

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 880 204**

51 Int. Cl.:

**B61K 9/08**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.03.2018 PCT/EP2018/057815**

87 Fecha y número de publicación internacional: **04.10.2018 WO18178097**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.03.2018 E 18712257 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.04.2021 EP 3601009**

54 Título: **Dispositivo de detección de defectos de un raíl y procedimiento de detección asociado**

30 Prioridad:

**29.03.2017 FR 1752635**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

**23.11.2021**

73 Titular/es:

**METROLAB (100.0%)  
70 bis rue Mademoiselle  
75015 Paris, FR**

72 Inventor/es:

**MARICHAL, BENOÎT y  
NASR, SARAH**

74 Agente/Representante:

**PONTI & PARTNERS, S.L.P.**

ES 2 880 204 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Dispositivo de detección de defectos de un raíl y procedimiento de detección asociado

- 5 **[0001]** La presente invención se refiere a un dispositivo de detección de defectos de un raíl, del tipo que incluye: al menos un conjunto de sensores, siendo cada uno de dichos sensores capaz de generar una señal eléctrica representativa de una distancia que separa dicho sensor y el raíl, y al menos un vehículo ferroviario capaz de desplazarse a lo largo del raíl; estando el conjunto de sensores ensamblado al vehículo ferroviario; estando el vehículo ferroviario configurado para apoyarse sobre el raíl de manera que dichos sensores estén dispuestos enfrente y a cierta distancia de dicho raíl.
- 10 **[0002]** La invención se aplica en particular a la detección de los defectos de una superficie superior del raíl. Los defectos de superficie presentan un alto potencial degradación hacia el alma del raíl y pueden degenerar hacia una ruptura completa de la sección. La vigilancia frecuente de la superficie del raíl presenta así un gran interés para conservar una visión global de la calidad de una red ferroviaria. Así es posible planificar o poner en marcha las acciones de mantenimiento corrector necesarias cuando el estado de una sección de raíl parezca demasiado degradado, o acciones de mantenimiento preventivo cuando el estado de una sección de raíl presenta el riesgo de degenerar hacia un estado que necesita un mantenimiento intenso, como por ejemplo la sustitución del segmento de raíl dañado.
- 15 **[0003]** Se conocen varios procedimientos de la técnica anterior para detectar los defectos de raíles. En particular se describe un procedimiento que implementa sensores de metrología dimensional en el documento EP0044885. Este documento describe un conjunto de sensores suspendido de un vehículo ferroviario en contacto con la vía por medio de cuatro ruedas. Se conoce también un dispositivo de detección de este tipo a partir del documento EP 0 235 602 A2.
- 20 **[0004]** Sin embargo, dicho dispositivo expone a los sensores a un nivel de vibraciones que puede superar en varios órdenes de magnitud la resolución de los sensores. Las medidas obtenidas son a continuación difíciles de corregir.
- 25 **[0005]** La presente invención tiene por objeto proponer un dispositivo de detección que conduce a medidas más fiables, que permiten detectar y caracterizar los defectos de la superficie superior de un raíl.
- 30 **[0006]** Para este fin, la invención tiene por objeto un dispositivo de detección del tipo citado anteriormente, que tiene las características de la reivindicación.
- 35 **[0007]** Según otros aspectos ventajosos de la invención, el dispositivo de detección incluye una o varias de las características siguientes, tomadas de forma aislada o según todas las combinaciones técnicamente posibles:
- 40 - el al menos un conjunto de sensores incluye al menos una fila de sensores alineados según una dirección transversal, perpendicular a la dirección longitudinal del patín de rozamiento;
  - el al menos un conjunto de sensores incluye varias filas, estando cada fila formada por sensores alineados según una dirección transversal perpendicular a la dirección longitudinal del patín de rozamiento;
  - 45 - los sensores del al menos un conjunto están dispuestos según un enmallado regular, formado por rectas que se extienden según la dirección transversal y de rectas que se extienden según una dirección inclinada en un ángulo con respecto a dicha dirección transversal, estando dicho ángulo comprendido preferentemente entre 45° y 90°;
  - el patín de rozamiento comprende además al menos una ranura dispuesta en la superficie inferior según la dirección longitudinal, de manera que la al menos una ranura desemboca en la al menos una cavidad;
  - el patín de rozamiento está ensamblado al vehículo ferroviario por una suspensión provista de medios de mantenimiento fijos de una posición transversal constante de al menos un conjunto de sensores con respecto al
  - 50 - el patín de rozamiento está ensamblado al vehículo ferroviario por una suspensión provista de medios de mantenimiento por servomecanismo de una posición transversal constante del al menos un conjunto de sensores con respecto a un borde del raíl;
  - el dispositivo de tratamiento incluye varios controladores de a bordo solidarios con un mismo vehículo ferroviario o con varios vehículos ferroviarios diferentes, estando cada controlador de a bordo conectado a un conjunto de sensores, comprendiendo el dispositivo de tratamiento además un controlador lógico centralizado provisto de medios de comunicación con cada uno de los controladores lógicos de a bordo.
- 55 **[0008]** La invención tiene asimismo por objeto un procedimiento de funcionamiento de un dispositivo de detección tal como se describe anteriormente, incluyendo dicho procedimiento las etapas siguientes: desplazamiento del vehículo ferroviario a lo largo del raíl; en el curso de dicho desplazamiento, medida de una distancia entre los sensores del al menos un conjunto y una superficie superior del raíl; y detección simultánea de las coordenadas espaciales y de la velocidad del vehículo; después, elaboración de una primera representación espacial de la superficie superior del raíl; después, comparación de dicha primera representación espacial con representaciones de referencia
- 65 con el fin de identificar defectos de la superficie superior; después generación de una alerta en caso de defecto

identificado.

**[0009]** Según otros aspectos ventajosos de la invención, el procedimiento incluye una o varias de las características siguientes, tomadas de forma aislada o según todas las combinaciones técnicamente posibles:

- 5
- el procedimiento comprende además una etapa de comparación de la primera representación espacial con una segunda representación espacial memorizada previamente en una memoria de datos, de manera que conduzca a un seguimiento de la evolución de los defectos de la superficie superior;
  - las representaciones de referencia comprenden varios tipos de defectos asociados a características espaciales y
- 10 en los que la etapa de comparación comprende la determinación de ventanas de análisis que corresponden a dichas características espaciales.

