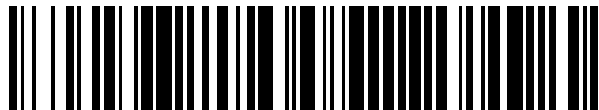


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 662 877**

51 Int. Cl.:

**B61L 29/32** (2006.01)

**B61L 25/02** (2006.01)

**B61L 29/18** (2006.01)

**B61L 23/06** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.09.2010** E 16153126 (4)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.12.2017** EP 3050774

54 Título: **Sistemas ferroviarios que utiliza monitorización acústica**

30 Prioridad:

**03.09.2009 GB 0915322**

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

**10.04.2018**

73 Titular/es:

**SIEMENS RAIL AUTOMATION HOLDINGS  
LIMITED (100.0%)  
Faraday House, Sir William Siemens Square  
Frimley, Camberley, Surrey GU16 8QD, GB**

72 Inventor/es:

**CHADWICK, SIMON;  
CHAPMAN, MIKE;  
GLOVER, MARK;  
MCQUILLAN, JAMES y  
PRIEST, IAN**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

ES 2 662 877 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**

Sistemas ferroviarios que utiliza monitorización acústica

5 La presente invención se relaciona con un método para monitorizar y/o controlar componentes de un sistema ferroviario, un método para predecir el momento en que un tren llegará a un paso a nivel y un aparato para monitorizar y/o controlar componentes de un sistema ferroviario.

El documento WO 2004/071839 A1 muestra dicho sistema para predecir el tiempo de llegada de los trenes en los pasos a nivel de ferrocarril.

10 El reciente desarrollo de la tecnología de detección de fibra óptica ofrece la oportunidad de realizar un número de avances en el campo de la detección y el control ferroviarios. Es un objetivo de la presente invención proporcionar sistemas y metodologías mejorados para el control, operación y seguridad de trenes y ferrocarriles.

Este objetivo se logra al escuchar el entorno al lado de la vía férrea y permitir que se obtenga la información para una serie de usos. Esta escucha puede hacer uso de la hidrofónica de fibra óptica.

15 De acuerdo con un primer aspecto de la invención, se proporciona un método para monitorizar y/o controlar componentes de un sistema ferroviario que incluye una vía férrea y al menos un tren que puede funcionar en dicha vía férrea, que comprende las etapas de:

- a) proporcionar un transductor acústico cerca de la vía férrea para recoger señales acústicas;
- b) recibir señales acústicas del transductor; y
- c) analizar las señales recibidas.

20 De acuerdo con un segundo aspecto de la invención, se proporciona un método para predecir el momento en el que un tren llegará a un paso a nivel, que comprende las etapas de:

- a) proporcionar al menos dos transductores acústicos espaciados cerca de una vía férrea;
- b) monitorizar las señales recibidas de dichos transductores;
- c) identificar una marca asociada con dicho tren a partir de dichas señales recibidas;
- d) determinar la velocidad de dicho tren a partir del análisis de dichas marcas; y

25 e) estimar el tiempo de llegada del tren utilizando la velocidad determinada.

De acuerdo con un tercer aspecto de la presente invención, se proporciona un aparato para monitorizar y/o controlar componentes de un sistema ferroviario que incluye una vía férrea y al menos un tren que puede funcionar en dicha vía férrea, que comprende: un transductor acústico cerca de la vía férrea para recoger señales acústicas; un receptor para recibir señales acústicas del transductor; y medios de procesamiento para analizar las señales recibidas.

30 Como se entiende bien, las ondas acústicas emitidas a partir de una fuente actúan para hacer que objetos incidentes vibren. Las vibraciones en la superficie externa de un cable de fibra óptica provocan cambios en las propiedades refractivas experimentadas por la luz que pasa a través del cable, que puede analizarse utilizando algoritmos informáticos con el fin de determinar en qué parte del cable se está experimentando dicha vibración, y además la frecuencia y amplitud de dicha perturbación. Esto es análogo a convertir el cable en uno o una serie de micrófonos.

35 Los sistemas que se describen a continuación usan el mismo principio básico de escuchar el entorno al lado de la vía férrea o vehículos de tren a medida que pasan por un transductor acústico, por ejemplo un cable de fibra óptica. En todos los casos, el análisis con base en ordenador de la vibración con respecto a la marca de tiempo (o una versión de dominio de frecuencia de la misma) se puede utilizar para identificar un caso particular.

40 Debe observarse que las vías férreas existentes a menudo ya están provistas con al menos un cable de fibra óptica ubicado adyacente a la vía férrea, de modo que las señales de comunicaciones puedan transmitirse a través de ellas. Típicamente, se proporciona un haz de fibras, algunas de las cuales serán oscuras, es decir, no se utilizarán en la operación normal. Ventajosamente, dichas fibras oscuras se pueden usar como transductores acústicos de acuerdo con la presente invención. Sin embargo, no es esencial utilizar fibras oscuras, por ejemplo, se pueden utilizar fibras claras que llevan comunicaciones, en cuyo caso es necesario por ejemplo distinguir entre las comunicaciones y señales acústicas, que se pueden lograr usando filtros electrónicos. Como una alternativa adicional, se puede tender nueva fibra óptica en o adyacente de la vía férrea para el propósito de la hidrofónica.

45 La invención se describirá ahora con referencia a las figuras adjuntas, de las cuales:

La Figura 1 muestra esquemáticamente una marca de tren teórica en el dominio de amplitud con respecto al tiempo;

La Figura 2 muestra esquemáticamente una primera disposición posible de fibra óptica;

La Figura 3 muestra esquemáticamente una segunda disposición de fibra óptica posible;

La Figura 4 muestra esquemáticamente una tercera disposición posible de fibra óptica;

La Figura 5 muestra esquemáticamente una variable predictiva de cruce de nivel convencional; y

- 5 La Figura 6 muestra esquemáticamente una variable predictiva de cruce de nivel de acuerdo con una primera realización de la presente invención.

