

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 685 958**

51 Int. Cl.:

B61L 29/28 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.09.2011 E 15194517 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.06.2018 EP 3023315**

54 Título: **Procedimiento para la detección temprana de trenes**

30 Prioridad:

17.09.2010 NO 20101301

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

15.10.2018

73 Titular/es:

**WAVETRAIN SYSTEMS AS (100.0%)
Vollsveien 9
1366 Lysaker, NO**

72 Inventor/es:

**LINGVALL, FREDRIK;
DANIELSEN, TRON;
SOMMERSETH, ØRJAN;
AMUNDSEN, TORSTEN y
AARØE, RICHARD**

74 Agente/Representante:

DURAN-CORRETJER, S.L.P

ES 2 685 958 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

Procedimiento para la detección temprana de trenes

5 Sector de la invención

La invención se refiere a un sistema y a un procedimiento para la detección de un tren remoto en movimiento en una vía férrea, y la posterior generación de señales, para la advertencia temprana en un cruce ferroviario no seguro o en otros lugares donde la cercanía de los trenes puede causar peligro. El sistema según la invención puede ser utilizado asimismo para generar señales que representan características del tren detectado, tales como el tipo de tren y su velocidad y dirección.

Estado de la técnica anterior

15 Los cruces ferroviarios son a menudo escenario de trágicos accidentes cuando los conductores de coches, ciclistas o peatones subestiman el peligro en estos cruces. En todo el mundo, los accidentes en los cruces ferroviarios conducen a miles de víctimas cada año y, sobre todo, en cruces no seguros. [Http://www.rail-reg.gov.uk/upload/pdf/railsafety0304.pdf](http://www.rail-reg.gov.uk/upload/pdf/railsafety0304.pdf) de la Office of Rail Regulation en el Reino Unido muestra que la red ferroviaria de Gran Bretaña solo tuvo 18 muertes de miembros del público en 2004, 17 de las cuales ocurrieron en pasos a nivel no seguros.

La detección y advertencia manual es el procedimiento más ampliamente utilizado cuando el mantenimiento de la vía férrea debe ser realizado en vías que son operadas por trenes. Normalmente uno o varios de los trabajadores de mantenimiento tienen que supervisar la vía en una ubicación remota con respecto a la ubicación del mantenimiento, y llamar a sus compañeros de trabajo si debe aparecer un tren.

Se han desarrollado varios sistemas para detectar un tren en una ubicación específica. En dichos sistemas el tren es detectado cuando pasa un sensor, y la señal del sensor de salida es utilizada para activar un sistema de advertencia o una barrera automática de paso a nivel. El sensor puede comunicarse con el sistema de advertencia o el paso a nivel automático mediante señales por cable o de radio.

La Patente U.S.A. 5.924.651 muestra un sistema de advertencia y un procedimiento para advertir al personal en la proximidad de las vías férreas de un tren que se aproxima. Se utiliza un transmisor para transmitir una señal de advertencia en respuesta a un sensor de tren que detecta el paso de un tren sobre las vías férreas en una ubicación dada.

La detección temprana de trenes remotos mediante la escucha en los raíles fue conocida por los indios americanos. Escuchando durante un cierto período de tiempo, los indios podían determinar si el tren se acercaba o se alejaba.

40 La Patente U.S.A. 5.265.831 describe un procedimiento y un aparato para detectar un sonido de impacto mediante un receptor de sonido de impacto, tal como un sonido causado por un vehículo ferroviario que se aproxima a una ubicación específica, y si la intensidad de la salida del receptor de sonido está por encima de un cierto nivel, durante un tiempo mínimo, se activa una señal de advertencia.

45 La Patente EP 0 816 200 A1 describe un sistema de advertencia temprana que puede proporcionar una detección de actividad ferroviaria y la advertencia temprana de condiciones ferroviarias peligrosas para formar a los operadores y a las oficinas centrales de control de expediciones. El sistema de advertencia tiene un circuito de sensores acústicos acoplados a la vía férrea para detectar ondas sonoras resultantes de vibraciones físicas sobre la misma, una unidad de analizador acústico para analizar las ondas sonoras detectadas en la vía férrea para identificar una situación sospechosa y generar una alarma si se identifica dicha situación sospechosa, y una unidad de procesamiento de señales acústicas para almacenar las ondas sonoras detectadas en un archivo de sonido para una rápida recuperación y análisis de las mismas. La señal de alarma puede ser transmitida a través de un sistema de comunicación a una oficina central de control y a los trenes que viajan por la vía férrea peligrosa.

55 Breve resumen

Dado el elevado número de accidentes trágicos relacionados con cruces ferroviarios no seguros a pesar de los numerosos intentos de resolver con la técnica anterior los problemas descritos anteriormente, está claro que las soluciones automáticas para los sistemas de seguridad hasta ahora no han tenido éxito, y que el problema relacionado con la seguridad del público en los cruces ferroviarios todavía está por resolver.

Cuando se debe realizar un mantenimiento programado o no programado de las vías en cualquier ubicación a lo largo de la vía, es normal utilizar sistemas manuales de advertencia para proteger a los trabajadores en la vía.

65 En ciertas ubicaciones de la vía férrea existe un gran riesgo de encontrarse con animales salvajes y, aparte del sufrimiento de los animales, dichos accidentes son muy desagradables para el guardia del tren, que, a menudo,

tiene que matar al animal antes de continuar su viaje. La presente invención se puede utilizar para asustar a los animales mediante señales luminosas y sonoras cuando se detecta la llegada de un tren cerca de sendas de con animales que cruzan la vía férrea.

5 La presente invención es un procedimiento de advertencia temprana que puede ser utilizado en todas las situaciones descritas anteriormente para reducir de manera importante el riesgo de accidentes en las vías férreas. Como se conocerá, la velocidad de los trenes está aumentando gradualmente, ya que la tecnología de las vías y de los trenes mejora continuamente. La detección temprana, es decir, la detección del tren a distancias más largas desde el lugar de advertencia, por lo tanto, es cada vez más importante. No obstante, la detección temprana y una
10 advertencia temprana correspondiente pueden no ser deseables en todos los casos, ya que algunos trenes pueden ser considerablemente más lentos que otros trenes, y las advertencias demasiado tempranas pueden conducir a un sistema ineficiente con períodos de advertencia demasiado largos. Por lo tanto, la presente invención permite detectar trenes a diferentes velocidades y enviar señales a un paso a nivel para cerrarlo en un tiempo constante antes de que pase el tren.

