

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 626 083**

51 Int. Cl.:

B60M 1/36 (2006.01)

B60M 3/00 (2006.01)

B60L 11/16 (2006.01)

B60L 5/42 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.05.2008 PCT/EP2008/056403**

87 Fecha y número de publicación internacional: **08.01.2009 WO09003765**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.05.2008 E 08760002 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.03.2017 EP 2162313**

54 Título: **Instalación de alimentación de un vehículo ferroviario**

30 Prioridad:

29.06.2007 FR 0704692

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

21.07.2017

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**MOSKOWITZ, JEAN-PAUL y
CHRISTELLER, REINHART**

74 Agente/Representante:

SALVA FERRER, Joan

ES 2 626 083 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

Instalación de alimentación de un vehículo ferroviario

- 5 **[0001]** La invención se refiere a una instalación de alimentación con energía eléctrica de vehículos de transporte público de tracción eléctrica.
- [0002]** Se conoce una instalación de alimentación con energía eléctrica de un tranvía que comprende un dispositivo de alimentación instalado a bordo de dicho tranvía. Dicha instalación se describe en la solicitud de
10 patente EP-0.982.176 presentada por el solicitante. El dispositivo de alimentación instalado comprende un volante de inercia. Se recarga cuando el vehículo está parado en la estación para permitir la subida y bajada de viajeros. La recarga del dispositivo de alimentación instalado de dicho tranvía se efectúa por medio de un dispositivo externo al vehículo dispuesto en la estación de parada. Cuando el vehículo sale de la estación, funciona en modo autónomo, y entonces sólo el dispositivo de alimentación instalado alimenta los motores de tracción así como los equipos
15 auxiliares del tipo de climatización, dispositivos de iluminación, etc., del vehículo con el fin de hacer circular el vehículo entre dos estaciones de parada y de garantizar el confort de los pasajeros.
- [0003]** El documento EP-2.762.810 describe un sistema de transporte ferroviario con una instalación por el suelo segmentada, cuyos segmentos sólo están con tensión cuando se encuentran incluidos en el suelo de un
20 vehículo.
- [0004]** El documento WO-2008/087.287, que forma parte del estado de la técnica según el artículo 54(3) del CPE, describe un sistema de transporte con una vía con una sucesión de estaciones y una instalación de alimentación confinada a ciertas partes de la vía, como por ejemplo subidas o estaciones.
25
- [0005]** El solicitante ha realizado simulaciones de la energía consumida por dicho tranvía, en un recorrido con una sucesión de estaciones S_x , S_y .
- [0006]** Se ha realizado una simulación por ejemplo para un tranvía de una longitud de 30 m que pesa 57
30 toneladas cuando está con carga plena y equipado con un dispositivo de alimentación instalado a bordo del vehículo del tipo volante de inercia capaz de almacenar una energía máxima de 4 kWh y de suministrar una potencia máxima de 200 kW. Se entiende por vehículo con carga plena un vehículo que transporta 6 personas por metro cuadrado.
- [0007]** El vehículo para el que se ha realizado la simulación comprende asimismo equipos auxiliares que
35 comprenden el conjunto de los elementos de consumo de electricidad que no intervienen en la propulsión del vehículo de tracción como por ejemplo la electrónica de a bordo, el dispositivo de iluminación, la calefacción, los motores de los compresores de climatización, los sistemas de información para los viajeros a bordo del tren, etc. La potencia consumida por los equipos auxiliares es como máximo de 63 kW. Así sucede por ejemplo cuando la calefacción funciona a potencia máxima.
40
- [0008]** Esta simulación se ha efectuado para un plan de ruta en particular definido por el operador.
- [0009]** Se entiende por plan de ruta, las necesidades del operador en términos de rendimientos del sistema de transporte en un recorrido con sucesivas estaciones de parada S_x , S_y . Se denomina recorrido T_{xy} al trayecto del
45 vehículo que comienza en la estación de parada S_x y se desplaza hasta la estación S_y para detenerse.
- [0010]** Estas necesidades se expresan por ejemplo en función de los criterios siguientes:
- El perfil de velocidad en cada trayecto entre dos estaciones de parada. Se entiende por perfil de velocidad en el
50 trayecto entre dos estaciones consecutivas, la variación de la velocidad del vehículo en función de su posición en el trayecto entre dos estaciones consecutivas. En lugar del perfil de velocidad, el operador define por ejemplo un tiempo máximo que el vehículo está autorizado a incluir para efectuar el trayecto entre dos estaciones consecutivas en las condiciones normales de conducción.
 - El tiempo máximo de parada del vehículo en la estación de parada para permitir la subida y bajada de pasajeros y
55 la recarga del dispositivo de alimentación instalado.
 - El grado de confort que se debe poder asegurar a los pasajeros. Más en concreto, se trata de la potencia que la instalación de alimentación puede suministrar a los equipos auxiliares en cada trayecto entre dos estaciones consecutivas para hacer funcionar los equipos auxiliares.
 - Los acontecimientos imprevistos, a los que debe poder hacer frente el vehículo en los trayectos entre dos

estaciones consecutivas.

