

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 797 700**

51 Int. Cl.:

**E01H 8/12**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.09.2018** **E 18197226 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.04.2020** **EP 3461953**

54 Título: **Barredora para vías férreas autónoma e inteligente y sistema de supervisión de una barredora**

30 Prioridad:

**27.09.2017 FR 1758931**

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

**03.12.2020**

73 Titular/es:

**ALSTOM TRANSPORT TECHNOLOGIES (100.0%)  
48, rue Albert Dhalenne  
93400 Saint-Ouen, FR**

72 Inventor/es:

**BEGHDADI, HADJ-ALI y  
PEREIRA, JORGE**

74 Agente/Representante:

**SÁNCHEZ SILVA, Jesús Eladio**

**ES 2 797 700 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**

Barredora para vías férreas autónoma e inteligente y sistema de supervisión de una barredora

- 5 La presente invención se refiere a una barredora autónoma configurada para limpiar una vía férrea y provista de un sistema de supervisión que integra una arquitectura de inteligencia artificial distribuida.
- El documento DE 32 14 149 A1 describe una barredora para limpiar una vía férrea y un conjunto de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1.
- 10 Las barredoras para vías férreas son conocidas, en particular para las vías de circulación de tranvías, que comprenden, por ejemplo, un dispositivo de tracción, una cabina de conductor, un depósito de agua limpia, un depósito de agua sucia y un dispositivo de limpieza.
- 15 Tales barredoras están configuradas para ser controladas, desde la cabina del conductor, por un operador humano.
- Antes de una misión de limpieza, el conductor (o una tercera persona) verifica el estado de la barredora mediante un control visual.
- 20 La misión de limpieza puede, por ejemplo, consistir en limpiar un depósito de ferrocarril o una vía férrea.
- El conductor conduce la barredora accionando el volante, el acelerador, los frenos, el embrague, las palancas y los botones.
- 25 De manera convencional, el conductor debe identificar visualmente los obstáculos presentes en la trayectoria de la barredora, y realizar maniobras de evitación adecuadas.
- El conductor también puede controlar el dispositivo de limpieza accionando las palancas de control adecuadas.
- 30 Cuando el depósito de agua sucia está lleno y/o el depósito de agua limpia está vacío, el operador debe devolver la barredora al depósito.
- Las barredoras conocidas no son del todo satisfactorias. En particular, estas tienen una autonomía operativa muy limitada debido a la capacidad de los depósitos y los altos costos operativos.
- 35 Un objeto de la invención es superar estos inconvenientes, en particular proponiendo una barredora que tenga una mejor autonomía, al tiempo que reduce los costos operativos relacionados.
- Con este fin, el objeto de la invención es un conjunto que comprende una barredora de acuerdo con la reivindicación 1.
- 40 De acuerdo con las realizaciones particulares, el conjunto comprende una o más de las características de acuerdo con las reivindicaciones 2 a la 8.
- Otros aspectos y ventajas de la invención aparecerán al leer la siguiente descripción, dada a modo de ejemplo y realizada con referencia al dibujo adjunto, en el que la única figura representa esquemáticamente una realización de una barredora de acuerdo con la invención.
- 45 En la figura, se muestra un conjunto 1 que consiste en una barredora 16 para limpiar una vía férrea 2, un centro de control 10 para controlar la barredora 16 y un sistema 12 para supervisar la circulación de los tranvías 14 por la vía férrea 2.
- 50 La vía férrea 2 es típicamente una vía férrea urbana, por ejemplo para tranvías. La vía férrea 2 es, por ejemplo, una vía de hormigón, que comprende rieles 4 que están al ras con la superficie del pavimento de hormigón. Los coches pueden circular por la vía férrea 2.
- 55 De acuerdo con la invención, la barredora 16 es autónoma y está controlada de forma remota.
- El centro de control 10 está configurado para intercambiar información con la barredora 16 y para controlar de forma remota el funcionamiento de la barredora 16.
- 60 El centro de control 10 comprende un dispositivo de comunicación 20 configurado para establecer una comunicación con la barredora 16, por ejemplo mediante una conexión inalámbrica. El centro de control 10 comprende además, por ejemplo, una unidad de procesamiento de información 22 formada por una memoria 24 asociada con un procesador 26 y una interfaz hombre/máquina 28 configurada para mostrar los datos relacionados con la barredora 16.
- 65 Típicamente, la unidad de procesamiento de información 22 está configurada para monitorear y controlar el

## ES 2 797 700 T3

funcionamiento de la barredora 16 automáticamente, implementando las funciones almacenadas en la memoria 24, adecuadas para procesar los datos recibidos de la barredora 16.