**[0010]** La invención se entenderá mejor con la lectura de la descripción que se ofrece a continuación, dada únicamente a modo de ejemplo no limitativo y hecha en referencia a los dibujos en los que:

- 15
- la figura 1 es una vista esquemática lateral de un dispositivo de detección según una primera realización de la invención;
  - la figura 2 es una vista parcial, en sección transversal, del dispositivo de la figura 1;
  - la figura 3 es una vista de detalle, desde abajo, de una variante de realización del dispositivo de la figura 1;
- 20
- las figuras 4 y 5 son vistas esquemáticas de detalle de un dispositivo de detección según una segunda realización de la invención que incluye un sistema de servomecanismo de posición;
  - la figura 6 es una vista esquemática de un elemento del dispositivo de la figura 1; y
  - la figura 7 es un diagrama de flujo que corresponde a un procedimiento de funcionamiento de un dispositivo de detección tal como el dispositivo de la figura 1.

25

**[0011]** La figura 1 representa esquemáticamente un dispositivo 10 de detección de defectos de un raíl según una realización de la invención.

**[0012]** El dispositivo 10 es capaz especialmente de detectar los defectos de una vía férrea 11 formada por dos raíles 12 sustancialmente paralelos. Un raíl 12 incluye en particular una superficie superior 13 delimitada por un borde interno 14 y un borde externo 15 (Fig. 5). El borde interno 14 es el borde orientado hacia el interior de la vía férrea 11, es decir, frente del otro raíl 12 de dicha vía férrea.

**[0013]** El dispositivo 10 está destinado en particular a la detección de los defectos de la superficie superior 13 de al menos un raíl 12.

**[0014]** Los defectos esperados pueden presentar características espaciales muy diferentes. Los defectos de tipo desgaste ondulatorio se extienden en una longitud importante. Por el contrario, los defectos de tipo squat o exfoliaciones son defectos de pequeña dimensión. También existen defectos de tamaño intermedio como las deslaminaciones.

**[0015]** El dispositivo 10 incluye en particular un vehículo ferroviario 16, al menos un conjunto 18 de sensores conectados con dicho vehículo 16 y un dispositivo 20 de tratamiento electrónico de las informaciones suministradas por dichos sensores.

45

**[0016]** El vehículo ferroviario 16 es preferentemente un vehículo de transporte, en particular de tipo tren, metro, tranvía o tren ligero. Como variante, el vehículo ferroviario 16 es un vehículo de medida o de mantenimiento, motorizado o desplazable manualmente.

50

**[0017]** El vehículo ferroviario 16 comprende al menos un vagón 30. Dicho vagón 30 incluye un chasis 32 conectado a cuatro ruedas, en particular dos ruedas delanteras 34 y dos ruedas traseras 36. El vehículo ferroviario 16 es capaz de desplazarse a lo largo de la vía férrea 11 de manera que cada una de las ruedas delanteras 34 rueda sobre un raíl 12 diferente y que cada una de las ruedas traseras 36 rueda sobre un raíl 12 diferente.

55

**[0018]** Preferentemente, los vagones 30 forman al menos uno de los bogies del vehículo ferroviario 16, de manera que un mismo vehículo ferroviario 16 comprende varios vagones 30.

**[0019]** La figura 1 muestra una base ortonormal (X, Y, Z) asociada al vagón 30. La dirección X representa una dirección longitudinal de desplazamiento del vagón 30, la dirección Y representa una dirección transversal y la

60 dirección Z representa la vertical.

**[0020]** El vagón 30 incluye además al menos un patín de rozamiento 40, que comprende especialmente una superficie inferior 42 sustancialmente plana. El patín de rozamiento 40 está dispuesto bajo el chasis 32, entre una rueda delantera 34 y una rueda trasera 36. El vagón 30 incluye además al menos una suspensión 44 que conecta el

65 patín de rozamiento 40 al chasis 32, de manera que el desplazamiento del vagón 30 en la vía férrea 11 conlleva un

deslizamiento de la superficie inferior 42 en uno de los raíles 12.

**[0021]** Preferentemente, el patín de rozamiento 40 y la suspensión 44 están sustancialmente a la misma distancia de la rueda delantera 34 y de la rueda trasera 36, de manera que la dirección longitudinal X sea sustancialmente tangente al raíl 12 en medio del patín de rozamiento 40.

**[0022]** Preferentemente, el vagón 30 incluye al menos dos patines de rozamiento 40, estando cada uno de dichos patines dispuesto encima de uno de los raíles 12 de la vía férrea 11.

10 **[0023]** La figura 2 muestra una vista de detalle, en sección transversal, del patín de rozamiento 40 de la figura 1.

**[0024]** La superficie inferior 42 está dispuesta según un plano (X, Y) y está delimitada por un borde 46, de forma sustancialmente rectangular. A modo indicativo, una longitud de la superficie inferior 42 según la dirección longitudinal X está comprendida entre 50 cm y 1,5 m. Dicha longitud está adaptada preferentemente en función del tamaño de los defectos esperados, especialmente de la longitud de onda de los desgastes ondulatorios. Una anchura de la superficie inferior 42 según la dirección transversal Y se elige preferentemente cercana a una anchura de las ruedas 34, 36.

20 **[0025]** El borde 46 es contiguo a dos caras frontales 48 y a dos caras laterales 50 del patín de rozamiento 40. Preferentemente, las caras frontales 48 y laterales 50 son sustancialmente planas.

**[0026]** Las caras frontales 48 están dispuestas delante y detrás del patín de rozamiento 40, según la dirección longitudinal X. Preferentemente, las caras frontales 48 son sustancialmente planas y están inclinadas un ángulo  $\alpha$  inferior a 45° con respecto a la horizontal. Preferentemente, las caras laterales 50 están dispuestas sustancialmente según los planos (X, Z).

25 **[0027]** El borde 46 forma una superficie curva entre la superficie inferior 42 por una parte y las caras frontales 48 y laterales 50 por otra parte. Un radio de curvatura 52 del borde 46 está comprendido preferentemente entre 5 mm y 50 mm.