15 La presente invención es un procedimiento para la detección temprana de un tren en movimiento en una vía férrea según la reivindicación 1, utilizando un sistema de seguridad de detección de trenes con una unidad de control -3- que comprende un procesador de señal -31- y una o varias unidades de detección -2a-, -2b-,... dispuestas para estar fijadas, por lo menos, a un raíl -10a-, -10b-, comprendiendo el procedimiento las siguientes etapas:

20 - detectar una o varias primeras señales -s1- propagadas acústicamente desde dicho tren -6- a través de dicho raíl -10a-, -10b- mediante dichas unidades de detección -2a-, -2b-,...,

25 - recibir una primera señal de salida del sensor -s1'- que representa dichas primeras señales -s1- en un procesador de señal -31-,

30 - procesar dicha primera señal de salida del sensor -s1'- en dicho procesador de señal -31- de un sistema de control -3-, y generar una señal de advertencia de tren -s10- que representa las características de dicho tren en movimiento -6- en base a las características de dicha primera señal de salida del sensor -s1'-,

35 - detectar una señal envolvente -s1'e- de dicha primera señal de salida del sensor -s1'- de cada una de dichas unidades de detección -2a-, -2b-,...

40 - comparar un segmento de tiempo -T- de dichas señales envolventes -s1'e- detectado desde dicha primera señal de salida del sensor -s1'-, por lo menos, desde una de dichas unidades de detección -2a-, -2b-,... con una señal envolvente predefinida -s1'p-, y

45 - generar una señal de advertencia de tren -s10- que indica un tren aproximándose -6- cuando dicha señal envolvente -s1'e- tiene una amplitud cada vez más alta que dicha señal envolvente predefinida -s1'p- en dicho segmento de tiempo -T-.

El procedimiento según la invención, tal como se describe en las reivindicaciones independientes, presenta varias ventajas:

50 El presente procedimiento para la detección temprana de trenes es capaz de detectar trenes antes que la técnica anterior, debido a la nueva tecnología de sensores de bajo ruido y a la disposición de sensores a lo largo del raíl en posiciones específicas del perfil del raíl en las que se optimiza la relación de señal a ruido.

Además, el presente procedimiento en una realización de la invención puede calcular una o varias señales de salida, como una señal de advertencia en base a la distancia del tren desde la ubicación de advertencia, la dirección, la velocidad del tren, el tiempo hasta que el tren llega a la ubicación, etc.

55 Según la invención, el procedimiento es autónomo, es decir, no deteriora los sistemas existentes a lo largo de la vía o el tráfico ferroviario, y solo son necesarias pequeñas instalaciones técnicas.

El procedimiento puede ser permanente o temporal, es decir, la implementación del procedimiento puede ser establecida de manera permanente cerca de un cruce ferroviario, o puede ser utilizado por un equipo de mantenimiento para establecer temporalmente sistemas para cada proyecto de mantenimiento.

60 Debido a los aspectos mecánicos y funcionales del procedimiento según la invención, es fácil de instalar y de operar, reduciendo con ello los costes asociados con los sistemas de advertencia, permanentes o temporales. Por lo tanto, el diseño ventajoso lo hace asimismo adecuado para cruces ferroviarios remotos donde el coste/beneficio ha evitado los sistemas de advertencia preventivos según la técnica anterior.

Leyendas de las figuras

La presente invención se describe adicionalmente a modo de referencia a dibujos adjuntos, en los que se muestran realizaciones de la invención.

5 La figura 1 muestra una realización de la invención en un dibujo esquemático en el que las señales -s1-, es decir, las ondas propagadas en los raíles del tren son detectadas y analizadas. La figura 2 muestra una realización de la invención en un dibujo esquemático en el que las señales -s1- y las señales propagadas sísmicamente -s2- del tren son detectadas y analizadas. La figura 3 muestra una realización de la unidad de detección según la invención.

10 La figura 4 muestra, en una vista en sección, una realización de algunas de las partes mecánicas de la unidad de detección y la fijación de la unidad de detección al raíl mediante la utilización de abrazaderas.

Realizaciones de la invención

15 El procedimiento propuesto para la detección temprana de trenes se basa en múltiples instalaciones de sensores capaces de detectar diversas características de los trenes que se desplazan por las vías férreas y emiten señales de advertencia o señales de información en ciertos lugares a lo largo de las vías del tren en la proximidad del tren en movimiento. El objetivo principal de la invención es dar a conocer un procedimiento simple y seguro para detectar trenes en cruces ferroviarios no seguros.

No obstante, la invención se puede utilizar asimismo en cualquier lugar en el que la detección temprana de trenes en movimiento sea de importancia, tal como, por ejemplo, en ubicaciones de mantenimiento de la vía férrea.

25 Las ondas generadas por los trenes que se aproximan se desplazan a través de los raíles y del subsuelo y son registradas por sensores situados en la ubicación segura, tal como un paso a nivel a asegurar. Se facilita una detección temprana de estos trenes debido a los siguientes principios, haciendo referencia a la figura 1:

30 Las velocidades de propagación de una primera señal -s1-, es decir las ondas acústicas que se propagan en los raíles son más rápidas que la velocidad de desplazamiento de los trenes en movimiento -6-. En consecuencia, los frentes de onda inducidos por el tren llegan mucho antes al punto de observación de lo que lo hace el propio tren -6-.

35 Debido a la gran masa, los trenes en movimiento -6- generan ondas -10a-, -10b- con amplitudes altas. Las distancias de desplazamiento de estas ondas son muy grandes, debido a los efectos de la baja atenuación. Por lo tanto, el patrón particular de estos trenes de ondas se puede identificar incluso a grandes distancias (lo que aumenta los tiempos de advertencia). En general, los raíles se comportan como guías de onda para las ondas, y estas ondas, por lo tanto, tienen amplitudes más altas que las ondas sísmicas.

40 Suponiendo que cuando las condiciones del entorno del sistema de terraplén ferroviario permanecen estables, las ondas de propagación de trenes comparables experimentan solo una pequeña variación en las características de la señal, tanto en amplitud como en contenido de frecuencia. Esto permite la definición de 'imágenes de onda' o signos característicos para diferentes tipos de trenes.

45 Las características de las grabaciones acústicas y sísmicas permiten la aplicación de diferentes técnicas de procesamiento de señales (correlación de formas de onda, análisis de ondículas y procedimientos de convolución de señales) que se utilizan en los algoritmos de detección.

50 Una vez que se confirma la detección de un tren por medio del análisis en tiempo real, se enviará inmediatamente una señal de disparo a las instalaciones de señal existentes (luces intermitentes, señales acústicas) o al controlador del paso. Las señales derivadas de la detección de trenes que comprenden la dirección del tren, la velocidad, el tiempo hasta la llegada, etc. pueden ser enviadas asimismo, en una realización, a un centro de control para el análisis o registro de las mismas.