10 La marca de un tren se caracterizará por una serie de frecuencias a diversas amplitudes ocasionadas por el paso de la rueda a lo largo del riel, en particular habrá picos específicos cuando un eje pasa por un punto dado. Por lo tanto, es posible determinar no solo que un tren ha pasado por una ubicación particular en el ferrocarril, sino también determinar información adicional, como la longitud del tren, el número de ejes del tren, el estado del equipo en ese tren y la condición de equipos fijos, tal como la propia vía férrea o equipos ferroviarios.

15 La Figura 1 muestra esquemáticamente una marca teórica en el dominio de amplitud con respecto al tiempo para un tren que funciona normalmente. Para simplificar, se supone que el tren es simple, por ejemplo, un vehículo ligero de dos vagones con un peso ligero distribuido de manera uniforme a lo largo de la longitud del tren. La marca que se muestra refleja la señal acústica medida por un transductor ubicado al lado de la vía férrea a lo largo del tiempo en una región determinada, ubicada lejos de, y fuera de la influencia del equipo ruidoso, y muestra el acercamiento, el paso y la salida de un tren. En una primera región A de la marca, la señal acústica corresponde solo al ruido ambiental o de fondo. En la región B, un tren se acerca al transductor y, a medida que se acerca, aumenta el nivel de ruido. La región C ocurre cuando el tren pasa el transductor. Dado que se supone que el tren es simple y con un peso distribuido de manera uniforme, esta región en general toma la forma de una meseta, por ejemplo hay un nivel de ruido similar experimentado durante el paso del tren. Sin embargo, hay puntos D de señal elevada, los cuales ocurren cuando las ruedas individuales del tren pasan por el transductor. La Región E ocurre después del paso del tren, y muestra un nivel de ruido que disminuye gradualmente a medida que el tren se aleja. Finalmente, la región F muestra un retorno al ruido ambiental o de fondo solamente.

20 Aunque no se muestra en la Figura 1, la marca tendrá una respuesta espectral característica en el dominio de frecuencia, que ventajosamente también se monitoriza.

Se puede ver a partir de la Figura 1 que se pueden cotejar diversos tipos de información a partir de la salida de los transductores. Estos incluyen:

30 i) La marca del tren es única para cada tren. Por lo tanto, la comparación de marcas detectadas se puede usar para identificar y diferenciar trenes. Además, los trenes pueden rastrearse mediante la marca, como se describe a continuación. Debe recordarse que la marca se comprimirá o se estirará a lo largo del eje de tiempo dependiendo de la velocidad del tren a medida que pasa por un transductor, por lo que la compensación es necesaria al identificar o rastrear trenes.

35 ii) El número de puntos D corresponde a la cantidad de ejes del tren. Por lo tanto, el transductor se puede usar como un contador de ejes.

40 iii) El perfil de los puntos D contiene información sobre el estado de las ruedas y el estado de la vía férrea por donde pasan las ruedas. Si todos esos puntos D comparten una característica inusual común, esto implica que la vía férrea tiene una característica determinada (por ejemplo, una falla). Si, por otro lado, sólo se muestra una característica en un punto D, entonces puede implicarse que una rueda particular tiene una característica (por ejemplo, una región de aplanamiento). Además, se puede determinar la rueda afectada.

iv) Se pueden identificar otras condiciones del tren. Por ejemplo, una marca que incluye una respuesta elevada en ciertas frecuencias puede implicar "chirridos" debido a una falla. Un perfil inusual en la región E puede implicar por ejemplo que un objeto se arrastra detrás del tren.

45 v) La señal fuera de la marca, es decir, el ruido ambiente en las regiones A, F, proporciona información sobre el equipo fijo cerca del transductor, como se describirá más adelante.

Debe observarse que una sola marca de este tipo no puede utilizarse sola para determinar la longitud del tren o su velocidad. Con el fin de permitir estas determinaciones, es necesario adquirir al menos una marca adicional, por ejemplo, a partir de la segunda región del transductor.

Hay diversas alternativas para proporcionar hidrofonia de fibra óptica cerca de una vía férrea. Estas incluyen:

50 i) proporcionar una fibra larga, por ejemplo, una la cual es más larga que la resolución deseada del sistema, junto con la vía férrea. La ubicación de la fuente de señales acústicas puede determinarse usando procesamiento de señal, como se conoce en la técnica. Este tipo de disposición se muestra esquemáticamente en la Figura 2, donde se proporciona una única longitud de fibra 1 óptica junto a una vía 2 férrea. La detección de señal se realiza mediante un

receptor 3 ubicado en un extremo de la fibra 1. El receptor 3 está en conexión con un procesador 4 de señal. Este envía datos al sistema principal de control del tren (no se muestra). Alternativamente, el receptor 3 y el procesador 4 de señal pueden estar formados integralmente.

5 ii) Proporcionar una serie de fibras discretas a lo largo de la vía férrea, con cada fibra teniendo una longitud aproximadamente igual a la resolución deseada del sistema. Esta disposición se muestra esquemáticamente en la Figura 3, donde se proporcionan diversas fibras 1a junto a la vía 2 férrea, estando conectada cada fibra a un receptor 3. Esta disposición puede reducir la carga de procesamiento. Es posible aplicar el procesamiento de señal a la señal recibida de cada fibra 1a, con el fin de mejorar aún más la localización de la fuente de señal acústica.

10 iii) Proporcionar una medición puntual con una sección corta de fibra para proporcionar una determinación precisa de la ubicación de la fuente de la señal acústica sin requerir el procesamiento de la señal de i) anterior. Esta disposición se muestra en la Figura 4, con diversas secciones cortas de fibra 1b ubicadas cerca de una vía 2 férrea, estando conectada cada sección 1b a un receptor 3. Esta disposición puede ser de particular utilidad para monitorizar equipos fijos/ubicados al lado de la vía férrea tales como puntos, cruces, etc.