**[0028]** El patín de rozamiento 40 comprende además una cavidad 54 dispuesta en la superficie inferior 42. La cavidad 54 es preferentemente de forma alargada, que se extiende según la dirección transversal Y. Según una realización, la cavidad 54 desemboca en las caras laterales 50. Según otra realización, la cavidad 54 está contenida totalmente en la superficie inferior 42.

**[0029]** La figura 3 muestra una vista desde abajo de un conjunto 118 de sensores que pueden sustituir al conjunto 18 en una variante de realización del dispositivo de las figuras 1 y 2. Los conjuntos 18 y 118 se describirán simultáneamente, de manera que los elementos comunes se designan por los mismos números de referencia.

40 **[0030]** El conjunto 18, 118 de sensores comprende en particular un bloque de soporte 60, 160 y sensores 62, 64. El bloque de soporte 60, 160 tiene una forma sustancialmente paralelepípedica e incluye en particular una cara inferior 66.

45 **[0031]** Los sensores 62, 64 son sensores de metrología dimensional, siendo cada sensor capaz de generar una señal eléctrica representativa de una distancia que separa dicho sensor y el raíl 12 correspondiente. Los sensores 62, 64 se eligen por ejemplo entre sensores capacitivos, sensores ópticos y sensores inductivos, especialmente de corrientes de Foucault.

50 **[0032]** Los sensores 62, 64 se insertan en el bloque de soporte 60, 160. Según una realización, al menos un sensor 62 forma un saliente con respecto a la cara inferior 66 de dicho bloque de soporte. Según una realización, al menos un sensor 64 aflora en la cara inferior 66 de dicho bloque de soporte. La posición de los sensores con respecto a la cara inferior 66 se elige especialmente en función de la naturaleza de dichos sensores, por ejemplo, para evitar la influencia de las masas metálicas demasiado próximas al punto caliente de los sensores en su medida.

55 **[0033]** El bloque de soporte 60, 160 está alojado en la cavidad 54 del patín de rozamiento, estando la cara inferior 66 orientada hacia debajo de manera que se encuentra enfrente de la superficie superior 13 del raíl 12. El bloque de soporte 60, 160 está dispuesto de manera que dispone una distancia 68 no nula, entre los sensores 62, 64 y la superficie inferior 42 del patín de rozamiento 40. Dicha superficie inferior 42 suministra así un plano de referencia común a todos los sensores 62, 64.

**[0034]** Dicha distancia 68 se elige lo menor posible en función de las características de los sensores y del desgaste previsto de la superficie inferior 42 del patín de rozamiento 40. Por ejemplo, para sensores inductivos, la distancia 68 se elige del mismo orden de magnitud que un diámetro de dichos sensores.

65

**[0035]** Preferentemente, el conjunto 18, 118 de sensores está configurado de manera que cubre la mayor parte posible de la anchura del raíl 12, con el fin de detectar la mayor parte posible de defectos.

5 **[0036]** Más en concreto, los sensores 62, 64 están dispuestos preferentemente según al menos una fila 70 de sensores alineados según la dirección transversal Y. Con el fin de aumentar la resolución de la detección, los sensores están dispuestos más preferentemente según varias filas. En las realizaciones de las figuras 2 y 3, los conjuntos 18 y 118 incluyen tres filas de sensores alineados según la dirección transversal Y.

10 **[0037]** Preferentemente, los sensores 62, 64 están distribuidos sobre la cara inferior 66 según un enmallado regular 72 (Fig. 3), formado por rectas que se extienden según la dirección transversal Y y de rectas que se extienden según una dirección 74, inclinada en un ángulo  $\beta$  comprendido entre  $45^\circ$  y  $90^\circ$  con respecto a dicha dirección transversal. Dicha disposición permite especialmente reducir al mínimo la distancia 76 entre dos filas 70 de sensores consecutivos y optimizar por tanto el número de sensores en la cara inferior 66.

15 **[0038]** El patín de rozamiento 40 comprende además al menos una ranura de drenaje 78 dispuesta en la superficie inferior 42 según la dirección longitudinal X. Dicha ranura de drenaje 78 desemboca en la cavidad 54 y se extiende preferentemente hacia delante y hacia atrás de dicha cavidad de forma que permita una operación en los dos sentidos de la dirección X.

20 **[0039]** Según una variante de la realización de la figura 2, el patín de rozamiento 40 comprende varias cavidades 54, distribuidas según la dirección longitudinal X, de manera que cada una de las cavidades contiene un conjunto 18, 118 de sensores.

25 **[0040]** Las figuras 4 y 5 muestran vistas esquemáticas de detalle, de frente, de un dispositivo de detección 110 similar al dispositivo 10 de la figura 1. El dispositivo 110 corresponde a la descripción anterior del dispositivo 10 pero incluye una suspensión 144 diferente de la suspensión 44. Las suspensiones 44 y 144 se describirán simultáneamente, estando los elementos comunes denotados por los mismos números de referencia.

30 **[0041]** La suspensión 44, 144 está configurada para ejercer sobre el patín de rozamiento 40 un esfuerzo vertical dirigido hacia el raíl 12, es decir hacia abajo, limitando el recorrido hacia abajo de dicho patín con el fin de impedir que descienda por debajo del plano de la vía. Además, la suspensión 44, 144 comprende medios de recuperación elástica con el fin de absorber los movimientos verticales del patín que pueden provocarse por irregularidades de la vía férrea 11 o por el paso sobre los elementos de la vía.

35 **[0042]** En la realización de la figura 1, la suspensión 44 está configurada de manera que el patín de rozamiento 40 es fijo con respecto al chasis 32 en la dirección transversal Y. Preferentemente, esta colocación es tal que en vista de frente, el patín está totalmente a la sombra de las ruedas 34, 36. En esta realización, es preferible que la distancia entre ejes de las ruedas 34, 36 se reduzca con el fin de limitar el desplazamiento del eje del patín de rozamiento 40 con respecto a la tangente al raíl 12 correspondiente.