A continuación, la invención y las realizaciones de la invención se describirán haciendo referencia a los dibujos.

55 En la figura 1, una realización de la invención se muestra en un dibujo esquemático en el que un sistema de detección de trenes para llevar a cabo el procedimiento de la reivindicación 1 comprende una o varias unidades de detección -2a-, -2b-,... dispuestas para ser fijadas, por lo menos, a un raíl -10a-, -10b- de una vía férrea,

60 - en el que cada una de las unidades de detección -2a-, -2b-,... están dispuestas para detectar una primera señal -s1- inducida por un tren -6- en movimiento y propagada a través del raíl -10a-, -10b-, en el que cada una de las unidades de detección -2a-, -2b-,... está dividida, por lo menos, en una primera cámara -21- y una segunda cámara -22-, en el que las primera y segunda cámaras -21-, -22- están separadas por un apantallamiento electromagnético -23-, comprendiendo la primera cámara -21-:

65 - un elemento piezoeléctrico -24- fijado a una pared exterior -25- de la primera cámara -21-,

- un amplificador -26- dispuesto para amplificar una primera señal de salida de elemento -s1eo- que representa la primera señal -s1- detectada por el elemento piezoeléctrico -25-, en el que la primera señal de salida del sensor -s1'- es la señal de salida amplificada del amplificador -26-, comprendiendo el apantallamiento electromagnético -23- uno o varios medios de alimentación -27- dispuestos para transferir la primera señal de salida del sensor -s1'- desde la primera cámara -21- a la segunda cámara -22-.

En una realización, la primera cámara y/o la segunda cámara está constituida por una o varias cajas metálicas -21a-, -22a-,... dentro de las unidades de detección -2a-, -2b-... Las cajas metálicas protegerán adicionalmente el amplificador de bajo ruido -26- del ruido externo fuera de las unidades de detección -2a-, -2b-... El apantallamiento electromagnético -23- que separa las cámaras puede estar constituido en esta realización por las paredes de las cajas metálicas -21a-, -22a-...

La posición y la disposición del elemento eléctrico piezoeléctrico -24- es importante para lograr la mejor relación posible de señal a ruido cuando se detecta la primera señal -s1-. Los cálculos y experimentos han demostrado que puede ser ventajoso detectar la señal en el lado de la cabeza del raíl. En una realización, la unidad de detección -2a-, -2b-,... está dispuesta para ser montada en un lado sustancialmente vertical de una cabeza -10h- del raíl -10a-, -10b-, y en el que el elemento piezoeléctrico -24- dentro de la unidad de detección -2a-, -2b-,... está dispuesta orientada hacia el lado vertical de la cabeza -10h- del raíl -10a-, -10b-,... En una realización, la unidad de detección -2a-, -2b-,... comprende además un segundo elemento piezoeléctrico -24a- (no mostrado en los dibujos) dispuesto para estar orientado hacia un lado inferior de la cabeza -10h- de dicho raíl -10a-, -10b-.

Según una realización alternativa, las unidades de detección -2a-, -2b-,... comprenden dos o más elementos piezoeléctricos que están orientados hacia el raíl. Los elementos piezoeléctricos pueden estar orientados hacia el lado de la cabeza del raíl, del alma del raíl o combinaciones de cabeza, alma y patín. En esta realización, las señales de los elementos piezoeléctricos pueden ser combinadas en la unidad de detección, o amplificadas por separado antes del procesamiento.

Según una realización, el sistema de seguridad de detección de trenes -1- comprende una unidad de control -3- que comprende un procesador de señal -31- dispuesto para recibir primeras señales de salida del sensor -s1'- que representan las primeras señales -s1- desde cada una de las unidades de detección -2a-, -2b-,... procesando las primeras señales de salida del sensor -s1'- y generar una señal de advertencia de tren -s10- que representa las características del tren -6- en movimiento en base a las características de las primeras señales de salida del sensor -s1'-.

Las realizaciones descritas anteriormente y a continuación pueden ser combinadas en diferentes configuraciones, de modo que algunas cámaras están constituidas por una caja metálica, mientras que otras cámaras no lo son. Las diferentes realizaciones del sensor y sus configuraciones se pueden combinar asimismo con diferentes cálculos de configuraciones del sistema de control utilizados para generar una señal de advertencia.

En una realización, la invención es un procedimiento para la detección temprana de un tren -6- en movimiento en una vía férrea, utilizando un sistema de seguridad de detección de trenes -1- que comprende una o varias unidades de detección -2a-, -2b-,... dispuestas para ser fijadas, por lo menos, a un raíl -10a-, -10b-, que comprende las siguientes etapas:

- fijar una o varias de las unidades de detección -2a-, -2b-..., por lo menos, a un raíl -10a-, -10b-,
- detectar una o varias primeras señales -s1-- propagadas acústicamente desde el tren -6- a través del raíl -10a-, -10b- por las unidades de detección -2a-, -2b-...,
- recibir primeras señales de salida del sensor -s1'- que representan las primeras señales -s1- en un procesador de señal -31-,
- procesar la primera señal de salida del sensor -s1'- en el procesador de señal -31- y generar una señal de advertencia de tren -s10- que representa las características del tren -6- en movimiento en base a las características de la primera señal de salida del sensor -s1'-.

El procedimiento para la detección temprana de un tren -6- en movimiento comprende en una realización las siguientes etapas:

- detectar las una o varias primeras señales -s1- mediante dos o más elementos piezoeléctricos -24- fijados a una pared exterior -25- de una primera cámara -21- de cada una de las unidades de detección -2a-, -2b-...,
- amplificar la primera señal de salida del elemento -s1eo- que representa la primera señal -s1- detectada por el elemento piezoeléctrico -25-, en un amplificador de la primera cámara -21-,

- alimentar una primera señal de salida del sensor -s1'- de cada una de las unidades de detección -2a-, -2b-,... a través de un canal de alimentación -27- de un apantallamiento electromagnético de cada unidad de detección -2a-, -2b-,... de la primera cámara -21- a una segunda cámara -22-, y

5 - transferir la primera señal de salida del sensor -s1'- o una primera señal de salida del sensor modificada -s1'- de las unidades de detección -2a-, -2b-,... al procesador de señal -31- de dicho sistema de control -3-. En una realización, la primera señal de salida del sensor -s1'- es modificada o convertida en la segunda cámara -22- antes de ser transferida al sistema de control, a un formato más adecuado para la transferencia de la señal.

10 En una realización alternativa de la invención, el sistema de detección de trenes -1- comprende una unidad de control -3- y una o varias unidades de detección -2a-, -2b-,... dispuestas para ser fijadas, por lo menos, a un raíl -10a-, -10b- de una vía férrea.