15 Como se menciona anteriormente, la presente invención proporciona diversas mejoras sobre los sistemas convencionales. Algunos de estos se describen ahora con fines ilustrativos.

#### 1. Predictor de cruce de nivel inmune de tracción

En una primera realización, los cables de fibra óptica, ya sean nuevos o ya colocados junto a la línea de vía férrea, se usan para determinar la posición de los trenes que se aproximan a un cruce carretera/ferrocarril (paso a nivel).

20 La Figura 5 muestra esquemáticamente un predictor convencional de cruce de nivel bidireccional. Aquí, las vías 2 férreas están provistas de diversos pedales 5, que se activan mediante el paso físico de un tren (no se muestra) cuando se acerca o sale de un paso 6 a nivel 6. La activación de un pedal 5 por un tren que se aproxima al paso a nivel ocasiona que las barreras en el cruce sean más bajas, por ejemplo, que bloqueen el cruce a los usuarios de la carretera.

25 La activación de un pedal 5 por un tren cuando abandona el paso a nivel ocasiona que las barreras vuelvan a elevarse, de modo que los usuarios de la carretera puedan cruzar. Con este sistema, las barreras se controlan en función de la posición de un tren, por ejemplo, si un tren ha alcanzado la ubicación de un pedal 5. Una desventaja de dicho sistema es que el tiempo entre el tren que activa un pedal 5 en el acercamiento al paso 6 a nivel y el tren que alcanza el paso 6 a nivel, depende de la velocidad del tren. Esto significa que a los usuarios de la carretera no se les advierte de forma constante acerca de los trenes que se aproximan.

30 Una forma de impedir este problema sería controlar la activación de barrera dependiendo de un tiempo determinado para que un tren alcance el paso a nivel. Esta realización proporciona dicho método mediante el uso de hidrofónica de fibra óptica.

35 El análisis de las vibraciones de sonido detectadas por la tecnología de hidrofónica de fibra óptica se usa para determinar cuando un tren entra en una sección de interés, y para rastrear su paso a lo largo de la sección de la línea. Dado que se realiza un seguimiento de la ubicación del tren, la velocidad  $v$  del tren puede determinarse comparando la ubicación del tren en diferentes momentos.

40 El seguimiento del movimiento se usa entonces para determinar el tiempo al que el tren llegará al cruce, por ejemplo, usando un simple cálculo  $t = s / v$ , donde  $v$  es la velocidad del tren,  $t$  es el tiempo estimado de llegada y  $s$  es la distancia del tren al paso a nivel. La maquinaria ubicada al lado de la vía férrea como las luces y/o barreras se operan entonces en un tiempo fijo antes de la llegada del tren. El uso de esta tecnología es análogo al uso de los predictores de cruce de nivel con base en circuitos de vía férrea existentes, pero es completamente inmune al tipo de tracción y unión por tracción que se utilizan, por ejemplo diesel, eléctrico AC, eléctrico DC, etc. Los circuitos de vía férrea convencionales pueden no funcionar correctamente con trenes eléctricos, por ejemplo.

45 Cuando un tren pasa por un punto particular de una línea de ferrocarril, se crea una cantidad significativa de ruido y vibración, que se detecta mediante el cable de fibra óptica de detección. Un tren tiene una marca clara, por ejemplo, una característica de amplitud de vibración y/o frecuencia con respecto al tiempo que depende de, por ejemplo el tipo de tren, la infraestructura ubicada al lado de la vía férrea y la velocidad del tren. En particular, los picos se determinan cuando los ejes pasan un punto en la vía férrea, o una anomalía ubicada al lado de la vía férrea como una unión de riel aislada, unión de riel, conjunto de puntos o, incluso, objetivos u objetivos colocados específicamente (anomalías colocadas en el riel) que resultan en una vibración característica cuando una rueda del tren pasa sobre ella.

50 Debido a la naturaleza de la construcción del tren, y en particular a la naturaleza de la interfaz de acero a rueda de acero a riel, la marca de un tren es muy diferente a la de un automóvil u otro vehículo de carretera. Una vez que se determina que un tren está pasando por una posición particular de la vía férrea, es posible rastrear el tren a medida que avanza hacia un cruce de carretera. Al determinar el tiempo necesario para recorrer una distancia conocida entre los puntos de la fibra, es posible predecir la hora a la que el tren llegará al paso a nivel y así proporcionar una advertencia de tiempo constante a los usuarios de la carretera.

La Figura 6 muestra esquemáticamente un detector de paso de nivel de acuerdo con esta realización, donde se han retenido los números de referencia para componentes similares de la Figura 5. Aquí, se coloca una fibra 1 óptica cerca de cada riel 2. Se reciben señales acústicas de dos lugares 7 y 8 espaciados especificados en la aproximación al cruce 6. Los medios de procesamiento (no se muestran) se usan para analizar las señales recibidas de las ubicaciones 7 y 8, en particular las marcas de tren recibidas de este. Estas se comparan, por ejemplo, por coincidencia de patrones, para garantizar que las marcas recibidas correspondan al mismo tren. Entonces, se puede determinar la velocidad del tren y, por lo tanto, la hora de llegada al cruce 6. Las barreras del cruce 6 pueden entonces operarse a un tiempo definido antes de ese tiempo de llegada estimado.

La integridad puede aumentarse aún más determinando que la marca en diversos puntos es la misma a medida que el vehículo se desplaza, asegurando así que se está siguiendo el mismo tren, y que no se está realizando una lectura anómala. Esto se puede lograr usando un algoritmo de coincidencia de patrones para comparar las marcas recibidas. Como se señaló anteriormente, es preferible compensar las marcas por la velocidad del tren.

Al rastrear las marcas de trenes individuales, también es posible determinar cuando un tren o vehículo ferroviario ha cambiado de dirección, permitiendo así el seguimiento seguro de la posición del tren independientemente de la dirección. Esto es particularmente relevante cuando se utilizan vehículos de obras en una sección de ferrocarril.