40 **[0043]** En la realización de las figuras 4 y 5, la suspensión 144 incluye un dispositivo 80 de servomecanismo de la posición del patín 40 encima del raíl 12. El dispositivo de servomecanismo 80 no es visible en la figura 5. Las figuras 4 y 5 muestran respectivamente dos configuraciones diferentes del dispositivo de detección 110, según la posición transversal de la rueda trasera 36 con respecto al raíl 12.

45 **[0044]** El dispositivo de servomecanismo 80, representado en la figura 4, incluye un detector 81, un miembro de traslación 82 y un módulo electrónico de servomecanismo 83.

50 **[0045]** El detector 81 es capaz de detectar la posición del patín con respecto al raíl en la dirección transversal Y. El detector 81 es por ejemplo un sensor de metrología dimensional análogo a los sensores 62, 64. El detector 81 está dispuesto preferentemente en un pozo que desemboca en la superficie inferior 42 del patín de rozamiento 40.

55 **[0046]** El miembro de traslación 82 es capaz de desplazar el patín de rozamiento 40 con respecto al chasis 32 en la dirección transversal Y. El miembro de traslación 82 incluye por ejemplo un motor eléctrico y un tornillo sin fin dispuesto en un juego de engranajes conectado al patín.

60 **[0047]** El módulo electrónico de servomecanismo 83 es capaz de interpretar los datos obtenidos del detector 81 para controlar el miembro de traslación 82 con el fin de que el patín de rozamiento 40 conserve una misma posición con respecto al borde interno 14 del raíl 12 en la dirección transversal Y. Dicha posición se elige de manera que optimiza la posición de los sensores 62, 64 con respecto a la superficie superior 13 de dicho raíl 12. Preferentemente, dicha posición implica que todos los sensores 62, 64 de al menos un conjunto 18, 118 llevado por el patín 40 estén en la vertical de dicha superficie superior 13.

65 **[0048]** Preferentemente, el recorrido del patín 40 que hace posible el miembro de traslación 82 está limitado de manera que dicho patín no pueda sobresalir con respecto a una cara interna 84 de las ruedas 34, 36, es decir, una cara de las ruedas orientada hacia el interior de la vía férrea 11. Como en la figura 5, el patín 40 puede preferentemente

sobrepasar la cara externa 85 de las ruedas 34, 36, opuesta a la cara interna. Esta superación está contenida sin embargo en el límite autorizado por el gálibo definido por la norma UIC 505-1.

5 **[0049]** La realización de las figuras 4 y 5 necesita un aparataje suplementario para el dispositivo de servomecanismo 80 pero, por el contrario, permite ahorrar en el número de sensores 62, 64 ya que estos últimos se mantienen en su totalidad encima del raíl.

10 **[0050]** En la figura 6 se representa esquemáticamente el dispositivo de tratamiento 20. El dispositivo de tratamiento 20 incluye al menos un dispositivo de a bordo 86, solidario con el vehículo ferroviario 16, y un dispositivo en el suelo 87. Un mismo dispositivo de a bordo 86 está conectado a uno o varios patines de rozamiento 40. El número de dispositivos de a bordo 86 en un mismo vehículo ferroviario 16 dependerá así del número de patines de rozamiento 40 y de la capacidad del dispositivo de a bordo 86.

15 **[0051]** El dispositivo de a bordo 86 incluye un detector electrónico 88 de coordenadas espaciales del vehículo ferroviario 16 que permite conocer las coordenadas espaciales de los centros del o de los vagones 30 manejados por dicho dispositivo de a bordo 86. Dichas coordenadas espaciales son, por ejemplo, la longitud y la latitud del detector 88, que preferentemente está conectado a un sistema de tipo GPS. El detector 88 está dispuesto preferentemente cerca de al menos un conjunto 18, 118 de sensores. El detector electrónico 88 es capaz también de medir la velocidad longitudinal del o de los vagones 30.

20 **[0052]** Cada dispositivo de a bordo 86 incluye además al menos un controlador de a bordo 89. El controlador de a bordo 89 incluye un procesador 90 que memoriza un programa 91. El controlador de a bordo 89 está provisto de medios de comunicación con el detector 88 de coordenadas espaciales, de los sensores 62, 64 de al menos un conjunto 18, 118 solidario con el vagón 30 y del dispositivo de servomecanismo 80 en su caso.

25 **[0053]** El dispositivo en el suelo 87 incluye un controlador lógico central 92 tal como un ordenador. El controlador lógico central 92 comprende un procesador 93, una interfaz hombre-máquina 94 tal como un teclado y una unidad de visualización 95 tal como una pantalla. El procesador 93 memoriza un programa 96. En una realización, el dispositivo en el suelo 87 incluye además una memoria de datos 97, capaz de registrar los datos recogidos en un tiempo definido.

30 **[0054]** El dispositivo en el suelo 87 incluye además medios de comunicación, por ejemplo por ondas radioeléctricas, con el o los dispositivos de a bordo 86 del vehículo 16.

35 **[0055]** A continuación se describirá un procedimiento de funcionamiento del dispositivo de detección 10, 110. Dicho procedimiento se representa esquemáticamente mediante un diagrama de flujo en la figura 7.

40 **[0056]** Se considera que para cada conjunto 18, 118 de sensores, cada uno de los sensores 62, 64 corresponde a un identificador  $C_n$  en el programa 91 del dispositivo de a bordo 86 conectado a dicho conjunto 18, 118. Cada identificador  $C_n$  está unido a una posición del sensor correspondiente en la cara interna 66 del bloque de soporte 60, 160.

45 **[0057]** En primer lugar, el vehículo ferroviario 16 se desplaza sobre la vía férrea 11. El o cada patín de rozamiento 40 del o de cada vagón 30 se desliza a lo largo del raíl 12 correspondiente.

**[0058]** La suspensión 44, 144 facilita que el patín 40 supere los elementos dispuestos en la vía. Asimismo, la forma curva del borde 46 de la superficie inferior 42 permite reducir los choques experimentados al encontrarse con las irregularidades de la vía, ya que estos choques pueden perturbar las medidas efectuadas por los sensores 62, 64.

50 **[0059]** En función de la tecnología usada, estas medidas pueden ser sensibles también a las condiciones climáticas como la humedad. Durante el desplazamiento del patín 40, las ranuras de drenaje 78 contribuyen a evitar la acumulación de agua en la cavidad 54.