15 Cada una de las unidades de detección -2a-, -2b-,... está dispuesta para detectar una primera señal -s1- inducida por un tren -6- en movimiento y propagada a través del raíl -10a-, -10b-.

20 La unidad de control -3- que comprende un procesador de señal -31- está dispuesta para recibir primeras señales de salida del sensor -s1'- que representan las primeras señales -s1- de cada una de las una o varias unidades de detección -2a-, -2b-,... procesando continuamente las primeras señales de salida del sensor -s1'- y generando una señal de advertencia del tren -s10- que representa las características del tren -6- en movimiento en función de las características de las primeras señales de salida del sensor -s1'-.

25 En una realización, la invención es un procedimiento para la detección temprana de un tren -6- en movimiento sobre un raíl -10a-, -10b-, utilizando un sistema de seguridad de detección de trenes -1- tal como el descrito anteriormente, que comprende las siguientes etapas:

- fijar una o varias de las unidades de detección -2a-, -2b-,... por lo menos, en un raíl -10a-, -10b- de una vía férrea,

30 - detectar una o varias primeras señales -s1- inducidas por un tren -6- en movimiento y a través del raíl -10a-, -10b- mediante las unidades de detección -2a-, -2b-,...

- recibir primeras señales de salida del sensor -s1'- que representan las primeras señales -s1- en el procesador de señal -31- implementado por ordenador,

35 - procesar de manera continua la primera señal de salida del sensor -s1'- en el procesador de señal -31- implementado por ordenador y generar una señal de advertencia -s10- de tren que representa las características del tren -6- en movimiento en base a las características de la primera señal de salida del sensor -s1'-, por lo menos, de dos de las unidades de detección -2a-, -2b-,....

40 Según una realización de la invención, el procesador de señal -31- está implementado por ordenador. El procesador de señal -31- puede utilizar uno o varios procesadores físicos en un ordenador para realizar los cálculos tales como los descritos anteriormente. En una realización, el procesador de señal -31- está parcialmente integrado en hardware específicamente diseñado para las tareas descritas anteriormente.

45 Según una realización de la invención, el sistema de detección de trenes -1- comprende dos o más unidades de detección -2a-, -2b-,....

50 Una de las ventajas del sistema es su capacidad para determinar diversas características del tren -6- en movimiento, tales como la dirección, velocidad, etc. mediante la recepción y la comparación de señales de múltiples unidades de detección -2a-, -2b-,... No obstante, debido a la pequeña diversidad de la señal a lo largo del raíl del sistema, y entre dos sensores, puede ser difícil obtener algunas de las características, tales como por ejemplo, la dirección del tren, a partir de las señales recibidas. Según una realización, para mejorar la diversidad de la señal entre sensores dispuestos en el mismo raíl, un amortiguador acústico -7- dispuesto para amortiguar la primera señal -s1- está dispuesto en contacto físico con el raíl -10a-, -10b- entre dos de las unidades de detección -2a-, -2b-,... fijadas al mismo raíl -10a-, -10b-. El amortiguador puede ser una almohadilla de medición utilizada normalmente para pasos a nivel de goma para trenes o cualquier otro amortiguador acústico adecuado. El amortiguador puede estar hecho, por ejemplo, de goma, madera, una combinación de goma y madera, o cualquier otro material con buenas propiedades de amortiguación acústica.

60 En una realización de la invención, el procesador de señal -31- comprende un detector de envolvente -32- dispuesto para detectar de manera continua una señal envolvente -s1'e- de la primera señal de salida del sensor -s1'- de cada una de las unidades de detección -2a-, -2b-,... y un comparador de señal envolvente -33- dispuesto para comparar de manera continua un segmento de tiempo -T- de las señales envolventes -s1'e- detectadas desde la primera señal de salida del sensor -s1'- desde, por lo menos, una de las unidades de detección -2a-, -2b-,... con una señal envolvente predefinida -s1'p-, en el que el procesador de señal -31- implementado por ordenador está dispuesto para generar una señal de advertencia de tren -s10- que indica un tren -6- aproximándose cuando la señal -s1'e-

tiene una amplitud cada vez más alta con respecto a la señal envolvente predefinida -p1'e- sobre el segmento de tiempo -T-. Las señales -s1'- y -s2'- y las señales envolventes -s1'e- mostradas en las figuras 1 y 2 son solo para fines de ilustración, y las señales envolventes pueden tener diferentes formas. Una señal -s1'- y -s2'- constará, en general, de numerosos componentes de frecuencia, y su amplitud variará, por ejemplo, según la velocidad del tren, la distancia y el tipo de tren.

Las señales envolventes predefinidas -p1'e- que se utilizan para la comparación pueden ser específicas para cada tipo de tren que opere en la red ferroviaria. No obstante, para mejorar la sensibilidad del sistema de detección de trenes -1-, se puede obtener una señal envolvente predefinida más específica registrando las señales para la ubicación específica en la que están instalados los sensores de tren -2a-, -2b-,... Estas señales grabadas pueden ser analizadas a continuación para obtener una envolvente característica utilizada como señales envolventes predefinidas.

Según la invención, es asimismo posible entrenar el sistema de detección de trenes -1- por ejemplo, agregando de manera continua señales envolventes -s1'e- medidas cada vez que un tren pasa los sensores -2a-, -2b-,... a una colección de señales envolventes predefinidas -p1'e-. Según una realización de la invención, se pueden mejorar asimismo las señales envolventes predefinidas -p1'e- existentes aplicando técnicas de convolución o análisis estadístico, tales como, por ejemplo, valor medio, cálculo de la mediana para las señales envolventes -s1'e- medidas de manera continua. La formación se puede realizar antes o durante el funcionamiento del sistema de detección de trenes -1-. Según una realización de la invención, el comparador de señales envolventes -33- está dispuesto para comparar de manera continua las señales envolventes -s1'e- para la primera señal de salida del sensor -s1'-, por lo menos, de dos de las unidades de detección -2a-, -2b-,... fijadas al mismo raíl -10a-, -10b-, y separadas para detectar una dirección -s11- del tren -6- en movimiento, en el que la señal de advertencia del tren -s10- comprende la dirección -s11- del tren -6-.

La dirección debería ser preferiblemente con respecto al raíl -10a-, -10b- o con respecto a los puntos cardinales.