[0011] Se entiende por acontecimientos imprevistos, los acontecimientos que el vehículo puede encontrarse en su trayecto y que conllevarían un exceso de consumo de energía. Se trata por ejemplo de una parada del vehículo en un cruce al nivel del cual el vehículo se cruza con otro vehículo con lo que esta parada no está prevista inicialmente. Puede tratarse igualmente de una parada intempestiva impuesta por un peatón que cruza la vía o por el bloqueo de la circulación.

[0012] Por ejemplo, el operador puede desear que el vehículo sea capaz de pararse una vez entre dos estaciones de forma no programada, volver a arrancar y acelerar para alcanzar su velocidad de crucero, sin un deterioro de sus rendimientos de tracción ni del confort de los pasajeros en el resto del trayecto.

[0013] Para hacer frente a un acontecimiento de este tipo, la instalación de alimentación debe poder poner a disposición de los motores y de los equipos auxiliares, la energía necesaria para alimentar el vehículo durante su parada intempestiva y para asegurar el nuevo arranque del vehículo y su puesta a velocidad de manera que alcance su velocidad de crucero.

[0014] Los resultados de la simulación de la energía consumida por el tranvía en los trayectos que separan dos estaciones de parada consecutivas se resumen en la Tabla A anexa a la presente solicitud. El plan de ruta tomado para efectuar esta simulación es el siguiente:

- El operador ha definido un tiempo de recorrido máximo t_{xy} del vehículo en cada trayecto T_{xy} entre dos estaciones consecutivas S_x y S_y .

- El grado de confort solicitado por el operador equivale a un modo de funcionamiento de los equipos auxiliares en el que consumen una potencia de 63 kW en todo el recorrido y así en cada trayecto. Este modo de funcionamiento equivale a una energía Ea_{xy} expresada en kWh consumida por los equipos auxiliares en el trayecto T_{xy} igual a $Ea_{xy} = 63 * t_{xy} / 3.600$, con t_{xy} expresada en segundos. Este modo de funcionamiento equivale a un funcionamiento máximo de la calefacción.

- El operador ha recomendado hacer frente sin deteriorar la explotación a los acontecimientos imprevistos detallados más adelante lo que lleva a prever un excedente de energía Es_{xy} de 2,2 kWh con respecto a la energía consumida por los motores de tracción y los equipos auxiliares cuando el trayecto T_{xy} se desarrolla en las condiciones normales de conducción.

- El tiempo máximo de parada ta_x en la estación S_x se ha fijado de manera que el volante de inercia siempre pueda recargarse completamente en la estación de parada S_x .

En términos de energía, esto equivale a decir que el volante de inercia almacena una energía de inicio Ev'_x de 4 kWh cuando arranca en la estación S_x y puede llegar a la estación S_y en vacío, con una energía de llegada Ev_y igual a cero.

[0015] Durante la simulación, el solicitante ha calculado las energías consumidas por los equipos del vehículo para recorrer el trayecto T_{xy} entre dos estaciones sucesivas S_x y S_y , respetando el plan de ruta definido anteriormente:

- Em_{xy} , la energía consumida por los motores de tracción,

- Et_{xy} , la energía total de la que deben poder disponer los equipos para efectuar el trayecto T_{xy} respetando el plan de ruta con $Et_{xy} = Em_{xy} + Ea_{xy} + Es_{xy}$,

- Eb_{xy} , la energía consumida por los motores de tracción y los equipos auxiliares para efectuar el trayecto T_{xy} sin encontrarse con acontecimientos imprevistos.

[0016] El trayecto T_{xy} presenta una pendiente media P_{xy} (expresada en ‰) y una longitud l_{xy} (expresada en metros).

[0017] Se observa claramente que la energía Em_{xy} consumida por los motores de tracción en un trayecto T_{xy} depende del perfil de vía en dicho trayecto y sobre todo de las pendientes y de la distancia para recorrer en estos trayectos. Por perfil de vía en un trayecto T_{xy} , se entiende la evolución del declive del suelo a lo largo del trayecto del vehículo y la longitud l_{xy} del trayecto T_{xy} .