55 **[0060]** En el curso de dicho desplazamiento, los sensores 62, 64 del o de cada conjunto 18, 118 suministran al dispositivo de a bordo 86 informaciones en una distancia  $d_{n,i}$  de cada sensor  $C_n$  con respecto a la superficie superior 13 del raíl 12, en cada instante  $t_i$  (etapa 200).

60 **[0061]** En el caso del dispositivo 10 descrito anteriormente, que comprende una suspensión 44, la posición del conjunto 18, 118 de sensores puede variar con respecto a los bordes interno 14 y externo 15 del raíl 12. Preferentemente, el conjunto 18, 118 es suficientemente extenso en la dirección transversal Y para que los sensores 62, 64 detecten la posición de al menos uno de los bordes interno 14 y externo 15. En particular, los sensores situados encima del vano, y por tanto separados del raíl 12, envían una señal saturada al controlador lógico de a bordo 89. La posición de las irregularidades de la superficie superior 13 con respecto a los bordes 14, 15 del raíl es una información que contribuye a caracterizar el tipo de defecto en cuestión.

65

**[0062]** En el caso del dispositivo 110 descrito anteriormente, que comprende una suspensión 144, la posición del conjunto 18, 118 de sensores es en principio fija con respecto a los bordes del raíl. No obstante, puede efectuarse la detección de al menos uno de dichos bordes a modo de confirmación.

5 **[0063]** Simultáneamente a las medidas efectuadas por los sensores 62, 64, el detector electrónico 88 del o de cada dispositivo de a bordo 86 determina las coordenadas espaciales del o de cada vagón 30 en varios instantes  $t_i$  sucesivos (etapa 202).

10 **[0064]** El detector electrónico 88 mide también la velocidad del vagón 30 en cada instante  $t_i$ , lo que permite que el programa 91 convierta en desfase temporal la distancia 76 entre dos filas 70 de sensores. Las medidas de las diferentes filas de sensores de un mismo conjunto 18, 118 están así sincronizadas, de manera que forman virtualmente una única alineación transversal de alta densidad de sensores  $C_n$ .

15 **[0065]** Las coordenadas espaciales del vagón 30 en varios instantes  $t_i$ , combinadas con las distancias  $d_{n,i}$  medidas por los sensores  $C_n$ , permiten definir (etapa 204) una representación espacial R de la o las superficies superiores 13 en las que se desplaza el vehículo ferroviario 16. La representación espacial R es definida por el programa 91 del o de cada dispositivo de a bordo 86 y/o por el programa 96 del dispositivo en el suelo 87.

20 **[0066]** Preferentemente, el dispositivo de detección 10, 110 ofrece uno o varios niveles de redundancia que permiten afinar dicha representación espacial R. Un primer nivel puede ser obtenido por el dispositivo de a bordo 86 o por el dispositivo en el suelo 87 en el caso en que un mismo patín de rozamiento 40 aloje varios conjuntos 18, 118 de sensores, conectados con un mismo dispositivo de a bordo 86.

25 **[0067]** Un segundo nivel de redundancia se obtiene por el dispositivo en el suelo 87, en el caso en que el vehículo ferroviario 16 incluye varios vagones 30, estando cada uno de dichos vagones equipado con un dispositivo de a bordo 86 conectado con el dispositivo en el suelo 87.

30 **[0068]** Un tercer nivel de redundancia se obtiene por el dispositivo en el suelo 87 en el caso en que sobre la vía férrea 11 se desplacen varios vehículos ferroviarios 16 o en el caso en que un mismo vehículo ferroviario 16 efectúe el mismo trayecto varias veces sucesivas.

35 **[0069]** A continuación se analiza la representación espacial R (etapa 206) de manera que detecte los defectos de la o las superficies superiores 13. Esta etapa de análisis es efectuada por el programa 91 del o de cada dispositivo de a bordo 86 y/o por el programa 96 del dispositivo en el suelo 87.

**[0070]** A modo de ejemplo, la etapa de análisis 206 incluye las operaciones siguientes:

- para cada conjunto 18, 118 de sensores, calcular un perfil transversal de referencia  $P_r$  de la superficie superior 13. El perfil  $P_r$  se calcula efectuando la media de las distancias  $d_{n,i}$  medidas por los sensores  $C_n$  en un intervalo de instantes  $t_i$  sucesivos. Esta operación permite definir, para cada sensor de un conjunto 18, 118, un nivel de referencia relativo a la sección de raíl en curso de recorrido y proporciona asimismo una indicación sobre el desgaste de la o las caras superiores 13 del raíl;

- para cada conjunto 18, 118, memorizar ventanas de señal que corresponden cada una a una distancia de examen diferente, con vistas a identificar defectos diferentes. Por ejemplo, una ventana «larga» de 5 m de longitud contendrá informaciones suficientes para identificar defectos largos de tipo desgaste ondulatorio. Una ventana «media» de 0,5 m de longitud contendrá informaciones suficientes para identificar defectos de continuidad de tipo deslaminación. Una ventana «corta» de 0,1 a 0,2 m de longitud contendrá informaciones suficientes para identificar defectos locales como los squats y las exfoliaciones;

- para cada ventana, calcular una suma cuadrática de las desviaciones del perfil de referencia  $P_r$  y comparar estas sumas con valores testigo representativos del ruido que puede encontrarse en los raíles. Cualquier resultado superior a un valor testigo desencadenará un análisis de defectos;

- para la ventana de análisis, extraer medidas de los parámetros pertinentes para la ventana en cuestión. Para la ventana larga, puede tratarse de frecuencias espaciales de las medidas para las cuales se encuentra un máximo local en el espectro de potencia espectral de la señal del sensor más cercana al centro de la fila de raíl. Para la ventana media y la ventana corta, puede tratarse del contorno de la zona para la cual el perfil de referencia supera dos o tres desviaciones tipo;

- comparar los parámetros así extraídos con datos de referencia, memorizados preferentemente en el controlador lógico central 92, con el fin de determinar el tipo de defecto. Dicha operación de comparación se obtiene preferentemente de una probabilidad que expresa la confianza que se depositan en la identificación del defecto.

Los parámetros así extraídos permiten además determinar la extensión, la profundidad y otras características de dicho defecto.