5 Además, la interfaz 28 permite a un ser humano supervisar el funcionamiento de la barredora 16 al monitorear la información que esta muestra.

Típicamente, el centro de control 10 está ubicado en un depósito 29.

10 El depósito 29 comprende, por ejemplo, terminales destinados a recargar la barredora 16, por ejemplo, durante un descanso de la misión, con materiales consumibles, tales como agua, productos de limpieza o una fuente de energía (corriente, gasolina o otro) y a vaciar el depósito de agua sucia.

El centro de control 10 está conectado con el sistema de supervisión 12.

15 El sistema de supervisión 12 es, por ejemplo, un sistema de control ferroviario convencional. El sistema 12 controla la posición de cada uno de los tranvías 14 que circulan sobre la vía férrea 2, en particular el tranvía 14, para que puedan desplazarse con seguridad. De acuerdo con la invención, el sistema de supervisión 12 está configurado además para tener en cuenta la posición actual de cada barredora 16 en la vía férrea 2 para controlar el tráfico de los tranvías 14. Esta posición actual le es transmitida por el sistema 10.

20 Por ejemplo, el sistema 12 está configurado para establecer una comunicación con el tranvía 14. La comunicación se establece, por ejemplo, mediante una conexión inalámbrica entre un dispositivo de comunicación 30 del sistema de supervisión 12 y un dispositivo de comunicación 32 del tranvía 14. En otro ejemplo, no mostrado, la comunicación se establece mediante la transmisión de señales a través de los rieles 4.

25 La barredora 16 es un vehículo autónomo, sin conductor. La barredora 16 está configurada, por ejemplo, para limpiar la vía férrea 2 sin la intervención de un ser humano. Más específicamente, la barredora 16 está configurada para limpiar las ranuras de los rieles 4 y la superficie de hormigón entre y alrededor de los rieles 4.

30 La barredora 16 comprende un chasis 38, un dispositivo de tracción 40, un dispositivo de limpieza 42, un depósito de agua limpia 44, un depósito de agua sucia 45, un dispositivo de detección y localización 46, un dispositivo de comunicación 47 y un sistema de control 48.

35 Ventajosamente, la barredora no tiene una cabina de conducción, por lo que se optimiza el volumen de los depósitos 44, 45 y/o el volumen asociado con el dispositivo de tracción y se mejora la autonomía de la barredora.

El chasis 38 está configurado en particular para soportar el dispositivo de limpieza 42, el depósito de agua limpia 44, el depósito de agua sucia 45 y el sistema de control 48.

40 El dispositivo de tracción 40 comprende, por ejemplo, un motor de tracción 50, dos primeros ejes 52 y dos segundos ejes 54.

45 El motor de tracción 50 es típicamente un motor de combustión. Alternativamente, el motor de tracción es un motor eléctrico, alimentado por una batería, que no se muestra. El motor de tracción 50 está conectado al primer y segundo ejes 52, 54. El motor de tracción 50 está configurado para transmitir una fuerza de tracción al primer y segundo ejes 52, 54.

50 Los primeros ejes 52 están configurados para provocar el desplazamiento de la barredora 16 en una carretera y comprenden, por ejemplo, neumáticos destinados para estar en contacto con el pavimento de una carretera de asfalto o una calle de hormigón.

Los segundos ejes 54 están configurados para hacer que la barredora 16 se desplace sobre la vía férrea 2 y, por ejemplo, comprenden ruedas de ferrocarril destinadas a estar en contacto con los rieles 4.

El dispositivo de limpieza 42 está configurado para limpiar la vía 2.

55 El dispositivo de limpieza 42 comprende, por ejemplo, un cepillo telescópico frontal 56, un motor 58 configurado para accionar el cepillo frontal 56, un limpiador trasero 60 para raspar y cepillar el carril y la ranura del carril, y un cepillo lateral 61. El dispositivo de limpieza 42 también comprende un dispositivo de bombeo de agua 62 y un dispositivo de succión 63. El dispositivo de bombeo 62 está configurado para bombear el agua limpia desde el depósito de agua limpia 44 hacia el entorno a limpiar, por ejemplo sobre la vía férrea 2. El dispositivo de succión 63 está configurado para aspirar el agua sucia en el suelo, por ejemplo por medio del limpiador trasero 60 y para recuperarla en el depósito de agua sucia 45.