En una realización, el sistema de seguridad de detección de trenes -1- para llevar a cabo el procedimiento de la reivindicación 1 está dispuesto para detectar el tipo de tren en movimiento mediante la comparación de la señal envolvente -s1'e- con señales envolventes predefinidas -p1'e- para diferentes tipos de trenes. La longitud de la envolvente para las señales envolventes predefinidas -p1'e- para diferentes tipos de trenes debería ser suficiente para distinguir un tipo de tren específico de los demás, pero no necesariamente necesita incluir una envolvente para todo el conjunto de trenes o conjuntos de trenes. En esta realización, el procesador de señal -31- implementado por ordenador está dispuesto para generar una señal de advertencia de tren -s10- que representa un tipo -s12- de tren -6- en movimiento cuando el comparador de señales envolventes -33- detecta que la señal envolvente -s1'e- es equivalente a una señal envolvente predefinida -p1'e- en el segmento de tiempo -T-.

En una realización de la invención, el procesador de señal -31- implementado por ordenador está dispuesto para generar una señal de advertencia de tren -s10- que representa la distancia -s13- a un tren aproximándose, mediante la comparación del aumento o la disminución de la amplitud de la señal envolvente -s1'e- con la señal envolvente predefinida -p1'e- en el comparador de señales envolventes -33-.

Según una realización, el procesador de señal -31- implementado por ordenador está dispuesto para generar una señal de advertencia de tren -s10- que representa el tiempo hasta que el tren -6- en movimiento llega al lugar donde están dispuestos los sensores -2a-, -2b-... o a otro lugar a lo largo del raíl -10a-, -10b- en una posición relativa conocida con respecto a la ubicación de los sensores.

Según una realización de la invención, el sistema de seguridad de detección de trenes para llevar a cabo el procedimiento de la reivindicación 1 se utiliza para asegurar un paso a nivel de tren. En esta realización, por lo menos dos de dichas unidades de detección -2a-, -2b-,... están dispuestas en el mismo raíl -10a-, -10b- en lados opuestos de un paso a nivel de tren. No obstante, las unidades de detección -2a-, -2b-,... pueden estar asimismo en el mismo lado de un paso a nivel de tren si se determina que es más conveniente para la instalación específica.

Según una realización de la invención, el procesador de señal -31- implementado por ordenador está dispuesto para generar una señal de advertencia de tren -s10- que comprende el tiempo de espera que debe transcurrir para un vehículo que espera para cruzar el paso a nivel. El tiempo de espera puede ser el tiempo restante hasta que el tren haya pasado, con un margen de seguridad. El tiempo de espera puede ser información útil para un conductor, y podría evitar situaciones de riesgo en las que el conductor se arriesga a cruzar la vía ya que no hay ninguna vía a la vista. Un indicador de tiempo de espera es una indicación de que el sistema está en funcionamiento y un incentivo para que el conductor espere hasta que el tren haya pasado.

Según una realización de la invención, el sistema de seguridad de detección de trenes -1- comprende un comparador de señales de audio -34- dispuesto para comparar las componentes de frecuencia de hasta 50 kHz de la primera señal de salida del sensor -s1'-, por lo menos, de dos de las unidades de detección -2a-, -2b-,....

Según una realización de la invención, la sensibilidad del sistema de detección de trenes puede ser mejorada combinando primeras señales de salida del sensor -s1'- o señales envolventes -s1'e- de dos o más de las unidades del detección -2a-, -2b-,... antes de comparar la señal resultante con señales envolventes predefinidas -p1'e-.

5 Según una realización de la invención, la señal de combinación es un valor promedio de las señales envolventes -s1'e-. Las primeras señales de salida del sensor -s1'- pueden ser transformadas mediante una transformada de Fourier antes de que las diversas componentes de frecuencia sean combinadas. En esta realización, algunas de las componentes de frecuencia pueden ser ponderadas de manera diferente a otras. Asimismo, se puede utilizar un filtro de paso de banda, un filtro de paso alto o un filtro de paso bajo para reducir la contribución de las componentes de frecuencia que representan principalmente el ruido. La combinación de señales descrita anteriormente mejorará la relación de señal a ruido y posibilita la detección temprana de trenes. Asimismo, realiza el cálculo de las señales de advertencia de salida que representan, por ejemplo, la distancia, la velocidad, la dirección, el tiempo de llegada, etc. más exactos.

10 15 En una realización de la invención, el sistema de detección de trenes -1- comprende cuatro unidades de detección -2a-, -2b-,... dos a cada lado de un amortiguador acústico -7- en la dirección del raíl -10b-, -10b-. En esta realización, los dos sensores de un lado pueden funcionar como un par para mejorar la señal frente al ruido resultante, mediante la aplicación de técnicas de convolución o de otras técnicas relevantes de procesamiento de señal tal como se describió anteriormente. Cuando la señal resultante de cada par es comparada con la señal resultante del otro par de unidades de detección -2a-, -2b-..., un tren -6- en movimiento y su dirección, velocidad, etc. pueden ser obtenidos de las señales disponibles al comparar de manera continua entre sí sus envolventes de señal con envolventes de señal predefinidas para tipos conocidos de trenes.

20 25 Las características de la unidad de detección -2a-, -2b-,... son importantes para la capacidad del sistema de seguridad de detección de trenes -1- para detectar trenes con anticipación. Según la invención, cada unidad de detección -2a-, -2b-,... está dividida, por lo menos, en una primera cámara -21- y una segunda cámara -22-, en donde las primera y segunda cámaras -21-, -22- están separadas por un apantallamiento electromagnético, o EMC, apantallamiento de Compatibilidad Electromagnética -23-, comprendiendo la primera cámara -21-:

30 - un elemento piezoeléctrico -24-, fijado a una pared exterior -25- de la primera cámara -21-,

- un amplificador -26- dispuesto para amplificar una primera señal de salida de elemento -s1eo- que representa la primera señal -s1- detectada por el elemento piezoeléctrico -25- en el que la primera señal de salida del sensor -s1'- es la señal de salida amplificada del amplificador -26-, comprendiendo el apantallamiento electromagnético -23- uno o varios condensadores de alimentación -27- dispuestos para transferir la primera señal de salida del sensor -s1'- de la primera cámara -21- a la segunda cámara -22-, comprendiendo la segunda cámara -22- uno o varios casquillos -28- a través de una de sus paredes exteriores -29-, llevando los casquillos para cables eléctricos la primera señal de salida del sensor -s1'-.

35 40 La unidad de detección -2a-, -2b-,... según la invención es capaz de detectar y amplificar las primeras señales -s1- del tren -6- en movimiento, en la que las primeras señales de salida del sensor -s1'- tienen una baja relación de señal a ruido debido a la disposición del elemento de detección fijado directamente a la pared exterior de la unidad de detección. En una realización, la pared exterior -25- de la unidad de detección -2a-, -2b-,... está pegada directamente al raíl -10a-, -10b-. El tipo de pegamento depende de la aplicación del sistema. Se pueden utilizar pegamentos o tornillos de larga duración para instalaciones permanentes. Para un sistema de detección de trenes -1- utilizado en un lugar de mantenimiento, se puede utilizar un pegamento no permanente para permitir su fácil extracción después de la utilización. La unidad de detección de doble cámara con los condensadores de alimentación -27- reduce el ruido introducido en la primera cámara -21- y, por lo tanto, mejora la relación de señal a ruido del sistema. El elemento de detección puede ser, en una realización de la invención, un elemento piezoeléctrico -24- pegado o atornillado directamente a la pared exterior -25-.

