11/06  
 G01S17/87 G01S17/88  
 ADD.  
 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)  
 B61L B60M G01B G01S  
 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)  
 EPO-Internal, WPI Data

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2016/046109 A1 (EUROP TRANS ENERGY GMBH [AT]) 31 March 2016 (2016-03-31) page 1 - page 4 abstract	1-3,7,8
X	----- EP 2 966 400 B1 (RAILWAY TECHNICAL RES INST [JP]; MEIDENSHA ELECTRIC MFG CO LTD [JP]) 28 March 2018 (2018-03-28) paragraph [0020] - paragraph [0048]	1-3,7,8
X	----- US 2017/066459 A1 (SINGH SAMEER [GB]) 9 March 2017 (2017-03-09) paragraph [0010] paragraph [0099] - paragraph [0103] paragraph [0119] paragraph [0163] - paragraph [0164] ----- -/--	1-3,7-10

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

\* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"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 such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"&" document member of the same patent family
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search  6 August 2020	Date of mailing of the international search report  18/08/2020
--	--

Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer  Pita Priegue, Miguel
--	--



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/ES2019/070857

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 2 843 361 A1 (DB SYSTEMTECHNIK GMBH [DE]) 4 March 2015 (2015-03-04) paragraph [0013] - paragraph [0053] abstract	1-3,7,8
X	<p style="text-align: center;">-----</p> MOSTAFA ARASTOUNIA: "Automated Recognition of Railroad Infrastructure in Rural Areas from LIDAR Data", REMOTE SENSING, vol. 7, no. 11, 6 November 2015 (2015-11-06), pages 14916-14938, XP055484505, DOI: 10.3390/rs71114916 3. 4. Recognition of Overhead Power Cables 4. Dataset <p style="text-align: center;">-----</p>	1-8

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/ES2019/070857

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2016046109 A1	31-03-2016	AT 516343 A1 WO 2016046109 A1	15-04-2016 31-03-2016
-----			
EP 2966400 B1	28-03-2018	EP 2966400 A1 JP 5698285 B2 JP 2014169939 A WO 2014136976 A1	13-01-2016 08-04-2015 18-09-2014 12-09-2014
-----			
US 2017066459 A1	09-03-2017	EP 3138753 A1 EP 3138754 A1 GB 2536746 A GB 2542115 A US 2017066459 A1 US 2017106885 A1	08-03-2017 08-03-2017 28-09-2016 15-03-2017 09-03-2017 20-04-2017
-----			
EP 2843361 A1	04-03-2015	DE 102013217160 B3 DK 2843361 T3 EP 2843361 A1 ES 2702630 T3 PL 2843361 T3	05-02-2015 14-01-2019 04-03-2015 04-03-2019 30-04-2019
-----			