[0018] En efecto, comparando los trayectos T_{cd} y T_{ij} cuyas longitudes se diferencian poco pero cuyas pendientes medias son muy diferentes, se constata que la energía Em_{cd} consumida por los motores de tracción es

claramente inferior a la energía E_{mij} . La energía consumida por los motores de tracción es tanto mayor cuanto más asciende la vía en este trayecto.

5 **[0019]** Comparando la energía consumida por los motores de tracción en los trayectos T_{jk} y T_{ij} cuyas longitudes respectivas son 423 m y 888 m, y que presentan pendientes medias sustancialmente idénticas, se constata que cuanto mayor es la longitud para recorrer, más elevada es la energía consumida por los motores de tracción.

10 **[0020]** Se constata que las energías E_{ab} , E_{bc} y E_{ij} que la instalación de alimentación debe ser capaz de poner a disposición del vehículo para alimentar los equipos auxiliares y los motores de tracción en los trayectos respectivos T_{ab} , T_{bc} , T_{ij} de manera que el vehículo efectúe estos trayectos en los tiempos respectivos t_{ab} , t_{bc} , t_{ij} impartidos por el operador son mayores que en el resto del recorrido del vehículo. En efecto, los trayectos T_{ab} , T_{bc} , T_{ij} , presentan respectivamente una pendiente importante, una longitud importante y una longitud y una pendiente media importante.

15 **[0021]** Las energías E_{ab} , E_{bc} y E_{ij} son las tres superiores a la energía que la instalación eléctrica puede poner a disposición de los motores de tracción y de los equipos auxiliares en los trayectos T_{ab} , T_{bc} , T_{ij} . La energía que la instalación eléctrica puede poner a disposición de los motores de tracción y de los equipos auxiliares en los trayectos T_{xy} , en los que el vehículo es alimentado únicamente por el volante de inercia es igual a $E_{V_{xy}} = E_{V'_x} - E_{V_y}$.
20 En esta situación, $E_{V_{xy}}$ es igual a 4 kWh en todo el recorrido del vehículo.

[0022] En conclusión, la instalación eléctrica no es capaz de poner suficiente energía a disposición de los motores de tracción y de los equipos auxiliares para efectuar los trayectos T_{ab} , T_{bc} , T_{ij} incluso si el vehículo no se encuentra con acontecimientos imprevistos en estos trayectos.

25 **[0023]** Además, se constata que la instalación eléctrica de la técnica anterior puede poner a disposición de los motores de tracción y de los equipos auxiliares la energía necesaria $E_{t_{xy}}$, para que el vehículo circule entre dos estaciones sucesivas respetando el plan de ruta, únicamente en el trayecto T_{hi} que presenta una longitud baja y una pendiente media fuertemente descendente y para el que la energía $E_{t_{hi}}$ no inferior a $E_{V_{hi}}$ sea de 4 kWh.

30 **[0024]** En consecuencia, el vehículo no dispone de suficiente energía para respetar el plan de ruta determinado por el operador en los trayectos T_{xy} excepto en el trayecto T_{hi} .

[0025] Corresponde al solicitante el mérito de haber puesto de relieve que la instalación eléctrica de la técnica anterior no permite que el vehículo respete el plan de ruta en todo el recorrido del vehículo y sobre todo en los trayectos entre dos estaciones sucesivas en los que el perfil de vía presenta una longitud importante y pendientes ascendentes importantes.

40 **[0026]** Uno de los objetivos de la presente invención consiste en proponer una instalación de alimentación de un vehículo ferroviario capaz de suministrar suficiente energía a dicho vehículo para permitirle efectuar un recorrido que respete un plan de ruta predeterminado.

[0027] Para este fin la invención se basa en un sistema de transporte según la reivindicación 1.

45 **[0028]** Según realizaciones particulares, la instalación de alimentación incluye una o varias de las características opcionales de las reivindicaciones 2 a

[0029] El sistema de transporte según la invención presenta la ventaja de ser estética ya que se procura una alimentación por la catenaria entre las dos estaciones de parada, lo que además cada vez es más buscado en el centro de las ciudades.

50 **[0030]** Este sistema es menos oneroso que un sistema de alimentación por el suelo instalado en todo el recorrido del vehículo.

55 **[0031]** El sistema de transporte según la invención presenta la ventaja de respetar el plan de ruta definido por el operador con independencia de la geografía del trayecto, es decir, el perfil de la vía entre dos estaciones consecutivas.

[0032] El sistema de transporte según la invención permite asimismo asegurar el servicio incluso cuando el

vehículo se encuentra con acontecimientos imprevistos.