Se puede proporcionar mayor seguridad utilizando una tecnología similar en el propio cruce de carreteras para rastrear la posición de los vehículos de carretera cuando cruzan la vía férrea. Nuevamente, las marcas de vehículos de carretera dependen de, por ejemplo su motor y la interfaz rueda/carretera, particularmente cuando se golpean estructuras tales como rieles. Por lo tanto, es posible determinar que los vehículos que han ingresado al cruce también hayan pasado por alto de manera segura. Si este no es el caso, el equipo de control de cruce puede entonces tomar una acción apropiada, por ejemplo, advirtiendo al conductor que se detenga. Se puede ubicar un transductor de fibra óptica adicional cerca de la carretera para ayudar en esta monitorización, alternativamente, la fibra ubicada al lado de la vía férrea puede ser suficiente.

En caso de que surja alguna duda mediante el mecanismo de seguimiento, ocasiona que el equipo de paso a nivel funcione como una condición de fallo de retorno.

## 2. Sistema de detección de trenes

Cuando un tren pasa un punto particular en una línea ferroviaria, se crea una cantidad significativa de ruido y vibración, de la cual la mayoría se puede detectar por el cable de fibra óptica de detección. Como se describió anteriormente, cada tren tiene una marca clara, por ejemplo, la amplitud de la vibración y/o la frecuencia con respecto al tiempo característica que depende de, por ejemplo el tipo de tren, la infraestructura ubicada al lado de la vía férrea y la velocidad del tren. En particular, se determinan los picos cuando los ejes pasan un punto en el ferrocarril, o anomalía al lado de la vía férrea tal como una unión de riel aislada, unión vía férrea, conjunto de puntos o, incluso objetivo u objetivos colocados específicamente (anomalías colocadas en el riel) que dan como resultado una vibración característica cuando una rueda del tren pasa sobre ella.

Se puede proporcionar funcionalidad adicional en que la marca del tren, como se describió anteriormente, dependerá del número de ejes en el tren, la forma, la deformación y el estado de las ruedas, los sistemas de tracción, etc. Esto puede permitir el seguimiento de múltiples trenes en la misma sección de la vía y la distinción entre ellos.

### 2.1 Vital

En una segunda realización, se determina la ubicación del tren mediante el uso de un sistema de hidrofonia de fibra óptica, en particular una determinación precisa de la posición del tren dentro de una sección de la vía férrea cuando el tren se mueve 5 a lo largo del ferrocarril. Dicho sistema se puede usar por ejemplo con la metodología que se describe en GB1007073.8. El sistema de detección de trenes de hidrofonia puede superponerse a un sistema de detección de trenes convencional, como uno que utilice circuitos de vía férrea o secciones contrarias de ejes para proporcionar una resolución de posición adicional, dicha disposición es ideal para el uso en áreas donde la resolución aumentada de detección de posición del tren puede ofrecer un mayor rendimiento del sistema, y a un coste potencialmente menor que un sistema puramente transportado por tren.

En esta realización, el software se usa para rastrear trenes de manera segura a medida que se mueven alrededor de una red ferroviaria. Como en la primera realización descrita anteriormente, el rastreo puede realizarse usando un algoritmo de coincidencia de patrones para comparar marcas recibidas. Esto permite la determinación de la presencia de trenes en bloques virtuales (por ejemplo, cualquier área lógica de seguimiento), aumentando así la seguridad de un sistema a un coste potencialmente menor que los sistemas convencionales. Dado que la ubicación de la fuente de señal acústica puede especificarse al software, por ejemplo, se puede pedir al software que escuche las señales recibidas a partir de una ubicación particular, también se puede especificar el tamaño del bloque virtual.

Al rastrear las marcas de tren individuales, también es posible determinar cuándo un tren o vehículo ferroviario ha cambiado de dirección, permitiendo así un rastreo seguro de la posición del tren independientemente de la dirección. Esto es particularmente relevante cuando se utilizan vehículos de obras en una sección de ferrocarril. En este caso, es necesario escuchar las señales recibidas de al menos dos ubicaciones.

El sistema de detección de tren de hidrofónica se puede superponer con sistemas de detección convencionales, por ejemplo GPS, baliza, odometría, contadores de ejes, circuitos de vía férrea, pedales o similares, para proporcionar diversidad y retroalimentación en caso de falla de un sistema de detección.

## 2.2. No vital 30

- 5 En una tercera realización, la ubicación del tren se determina de nuevo mediante el uso de un sistema de hidrofónica de fibra óptica. Aquí, esto no se proporciona como un sistema vital, sino como un medio de proporcionar información precisa para aplicaciones tales como "Sistemas de Información en Tiempo Real", información de pasajeros, etc. a los interesados en el ferrocarril. Esto es particularmente relevante cuando no se utiliza la detección continua de trenes y, por lo tanto, la precisión posicional no es segura. La fibra podría comprender, por ejemplo, un nuevo cable de fibra óptica, o una fibra oscura de repuesto, en cualquier sistema existente. Los activadores podrían basarse en la presencia de ruido que tiene la marca de un tren en un punto fijo de la línea, o mediante el seguimiento del movimiento a través de la sección de la vía férrea. La información del pasajero puede por lo tanto determinarse a partir del conocimiento del itinerario combinado con el conocimiento sobre el tipo de tren y su ubicación, proporcionando información predictiva precisa a los pasajeros sobre la hora en que el vehículo llegará a una estación particular, o para notificar a los pasajeros en una estación para retroceder cuando un tren sin paradas pasa la ubicación.

## 3. Condición remota ferroviaria que monitoriza activos en movimiento

En esta cuarta realización, se puede usar un cable de fibra óptica colocado cerca de la vía férrea para determinar el estado de los activos de ferrocarril en movimiento, tales como los vehículos ferroviarios.