60 El depósito de agua limpia 44 y el depósito de agua sucia 45 definen cada uno un volumen interior configurado para almacenar una cierta cantidad de agua.

65 El dispositivo de detección y localización 46 comprende, por ejemplo, uno o más sensores ambientales, tales como un

sensor de imagen, un sistema láser, un sistema de radar o un sistema LIDAR. El dispositivo 46 comprende además, por ejemplo, un módulo de localización satelital y/o un módulo de localización ferroviario configurado para localizar la barredora 16 por interconexión con un sistema local instalado en la vía férrea 2.

5 Por "entorno" se entiende el entorno de la barredora 16, por ejemplo, el que está incluido en un radio de 50 metros alrededor de la barredora 16.

El dispositivo de comunicación 47 comprende, por ejemplo, una antena configurada para establecer comunicación con el centro de control 10.

10 El sistema de control 48 está conectado al dispositivo de tracción 40, al dispositivo de limpieza 42, al dispositivo de detección y localización 46 y al dispositivo de comunicación 47.

15 El sistema de control 48 está configurado para conducir la barredora 16 y para controlar el funcionamiento de la barredora 16. Más específicamente, el sistema 48 está configurado para controlar los parámetros del dispositivo de tracción 40 y los parámetros del dispositivo de limpieza 42.

20 El sistema de control 48 de la barredora 16 comprende varios módulos que forman una arquitectura modular. Esto se implementa, por ejemplo, en una unidad de procesamiento de información formada, por ejemplo, por una pluralidad de memorias y procesadores. Por ejemplo, cada módulo comprende una memoria o un registro de estado.

El sistema 48 comprende un módulo central 70 y una pluralidad de módulos periféricos conectados al módulo central 70.

25 El módulo central 70 está en comunicación con los módulos periféricos. El módulo central 70 forma una pasarela de información entre los módulos periféricos.

El funcionamiento de un módulo de la pluralidad de módulos periféricos es independiente del funcionamiento de los otros módulos periféricos.

30 Típicamente, la inteligencia del sistema de control 48 se distribuye sobre los módulos periféricos. Cada módulo periférico presenta así una inteligencia artificial. Cada módulo periférico comprende, por ejemplo, un dispositivo de aprendizaje configurado para definir al menos una nueva regla de decisión a partir de un modelo de decisión inicial.

35 Como variante, solo ciertos módulos entre los módulos periféricos tienen inteligencia artificial.

40 La pluralidad de módulos periféricos comprende, por ejemplo, un módulo de funcionamiento en modo degradado 80 (o "Degraded Mode Operation Module" en inglés), un módulo de seguridad 82 (o "Security Module" en inglés), un módulo de evaluación de riesgos 84 (o "Risk Evaluation Module" en inglés), un módulo de control de funcionamiento 86, también denominado MOC (del inglés "Machine Operating Controller"), un módulo de comunicación 88, también denominado SCC (del inglés "Server Communication Controller"), un módulo de localización 90, también denominado RDV (del inglés "Railway driving controller"), un módulo de acceso 92 a la vía férrea 2, también llamado RAC (del inglés "Railway Access Controller") y un módulo de planificación del programa de limpieza 94 (o "Cleaning Program scheduler" en inglés).

45 El módulo de funcionamiento 80 en modo degradado detecta, por ejemplo, un mal funcionamiento de la barredora 16 e implementa un modo de funcionamiento degradado. Por ejemplo, si un elemento del dispositivo de limpieza 42 está roto, el módulo 80 notifica al centro de control 10 e informa a los otros módulos periféricos que la barredora 16 debe unirse al depósito 29.

50 El módulo de seguridad 82 determina la información relativa al entorno de la barredora 16 a partir de la información procedente del sensor ambiental del dispositivo 46. El módulo 82 presenta capacidades cognitivas, tales como la capacidad de decisión, razonamiento y aprendizaje. Por ejemplo, el módulo 82 está configurado para identificar objetos en y alrededor de la vía férrea 2, tales como peatones, tranvías 14, y tomar una decisión sobre la naturaleza de cada objeto identificado. Además, el módulo 82 está configurado para garantizar la seguridad de funcionamiento interno de la barredora 16. Por ejemplo, el módulo de seguridad 82 detecta si un elemento de seguridad de la barredora 16 ha fallado.