50 Como alternativa al pegamento o al tornillo, en una realización puede ser ventajoso sujetar la unidad de detección -2a-, -2b-,... al raíl -10b-, -10b- tal como se muestra en la figura 4, en la que una abrazadera -50- está dispuesta para sujetar las unidades de detección -2a-, -2b-,... al raíl -10a-, -10b-.

55 Debido a limitaciones en el tamaño de las instalaciones en las vías, las dimensiones físicas de los sensores deben ser pequeñas.

60 En una realización de la invención, los sensores están basados en tecnología de acelerómetro, en la que las unidades de detección -2- comprenden un elemento piezoeléctrico y un amplificador sin ruido. El elemento piezoeléctrico -24- puede ser fijado a la parte inferior de la carcasa de las unidades de detección -2-, para garantizar un buen contacto acústico entre el elemento piezoeléctrico y la carcasa.

65 Se pueden utilizar asimismo otros sensores en el sistema y el procedimiento según la invención. Los parámetros importantes son robustez y sensibilidad, donde los sensores candidatos podrían ser geófonos o sensores MEMS basados en tecnología de semiconductores. Se pueden conectar sensores de tamaño pequeño directamente a los raíles, por ejemplo, utilizando pegamento para este propósito, que proporciona la conectividad acústica deseada, o se pueden taladrar orificios a través del perfil del raíl para sujetar el sensor mediante tornillos al exterior del raíl, o un

sistema de abrazaderas diseñado. La fijación alternativa del sensor es unir los sensores a las traviesas de hormigón al lado o entre los raíles.

5 Para poder aplicar procedimientos de correlación y convolución para el análisis de datos, se pueden instalar varios sensores en ambos raíles según una realización de la invención. Los sensores se pueden colocar a intervalos equidistantes a lo largo de la vía, o a intervalos variables dependiendo del algoritmo de procesamiento utilizado de la señal.

10 En una realización de la invención, se utilizan señales sísmicas en combinación con señales acústicas para detectar el tren en movimiento, tal como se ve en la figura 2. Una o varias de las unidades de detección -2a-, -2b-,... están dispuestas para detectar una segunda señal -s2- propagada sísmicamente desde el tren -t- a través del suelo, donde el procesador de señal -31- implementado por ordenador está dispuesto para recibir una segunda señal de salida del sensor -s2'- que representa la segunda señal -s2- de una o varias de las unidades de detección -2a, 2b-,...
15 procesando de manera continua la segunda señal de salida del sensor -s2'- y generando la señal de advertencia del tren -s10- que representa las características del tren -6- en movimiento en función de las características de las primeras señales de salida del sensor -s1'- y de las segundas señales de salida del sensor -s2'-.

20 En una realización de la invención, se utilizan unidades de detección -2a-, -2b-,... separadas para detectar señales acústicas y sísmicas. Además, los cables de sensor de cada una de las unidades de detección -2a-, -2b-,... pueden estar separados de cada uno de los sensores todo el camino hasta la unidad de control -3-. En esta realización, la unidad de control -3- puede utilizar diferentes algoritmos para procesar las señales -s1'- y -s2'- de los detectores sísmicos y acústicos respectivos.

25 En una realización preferente de la invención, los sensores están cerca del sistema de control o del sistema central de obtención y los cables del sensor son bastante cortos. No obstante, en una realización de la invención, se utilizan cables de sensores de hasta cien metros para llevar las señales de los sensores al sistema de obtención central. Aunque estos cables son bastante resistentes, pueden estar cubiertos con tubos de recubrimiento en caso de una instalación permanente durante varios meses para evitar el deterioro de los cables.

30 En una realización de la invención, la manipulación, la conversión digital y el almacenamiento de los datos acústicos y/o sísmicos son realizados mediante un sistema de obtención capaz de procesar datos de múltiples canales en un modo continuo. Los equipos estándar para aplicaciones acústicas y/o sísmicas convencionales, tal como los entiende un experto en la técnica, son adecuados para estas necesidades.

35 Según una realización de la invención, se genera una señal de advertencia de tren -s10- que comprende una señal de anomalía en la vía -s14- cuando se detecta una anomalía en los raíles -10a-, -10b-. La señal de anomalía en la vía -s14- se puede generar cuando no hay trenes en la vía férrea y las características de ruido son diferentes de las condiciones normales. Puede deberse a una diferencia inesperada en la señal recibida del tren en dos raíles de la vía férrea que transporta el mismo tren, tal como diferencia de la señal envolvente o diferencia de la componente de
40 frecuencia. En una realización similar, se puede generar asimismo una señal de anomalía de tren cuando las señales recibidas indican una anomalía del tren, tal como, por ejemplo, problemas con ruedas deterioradas.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la detección temprana de un tren (6) en movimiento en una vía férrea, mediante la utilización de un sistema de seguridad de detección de trenes (1) con una unidad de control (3) que comprende un procesador de señal (31) y una o varias unidades de detección (2a, 2b,...) dispuestos para ser fijados, por lo menos, a un raíl (10a, 10b), comprendiendo el procedimiento las siguientes etapas:
- detectar una o varias primeras señales (s1) propagadas acústicamente desde dicho tren (6) a través de dicho raíl (10a, 10b) por dichas unidades de detección (2a, 2b,...),
 - recibir una primera señal de salida del sensor (s1') que representa dichas primeras señales (s1) en un procesador de señal (31),
 - procesar dicha primera señal de salida del sensor (s1') en dicho procesador de señal (31) de un sistema de control (3), y generar una señal de advertencia de tren (s10) que represente las características de dicho tren (6) en movimiento en base a las características de dicha primera señal de salida del sensor (s1'),
- caracterizado por**
- detectar una señal envolvente (s1'e) de dicha primera señal de salida del sensor (s1') desde cada una de dichas unidades de detección (2a, 2b,...),
 - comparar un segmento de tiempo (T) de las mencionadas señales envolventes (s1'e) detectadas desde dicha primera señal de salida del sensor (s1'), por lo menos, de una de dichas unidades de detección (2a, 2b,...) con una señal envolvente predefinida (s1'p), y
 - generar una señal de advertencia de tren (s10) que indica un tren (6) aproximándose cuando dicha señal envolvente (s1'e) tiene una amplitud cada vez mayor que la mencionada señal envolvente predefinida (s1'p) en dicho segmento de tiempo (T).
2. Procedimiento según la reivindicación 1, que comprende la etapa de comparar dicha señal envolvente (s1'e) para dicha primera señal de salida del sensor (s1'), por lo menos, de dos de dichas unidades de detección (2a, 2b,...) fijadas a dicho mismo raíl (10a, 10b), y detectando además una dirección (s11) de dicho tren (6) en movimiento, en el que dicha señal de advertencia de tren (s10) comprende dicha dirección (s11) de dicho tren (6).
3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, que comprende la etapa de generar una señal de advertencia de tren (s10) que representa un tipo de tren (s12) de dicho tren (6) en movimiento cuando dicho comparador de señal envolvente (33) detecta que dicha señal envolvente (s1'e) es equivalente a una señal envolvente predefinida (s1'p) en dicho tiempo de corte (T).
4. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, que comprende la etapa de generar una señal de advertencia de tren (s10) que representa dicha distancia (s13) hasta un tren que se está aproximando, comparando dicho aumento o disminución en dicha amplitud de dicha señal envolvente (s1'e) con dicha señal envolvente predefinida (s1'p) en dicho comparador de señal envolvente (33).
5. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, que comprende la etapa de generar una señal de advertencia de tren (s10) que comprende un tiempo de espera que debe transcurrir para un vehículo que espera a cruzar dicho paso a nivel.
6. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, que comprende la etapa de comparar las componentes de frecuencia hasta 200 kHz de dicha primera señal de salida del sensor (s1') de por lo menos dos de dichas unidades de detección (2a, 2b,...).
7. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, que comprende las etapas de grabación de dicha primera señal de salida del sensor (s1') para la ubicación específica en la que los sensores de tren (2a, 2b,...) están instalados y analizar estas señales para obtener una envolvente característica para un tipo de tren específico, utilizada como dicha señal envolvente predefinida (s1'p).