- 20 Cuando un tren pasa un punto particular en una línea de ferrocarril, se crea una cantidad significativa de ruido y vibración, mucha de lo cual se puede detectar por el cable de fibra óptica de detección. Un tren tiene una marca clara, es decir, una característica de amplitud de vibración y/o frecuencia con respecto al tiempo que depende de, por ejemplo el tipo de tren, la infraestructura ubicada al lado de la vía férrea y la velocidad del tren. En particular, los picos se determinan cuando los ejes pasan un punto en la vía férrea, o una anomalía al lado de la vía férrea como una junta de riel aislada, unión de riel, conjunto de puntos o, incluso, objetivos u objetivos colocados específicamente (anomalías colocadas en el riel) que dan como resultado una característica de vibración cuando una rueda del tren pasa sobre ella.

Al detectar vibraciones en la superficie exterior de la fibra, y en particular en comparación con una marca pregrabada para el objeto particular, es posible revelar fallas que incluyen:

- 30 ● Ruedas con puntos planos. Dicho sistema también se conoce como Detecciones de Carga por Impacto de Rueda. Cuando una rueda plana pasa sobre el riel, y particularmente sobre una anomalía como una junta de riel, o una anomalía artificial especialmente colocada, la marca de una rueda con una rueda plana que pasa ese punto es significativamente diferente a la de una rueda perfectamente circular. En particular, el análisis de dominio de frecuencia mostrará una gran cantidad de componentes de frecuencia que se detectarán debido a la carga de choque significativa que se coloca en la rueda y en la vía férrea. También es posible verificar dichos problemas utilizando un transductor acústico provisto en el tren mismo.
- 35 ● Rodamientos de rueda calientes (y consecuencias posteriores, como ruedas bloqueadas). El aumento de la fricción provocará un cambio de marca a medida que la rueda se mueve a lo largo del riel, a medida que las ondas de estrés pasan sobre la interfaz del riel de la rueda. Además, la expansión de los componentes dentro del conjunto rueda/carretón, provocará un cambio en el análisis del dominio de tiempo y/o frecuencia.
- 40 ● Fugas de aire a alta presión (por ejemplo, tubos de frenos o componentes de la suspensión). El silbido de alta frecuencia ocasionado por dichas fallas se capta fácilmente a medida que el tren viaja más allá de los dispositivos de detección, lo que resulta en un perfil claramente identificable en la marca de frecuencia/tiempo.
- 45 ● Los arcos de alto voltaje del pantógrafo (el aparato utilizado para captar energía de cables aéreos) provocan un ruido blanco que se manifiesta como componentes de gran amplitud en un amplio rango de frecuencias dentro del rango de detección del sistema de hidrofónica.
- Arrastrar el equipo que se ha caído de un tren, ya que se arrastra a lo largo del lastre lo que provocará un cambio radical en la marca del tren, permitiendo así que se proporcione información al conductor a través del sistema de señalización ferroviaria o mediante un mensaje que se transmite al centro de control.
- 50 ● Trenes desacoplados/sin acoplar. El análisis de la marca recibida se puede usar para determinar si un tren se ha dividido, por ejemplo contando el número de picos de los ejes.

## 4. Condición remota ferroviaria que monitoriza activos fijos

En esta quinta realización, se puede usar un cable de fibra óptica colocado cerca de la vía férrea para determinar el estado de los activos fijos de ferrocarril tales como máquinas puntuales, barreras de paso de nivel, etc.

La vibración causada por las partes móviles del equipo hará que la capa exterior del cable de fibra óptica vibre, y esto es recogido por el equipo de detección. Se realizan y se registran mediciones de la marca de equipos en buenas condiciones, en particular características tales como el tiempo de operación, y picos de amplitud o vibración ya que se encuentran áreas de alta fricción.

5 Al detectar vibraciones en la superficie externa de la fibra, y en particular en comparación con una marca pregrabada para el objeto particular, es posible revelar fallas de activos fijos que incluyen:

- Deformación de la vía férrea, por ejemplo, torsión del carril o grietas en las esquinas calibradas. A medida que el tren se mueve a lo largo del riel, la marca detectada será diferente a la marca normal, para todos los ejes, lo que permite detectar con cierta seguridad que ese riel no es el esperado y que se requiere una inspección adicional.

10 • Interruptores y cruces que sufren una mayor fricción o tiempos de operación más lentos.

- Máquinas de puntos donde la condición no es óptima.

Usando algoritmos de ordenador para determinar tendencias en dichas características, el sistema puede determinar en qué punto se requiere mantenimiento.

15 Al adoptar dicha técnica, no se requiere mantenimiento de rutina, todo el mantenimiento puede basarse completamente en la condición y el estado operativo del dispositivo que se está monitorizando.

Además, esta técnica puede usarse para controlar vandalismo, allanamiento o robo en ubicaciones de vías férreas. Si el ruido que se espera crear por un elemento desaparece de una señal recibida, esto implica entonces que el elemento ha sido eliminado físicamente, por ejemplo por robo. Las señales anormales recibidas de un objeto pueden indicar el vandalismo de ese objeto. Además, la monitorización acústica puede detectar elementos no asociados con el ferrocarril, ejemplo la monitorización de intrusos directamente, por ejemplo con pasos, el habla o vehículos.

20 Serán evidentes diversas alternativas y modificaciones dentro del alcance de la invención para los expertos en la técnica. Por ejemplo, aunque la descripción anterior se relaciona exclusivamente al uso de la hidrofonia de fibra óptica, donde el transductor acústico comprende un cable de fibra óptica, se pueden usar otras formas de transductor acústico, por ejemplo micrófonos.

25 Preferiblemente, las señales acústicas se monitorizan continuamente, sin embargo esto puede no ser necesario para todas las aplicaciones.