55 El módulo de evaluación de riesgos 84 está configurado para determinar un riesgo de daño asociado con un obstáculo identificado por el módulo de seguridad 82. Por ejemplo, el riesgo asociado con un camión parado junto a la vía férrea 2 es menor que el riesgo asociado con un peatón que se encuentra sobre la vía férrea 2.

60 El módulo de control de funcionamiento 86 está configurado para implementar la misión de limpieza de la barredora 16, a partir de los datos recibidos de los otros módulos. Por ejemplo, el módulo 86 está configurado para conducir el dispositivo de limpieza 42 y el dispositivo de tracción 40.

65 El módulo de comunicación 88 está configurado para establecer comunicación con el centro de control 10, intercambiando señales de comunicación con el dispositivo de comunicación 47. El módulo 88 usa un protocolo de comunicación, tal como, por ejemplo, definido en los estándares de telefonía móvil.

## ES 2 797 700 T3

El módulo de localización 90 está configurado para determinar la posición actual de la barredora 16 en un mapa de la vía férrea 2. Para hacer esto, el módulo 90 combina, por ejemplo, los datos del módulo de localización satelital del dispositivo 46, los datos del módulo de localización ferroviario del dispositivo 46 y el mapa de la vía férrea 2.

5 El módulo de acceso 92 a la vía férrea 2 está configurado para determinar una ruta desde el depósito 29 a lo largo de la vía férrea 2 a limpiar. Además, el módulo 92 está configurado para encarrilar la barredora 16 en los carriles 4.

10 El módulo de planificación de limpieza 94 está configurado para seleccionar un programa de limpieza, por ejemplo, en función del tipo de vía férrea 2 y/o en función del grado de suciedad. El programa de limpieza programado se transfiere, por ejemplo, al módulo de control de funcionamiento 86 para su implementación.

Ahora se describirá el funcionamiento del sistema de supervisión 1.

15 Al comienzo de una misión, la barredora 16 está en el depósito 29.

La barredora 16 está llena de materiales consumibles, tales como agua, productos de limpieza o gasolina.

La barredora 16 recibe una misión de limpieza del sistema 10.

20 La misión es llevada a cabo completamente por la barredora 16 sin intervención humana.

25 Para hacer esto, el módulo de control de funcionamiento 86 realiza la misión de limpieza de la vía férrea 2, a partir de los datos recibidos de los otros módulos. Por ejemplo, el módulo de control de funcionamiento 86 conduce el dispositivo de limpieza 42 y el dispositivo de tracción 40.

30 La barredora 16 se desplaza, por ejemplo sobre los primeros ejes 52, hacia la vía férrea 2 a limpiar, accionada por el dispositivo de tracción 40. Típicamente, el módulo de acceso 92 a la vía férrea 2 determina una trayectoria desde el depósito 29 a la vía férrea 2. A la llegada de la barredora 16 a la vía férrea 2, el módulo de acceso 92 implementa etapas para encarrilar la barredora 16 en la vía férrea.

35 El módulo 94 planifica el programa de limpieza, por ejemplo, en función del tipo de vía férrea 2 y/o en función del grado de suciedad. El programa de limpieza planificado se transfiere al módulo de control de funcionamiento 86 para su implementación.

40 Durante la misión de limpieza, el módulo de funcionamiento en modo degradado 80 monitorea la barredora 16 para detectar posibles fallas de funcionamiento de la barredora 16. Por ejemplo, si un elemento del dispositivo de limpieza 42 está roto, el módulo 80 notifica al centro de control 10 e informa a los otros módulos periféricos que la barredora 16 debe unirse al depósito 29.

45 Durante la misión de limpieza, el módulo de seguridad 82 determina la información relativa al entorno al recibir información del sensor ambiental del dispositivo de detección y localización 46. Además, el módulo de seguridad 82 garantiza la seguridad de funcionamiento interno de la barredora 16.

50 Durante la misión de limpieza, el módulo de evaluación de riesgos 84 determina un riesgo de daño asociado con un obstáculo identificado por el módulo de seguridad 82.

55 Durante la misión de limpieza, la barredora 16 está en comunicación con el centro de control 10. Este último localiza la barredora 16 en todo momento. Más precisamente, el módulo de localización 90 determina la posición actual de la barredora 16 en un mapa de la vía férrea 2. La posición actual así determinada se transmite al centro de control 10.