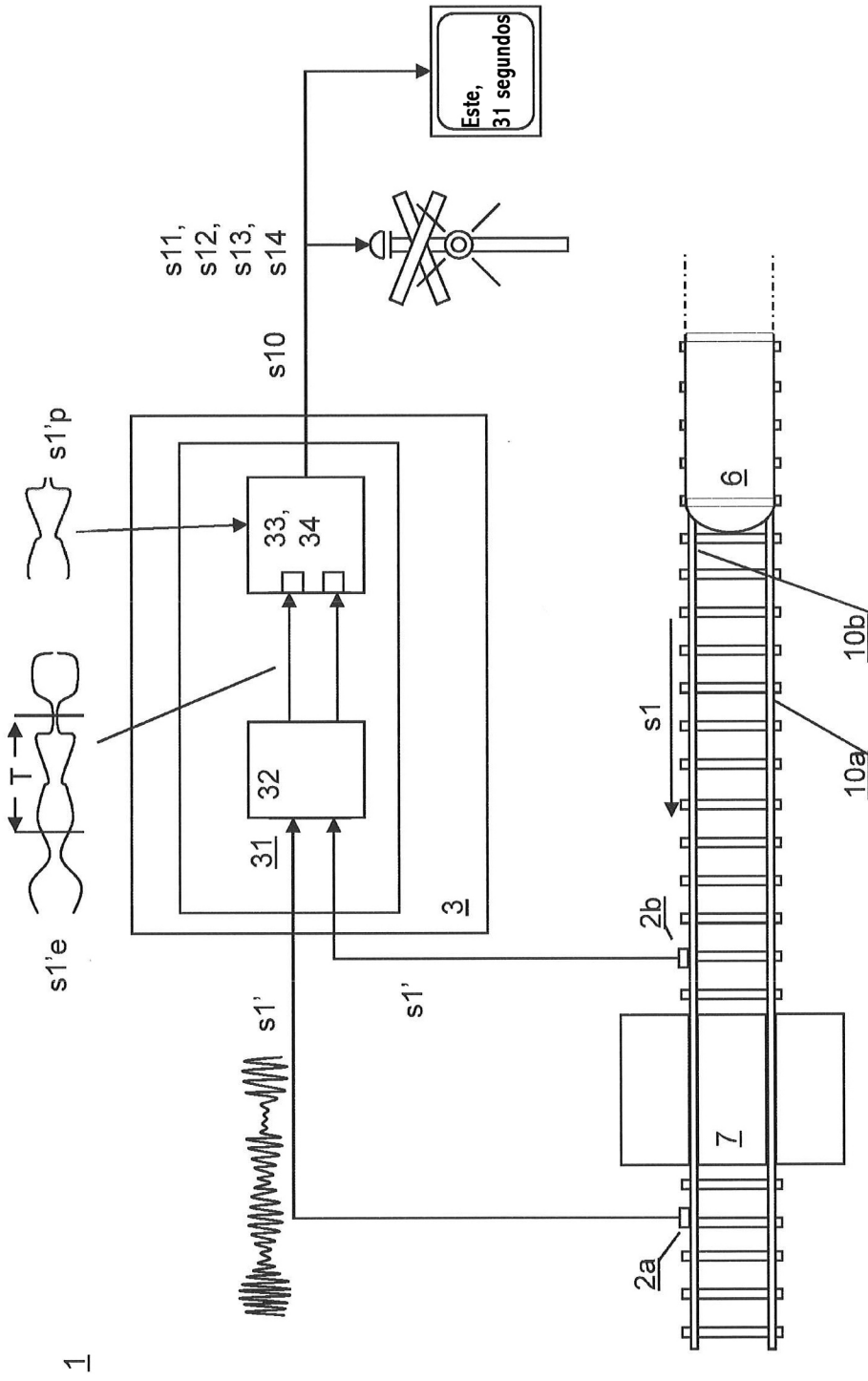


Fig. 1

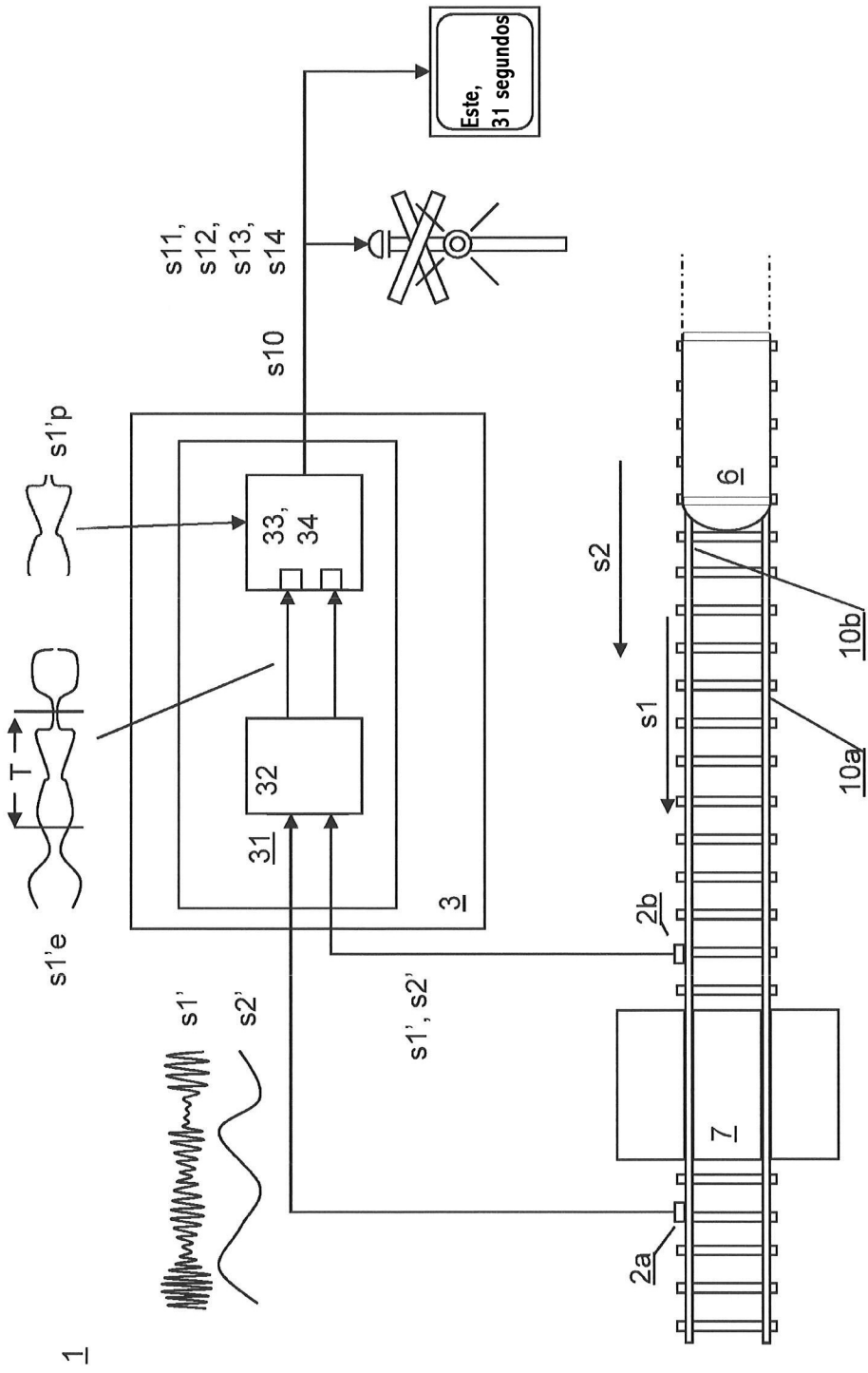


Fig. 2