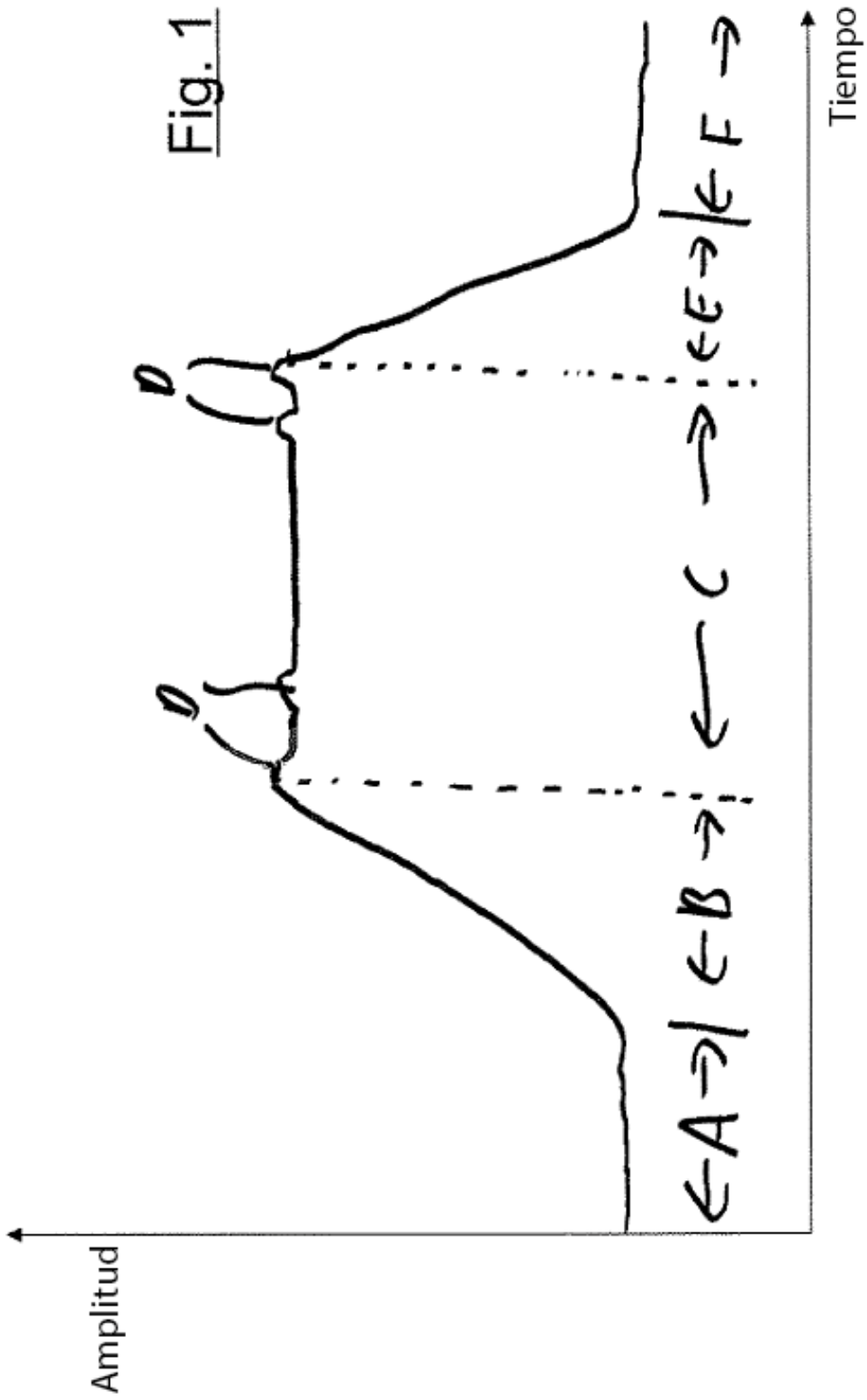
En el caso de ambigüedad en la interpretación de la señal recibida, se puede reproducir a un operador humano, que puede ser capaz de identificar el ruido grabado.