60 **[0071]** En el caso en que el dispositivo incluye una memoria de datos 97, durante una etapa opcional 209, los nuevos datos relativos a los defectos detectados son objeto de un análisis de comparación con respecto a los datos

almacenados previamente en la memoria de datos 97. Esta comparación conduce a un seguimiento de la evolución del defecto en cuestión.

- 5 **[0072]** Para cada defecto detectado, se genera a continuación una alerta (etapa 208), de manera que esta última se traduce en un mensaje de texto y/o gráfico en la unidad de visualización 95 del controlador lógico central 92. Por ejemplo, la unidad de visualización visualiza un mapa de la red ferroviaria que señala en tiempo real, por un código de color, los diferentes defectos y sus emplazamientos en la red. Así puede enviarse rápidamente un equipo de mantenimiento a los lugares en cuestión.
- 10 **[0073]** Los diferentes niveles de redundancia permiten confirmar la detección de defectos con el fin de limitar el número de falsos positivos. Esto permite desplegar de manera óptima los equipos de mantenimiento en la red.

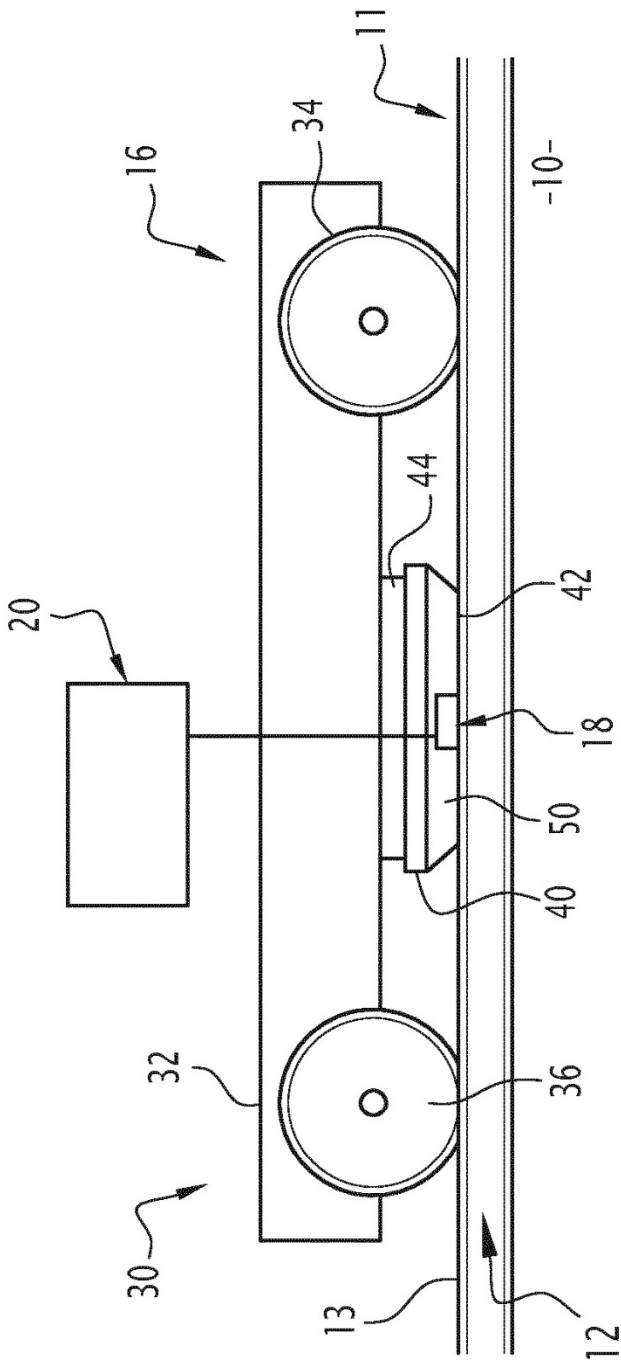
**REIVINDICACIONES**

1. Dispositivo (10, 110) de detección de defectos de un raíl (12), que comprende:
  - 5 - al menos un conjunto (18, 118) de sensores (62, 64), siendo cada uno de dichos sensores capaz de generar una señal eléctrica representativa de una distancia ( $d_{n,i}$ ) que separa dicho sensor y el raíl, y
    - al menos un vehículo ferroviario (16) capaz de desplazarse a lo largo del raíl;
 estando el conjunto de sensor ensamblado al vehículo ferroviario; estando el vehículo ferroviario configurado para
 10 apoyarse sobre el raíl de manera que dichos sensores estén dispuestos enfrente y a cierta distancia de dicho raíl; incluyendo el dispositivo de detección además un patín de rozamiento (40) que comprende una superficie inferior (42) sustancialmente plana,
 estando dicho patín de rozamiento ensamblado (44, 144) al vehículo ferroviario de manera que el desplazamiento de dicho vehículo a lo largo del raíl conlleva un deslizamiento sobre dicho raíl de dicha superficie inferior, según una
 15 dirección longitudinal (X) de dicho patín de rozamiento; comprendiendo el patín de rozamiento además al menos una cavidad (54) dispuesta en la superficie inferior, estando el al menos un conjunto (18, 118) de sensores alojado en dicha cavidad,
 estando el dispositivo de detección **caracterizado porque** comprende además un dispositivo (20) de tratamiento electrónico de informaciones suministradas por los sensores (62, 64), comprendiendo dicho dispositivo de tratamiento:
 20 al menos un detector electrónico (88) de coordenadas espaciales del vehículo ferroviario (16); y al menos un controlador de a bordo (89), de manera que dicho detector electrónico y dicho controlador de a bordo forman parte solidaria con el vehículo ferroviario (16), estando dicho controlador de a bordo (89) conectado al detector electrónico (88) y al conjunto (18, 118) de sensores.
- 25 2. Dispositivo de detección según la reivindicación 1, en el que el al menos un conjunto de sensores incluye al menos una fila (70) de sensores alineados según una dirección transversal (Y), perpendicular a la dirección longitudinal del patín de rozamiento (40).
3. Dispositivo de detección según la reivindicación 1 o 2, en el que el al menos un conjunto de sensores
 30 incluye varias filas (70), estando cada fila formada por sensores (62, 64) alineados según una dirección transversal (Y) perpendicular a la dirección longitudinal del patín de rozamiento (40).