60 El sistema de supervisión 12 tiene en cuenta esta información de posición actual de la barredora 16. Se aumenta así la seguridad de circulación de los tranvías 14, una instrucción para marcar una parada que puede transmitirse a un tranvía 14 corriendo el riesgo de acoplarse a una sección de vía en la que ya circula una barredora 16. De hecho, hasta ahora, cuando un vehículo de limpieza está acoplado sobre la pista, le corresponde a su conductor conducirlo a la vista para evitar colisiones con los tranvías 14. Sin embargo, esto plantea riesgos significativos para la seguridad de los pasajeros.

65 Al final de la misión, la barredora 16, por ejemplo, puede descarrilarse, y unirse al depósito 29, accionado por el dispositivo de tracción 40.

Se entiende que la barredora 16 de acuerdo con la invención tiene una autonomía muy alta en comparación con las barredoras actualmente comercializadas. Típicamente, los depósitos de agua limpia 44 y agua sucia 45 están dimensionados para permitir la limpieza de tramos largos de las vías férreas 2.

El hecho de que la barredora 16 sea un vehículo autónomo permite un uso de 24 horas al día.

## ES 2 797 700 T3

El control automático de los dispositivos de limpieza en consecuencia optimiza el uso de las diferentes herramientas y, por lo tanto, aumenta el tiempo promedio entre fallas o MTBF (del inglés "mean time between failures").

REIVINDICACIONES

1. Conjunto (1) que comprende una barredora (16) para limpiar una vía férrea (2) y un centro de control remoto (10), la barredora (16) que comprende:
- 5       – un dispositivo de limpieza (42) configurado para limpiar la vía férrea (2); y
- un dispositivo de tracción (40) de la barredora (16);
- la barredora (16) comprende además un sistema de control (48), el sistema de control (48) es del tipo que comprende un módulo central (70) y una pluralidad de módulos periféricos (80, 82, 84, 86, 88, 90, 92, 94) conectados al módulo central (70), un módulo de la pluralidad de módulos periféricos (80, 82, 84, 86, 88, 90, 92, 94) es un módulo de comunicación (88), configurado para establecer una comunicación con el centro de control remoto (10),
- 10       el sistema de control (48) está configurado para controlar los parámetros del dispositivo de limpieza (42) y del dispositivo de tracción (40), la barredora (16) es un vehículo autónomo, sin conductor, el dispositivo de tracción (40) y el dispositivo de limpieza (42) son conducidos por el sistema de control (48),
- 15       **caracterizado porque** el conjunto (1) comprende un sistema para supervisar (12) la circulación de los tranvías (14) por la vía férrea (2), el centro de control (10) está interconectado con el sistema de supervisión (12) para transmitirle una posición actual de la barredora (16) en cada instante de la circulación de la barredora (16) por la vía férrea (2).
- 20   2. El conjunto (1) de acuerdo con la reivindicación 1, en donde al menos un módulo de la pluralidad de módulos periféricos (80, 82, 84, 86, 88, 90, 92, 94) tiene una inteligencia artificial.
3. El conjunto (1) de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en donde al menos un módulo de la pluralidad de módulos periféricos (80, 82, 84, 86, 88, 90, 92, 94) comprende un dispositivo de aprendizaje configurado para definir al menos una nueva regla de decisión a partir de un modelo de decisión inicial.
- 25   4. El conjunto (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a la 3, en donde un funcionamiento de un módulo de la pluralidad de módulos periféricos (80, 82, 84, 86, 88, 90, 92, 94) es independiente del funcionamiento de otro módulo de la pluralidad de módulos periféricos.
- 30   5. El conjunto (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a la 4, en donde un módulo de la pluralidad de módulos periféricos (80, 82, 84, 86, 88, 90, 92, 94) es un módulo de localización (90) configurado para determinar una posición actual de la barredora (16).
- 35   6. El conjunto (1) de acuerdo con la reivindicación 5, en donde el módulo de localización (90) está configurado para determinar la posición actual de la barredora (16) combinando los datos de un módulo de localización satelital y los datos de un módulo de localización ferroviario local con un mapa de la vía férrea (2).
- 40   7. El conjunto (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a la 6, en donde al menos un módulo de la pluralidad de módulos periféricos (80, 82, 84, 86, 88, 90, 92, 94) comprende un registro de estados.
- 45   8. El conjunto (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a la 7, en donde un módulo de la pluralidad de módulos periféricos (80, 82, 84, 86, 88, 90, 92, 94) es un módulo de seguridad (82) configurado para determinar información sobre un entorno de la barredora (16) a partir de los datos de un sensor ambiental (46).