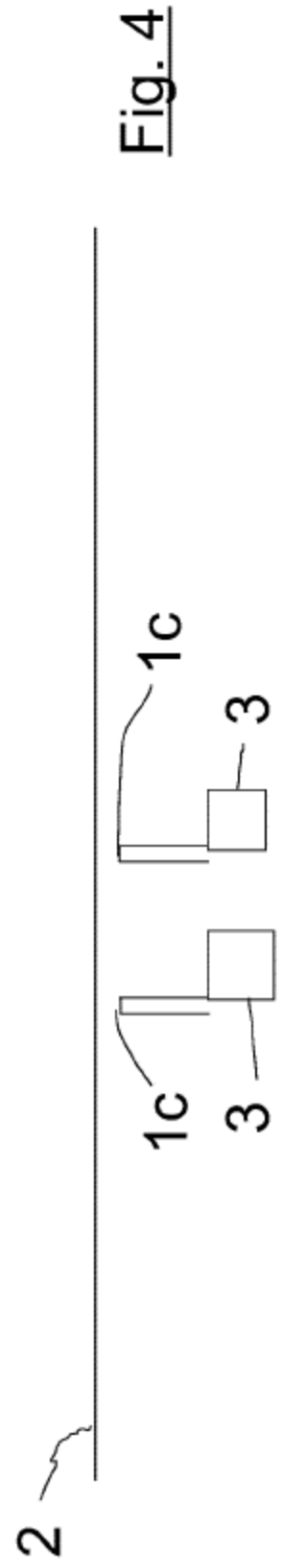
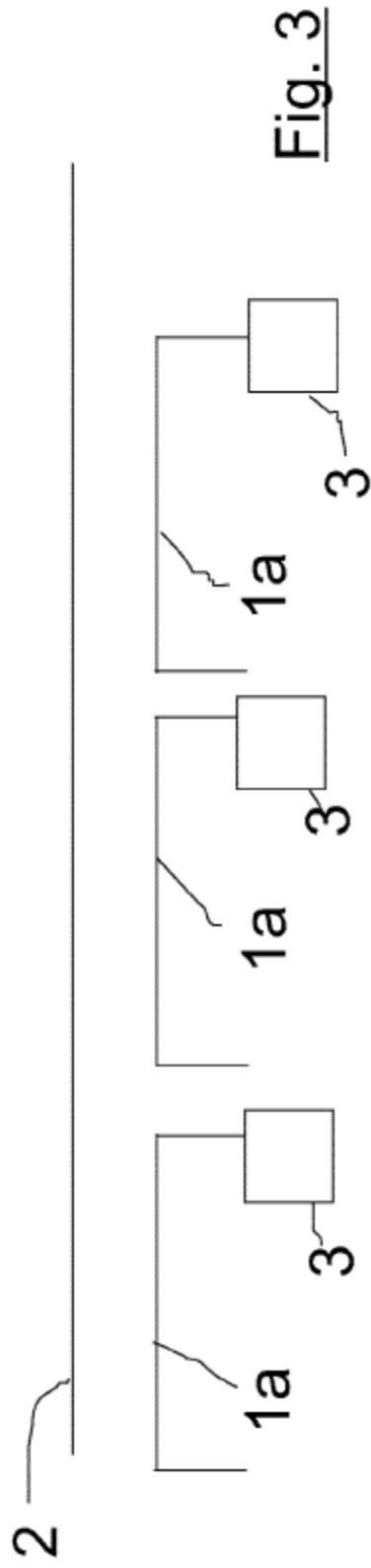
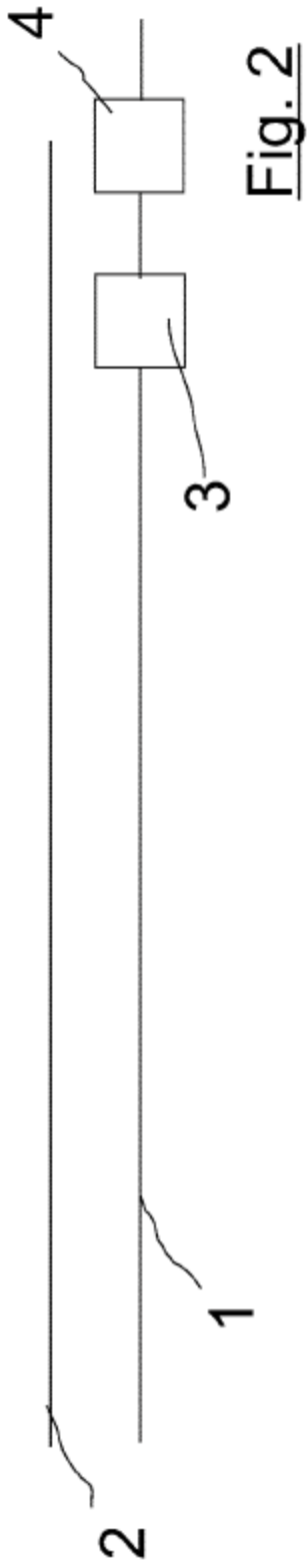
30 La metodología descrita anteriormente puede usarse en combinación, por ejemplo, las mismas señales recibidas pueden usarse tanto para la ubicación del tren como para el control de los activos fijos.

**REIVINDICACIONES**

1. Un método para predecir el momento en cual un tren llegará a un paso a nivel, que comprende los pasos de:
  - a) proporcionar al menos dos transductores acústicos espaciados situados a lo largo de una vía del tren para captar señales acústicas, en donde que cada transductor acústico comprende una fibra óptica;
  - 5 b) recibir señales acústicas de los transductores;
  - c) identificar una marca asociada con el tren a partir de las señales recibidas;
  - d) determinar la velocidad del tren a partir de la marca identificada; y
  - e) estimar el tiempo de llegada del tren en el paso a nivel utilizando la velocidad determinada.
- 10 2. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la etapa c) comprende además determinar la posición del tren a partir de su marca.
3. Un método de acuerdo con la reivindicación 2, en donde la velocidad se determina usando señales recibidas de al menos dos ubicaciones diferentes.
4. Un método de acuerdo con la reivindicación 3, en donde la velocidad se determina comparando las marcas recibidas de dichas ubicaciones diferentes.
- 15 5. Un método de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, que comprende la etapa adicional de superponer la información de posición de tren determinada con información de diverso sistema de detección de trenes.
6. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde las señales de los transductores se utilizan para determinar la condición del tren y/o la vía férrea.
- 20 7. Un método de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, en donde la etapa c) comprende además identificar una marca asociada con activos fijos.
8. Un método de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, que comprende la etapa de colocar un objetivo en la vía férrea para generar vibración a medida que una rueda de tren pasa sobre ella.
9. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la etapa c) comprende además comparar las marcas recibidas de cada transductor para confirmar que las marcas corresponden al mismo tren.
- 25 10. Aparatos para monitorizar y/o controlar componentes de un sistema ferroviario que incluye una vía férrea y al menos un tren que puede funcionar en dicha vía férrea, que comprende:
  - al menos dos transductores acústicos separados situados a lo largo de la vía férrea para captar señales acústicas, en donde cada transductor acústico comprende una fibra óptica;
  - un receptor para recibir señales acústicas de los transductores;
  - 30 - medios de procesamiento para identificar una marca del tren a partir de las señales recibidas, para determinar la velocidad del tren a partir de las marcas identificadas y para determinar un tiempo estimado de llegada del tren a un paso a nivel utilizando la velocidad determinada.