4. Dispositivo de detección según la reivindicación 3, en el que los sensores (62, 64) del al menos un
 35 conjunto (18, 118) están dispuestos según un enmallado regular (72), formado por rectas que se extienden según la dirección transversal (Y) y rectas que se extienden según una dirección (74) inclinada en un ángulo ( $\beta$ ) con respecto a dicha dirección transversal, estando dicho ángulo ( $\beta$ ) comprendido preferentemente entre  $45^\circ$  y  $90^\circ$ .
5. Dispositivo de detección según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el patín de
 40 rozamiento comprende además al menos una ranura (78) dispuesta en la superficie inferior (42) según la dirección longitudinal (X), de manera que la al menos una ranura desemboca en la al menos una cavidad (54).
6. Dispositivo de detección (110) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el patín de
 rozamiento está ensamblado al vehículo ferroviario por una suspensión (44) provista de medios de mantenimiento fijos de una posición transversal constante de al menos un conjunto (18, 118) de sensores con respecto al vagón (30).
- 45 7. Dispositivo de detección (110) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que el patín de rozamiento está ensamblado al vehículo ferroviario por una suspensión (144) provista de medios de mantenimiento por servomecanismo (80) de una posición transversal constante del al menos un conjunto (18, 118) de sensores con respecto a un borde (14, 15) del raíl.
- 50 8. Dispositivo de detección según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el dispositivo de tratamiento (20) incluye varios controladores de a bordo (89) solidarios con un mismo vehículo ferroviario (16) o con varios vehículos ferroviarios diferentes, estando cada controlador de a bordo (89) conectado a un conjunto (18, 118) de sensores, comprendiendo el dispositivo de tratamiento (20) además un controlador lógico centralizado (92) provisto
 55 de medios de comunicación con cada uno de los controladores lógicos de a bordo.
9. Procedimiento de funcionamiento de un dispositivo de detección según cualquiera de las
 reivindicaciones anteriores, incluyendo dicho procedimiento las etapas siguientes:
 60 - desplazamiento del vehículo ferroviario (16) a lo largo del raíl;
 - en el curso de dicho desplazamiento, medida (200) de una distancia entre los sensores (62, 64) del al menos un conjunto (18, 118) y una superficie superior (13) del raíl; y detección simultánea (202) de las coordenadas espaciales y de la velocidad del vehículo; y después
 - elaboración (204) de una primera representación espacial (R) de la superficie superior (13) del raíl; y después
 65 - comparación (206) de dicha primera representación espacial con representaciones de referencia con el fin de

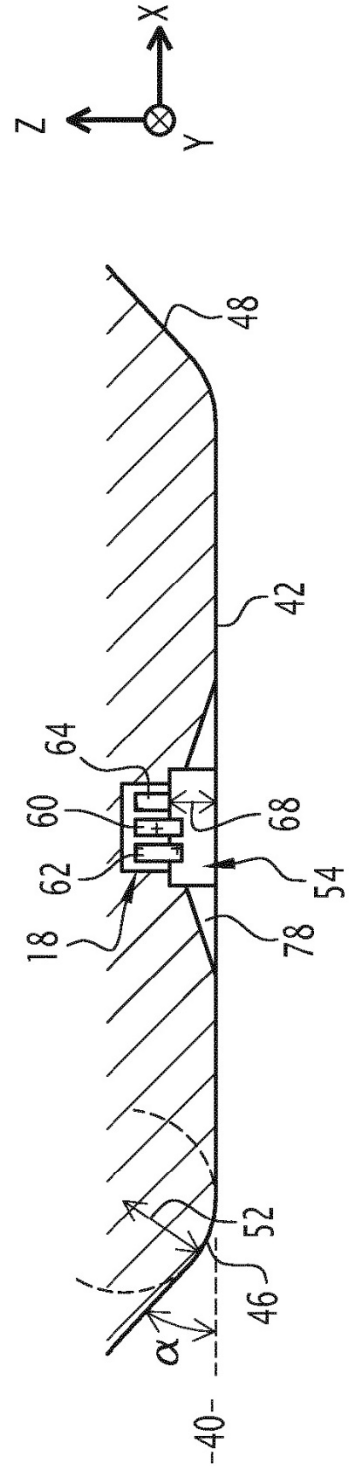
identificar defectos de la superficie superior (13); y después

- generación de una alerta (208) en caso de defecto identificado.

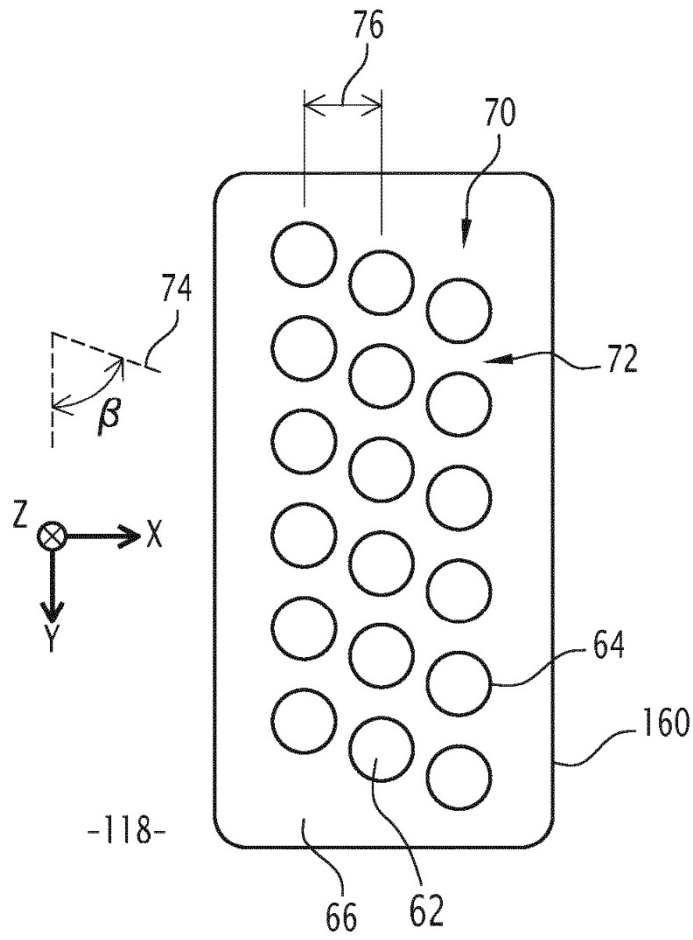
- 5 10. Procedimiento según la reivindicación 9, que comprende además una etapa (209) de comparación de la primera representación espacial (R) con una segunda representación espacial memorizada previamente en una memoria de datos (97), de manera que conduzca a un seguimiento de la evolución de los defectos de la superficie superior (13).
- 10 11. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 9 o 10, en el que las representaciones de referencia comprenden varios tipos de defectos asociados a características espaciales y en el que la etapa (206) de comparación comprende la determinación de ventanas de análisis que corresponden a dichas características espaciales.