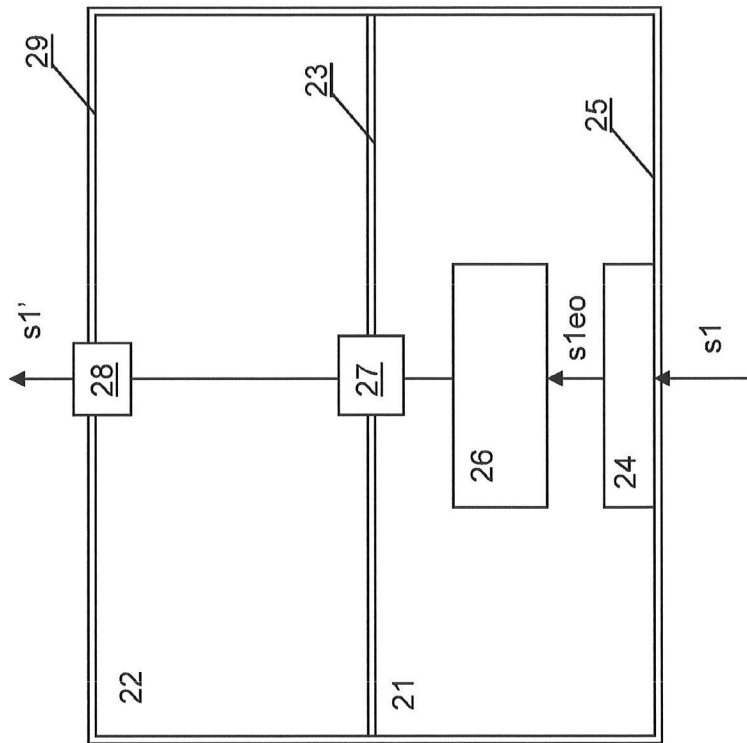


Fig. 3

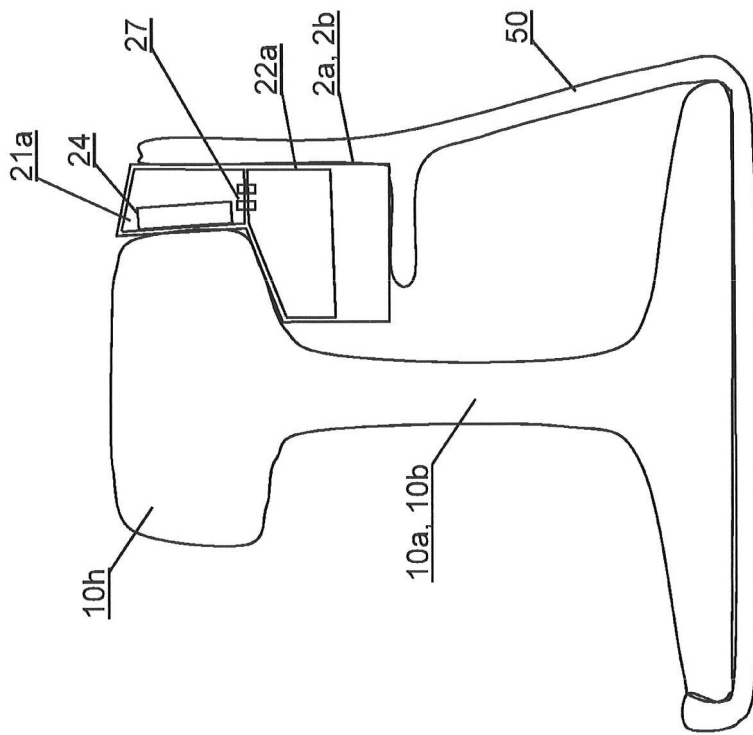


Fig. 4