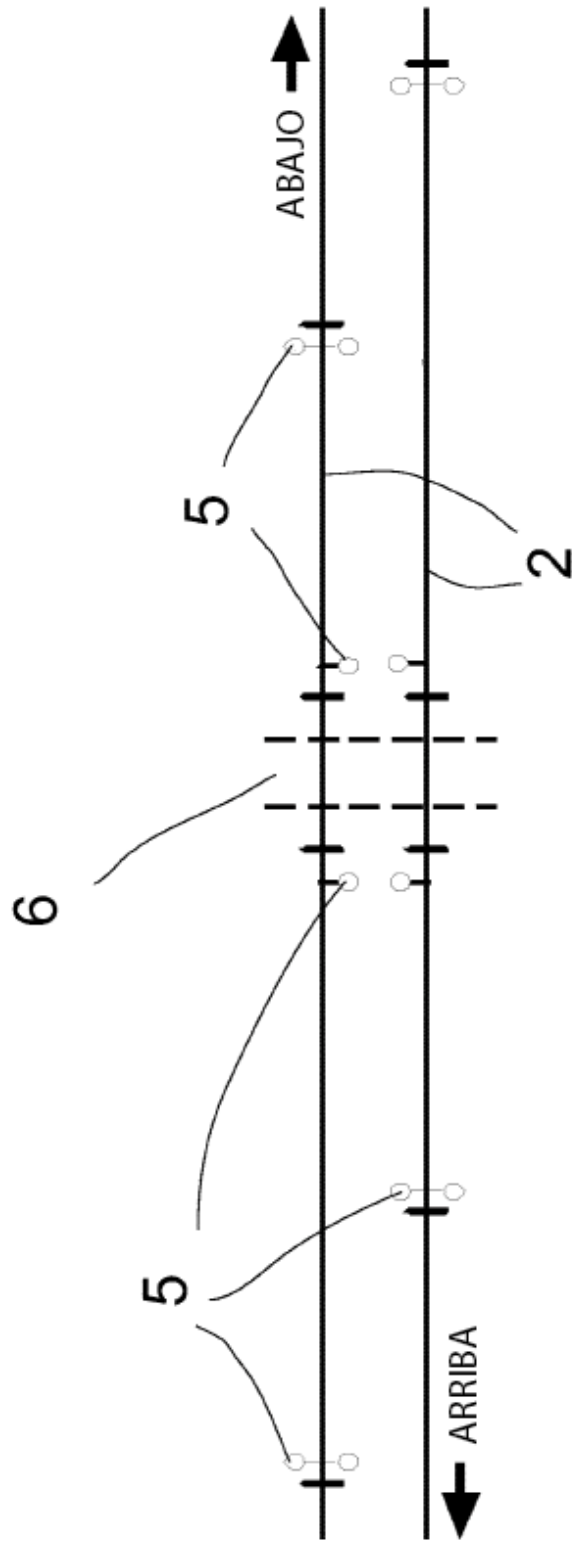


Fig. 5

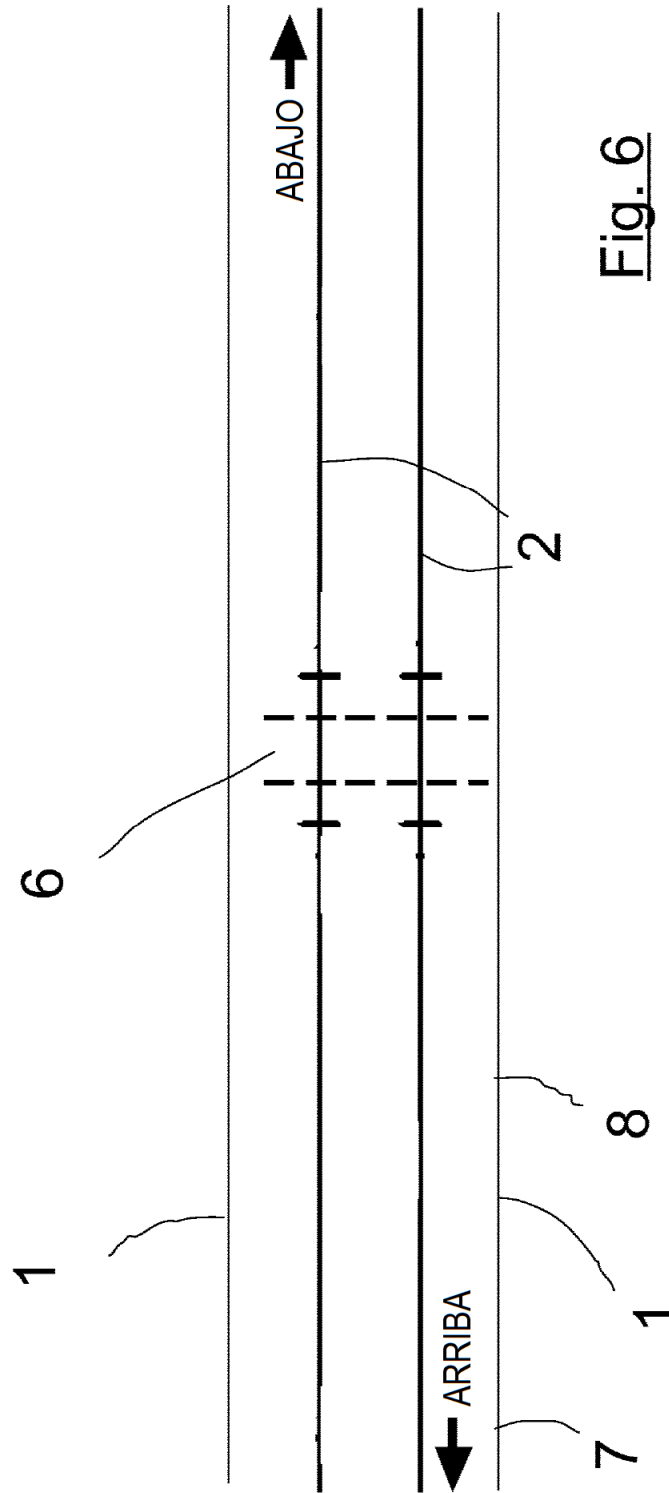


Fig. 6