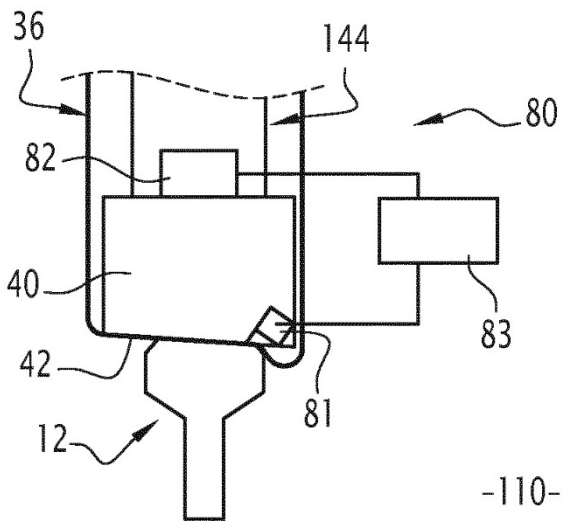
**FIG. 1**



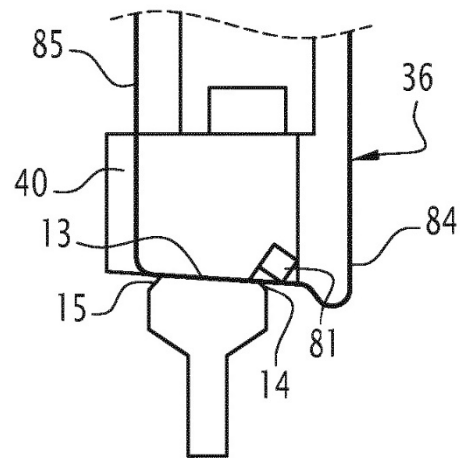
**FIG. 2**



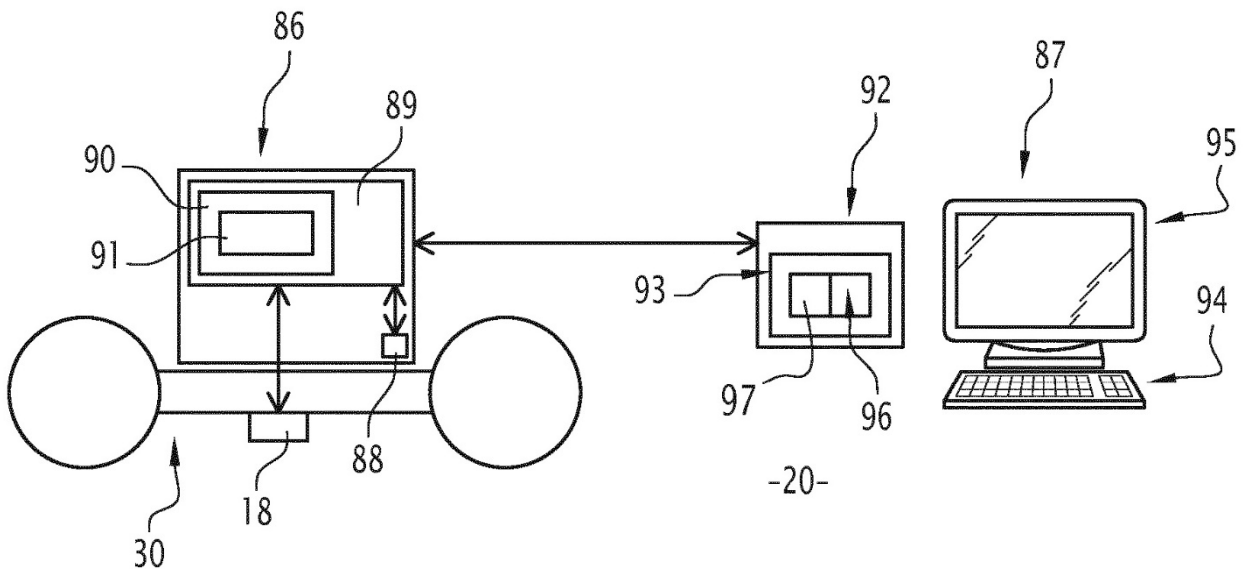
**FIG. 3**



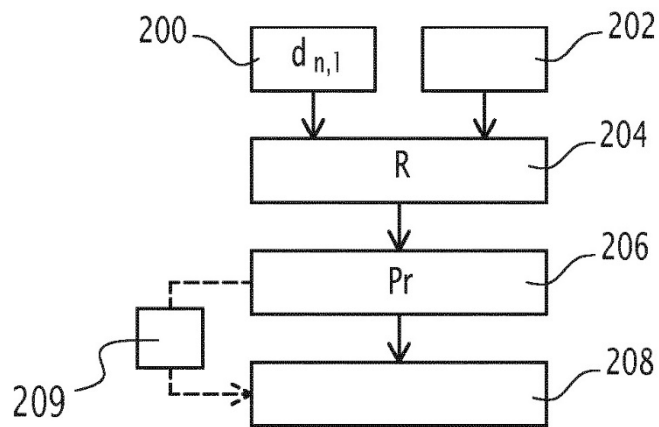
**FIG. 4**



**FIG. 5**



**FIG. 6**



**FIG. 7**