[0033] La invención se entenderá mejor a partir de la lectura de la descripción que se ofrece a continuación, ofrecida únicamente a modo de ejemplo y realizada en referencia a los dibujos y a la tabla adjuntos, en los que:

5

- La tabla A de las energías consumidas por el vehículo, descrita ya en parte, ofrece un repertorio de las energías consumidas y suministradas por los equipos del vehículo en un recorrido que se extiende de una estación S_a a una estación S_k con las sucesivas estaciones S_x con $x = b, c, d, e, f, g, h, i, j$.

10 - La figura 1 es una representación esquemática de las variaciones de altitud en metros de una vía de transporte y de la disposición del dispositivo de alimentación por el suelo, que forma parte de la instalación de alimentación según la invención, en el recorrido del vehículo entre la estación S_a y la estación S_f .

- La figura 2 es un esquema funcional de una instalación de alimentación según la invención, con un vehículo situado en la parte de vía equipada con un dispositivo de alimentación por el suelo siendo dicha parte de vía equipada adyacente a una parte de vía desprovista del dispositivo de alimentación por el suelo.

15

[0034] La figura 1 representa el perfil de vía 5 en el recorrido del vehículo de la estación S_a a la estación S_f en una vía 5. La realización de la invención representada en la figura 1 se adapta para anticipar la falta de energía de los equipos del vehículo con el fin de suministrar suficiente energía al vehículo para respetar el plan de ruta definido anteriormente en todo el recorrido del vehículo con independencia del perfil de vía en el trayecto T_{xy} .

20

[0035] Tal como se representa en la figura 1, de forma conocida de por sí, las estaciones de parada S_x , S_y adaptadas para permitir la subida y bajada de pasajeros están equipadas con un dispositivo de recarga en la estación 18 representado en trazo discontinuo en la figura 1.

25 **[0036]**

Se entiende por dispositivo de recarga en la estación 18 un dispositivo para recargar un sistema de almacenamiento de energía 15 y alimentar los equipos auxiliares 12 cuando el vehículo está parado en la estación de parada S_x y conectado eléctricamente a dicho dispositivo de recarga. El sistema de almacenamiento de energía 15 así como los equipos auxiliares 12 están representados en la figura 2 y se explicarán a continuación.

30 **[0037]**

De acuerdo con la invención, la instalación eléctrica comprende un dispositivo de alimentación por el suelo 19 que dota a las partes de vía equipadas 20 de los trayectos T_{ab} , T_{bc} , T_{cd} , T_{ef} , T_{ij} , T_{jk} siendo dicho dispositivo de alimentación por el suelo 19 apto para alimentar el vehículo con energía eléctrica cuando éste circula en una parte de vía equipada 20 con dicho dispositivo de alimentación por el suelo 19 tal como se describirá más en detalle más adelante en el texto. Una parte de vía desprovista 21 es una parte de la vía 5 desprovista del dispositivo de alimentación por el suelo 19. Por alimentar el vehículo en energía eléctrica se entiende alimentar los equipos eléctricos de dicho vehículo. Más en concreto, el dispositivo de alimentación por el suelo 19 es capaz de alimentar el sistema de almacenamiento de energía 15, los equipos auxiliares 12 y los motores de tracción 11.

35

[0038] A continuación se describirá la elección de los emplazamientos de los dispositivos de alimentación por el suelo 19 según la primera realización de la invención.

40

[0039] Tal como se describe más en detalle a continuación en la descripción, en la realización que se representa en la figura 2, los motores de tracción 11 del vehículo son reversibles. Son capaces de funcionar en modo consumidor en el que suministran la energía de tracción a las ruedas 4 del vehículo 2, y en modo generador en el que generan un par de frenado y son capaces de cargar el sistema de almacenamiento de energía 15 instalado a bordo del vehículo 2.

45

[0040] Seguidamente en la descripción, se describirá un sistema que comprende un vehículo equipado con un dispositivo de almacenamiento de energía instalado consistente en un dispositivo de alimentación cinética de energía. El experto en la materia sustituiría con facilidad este dispositivo de acumulación cinética de energía por un dispositivo del tipo de supercondensadores o baterías.

50

[0041] Así pues, en la tabla se han recogido los consumos de energía del vehículo, siendo la energía $E_{f_{xy}}$ de frenado la energía que los motores de tracción 11 pueden suministrar al volante de inercia en el trayecto T_{xy} para recargarlo. Los valores de la energía $E_{f_{xy}}$ en los trayectos T_{xy} se han obtenido por simulación.

55

[0042] La energía $E_{r_{xy}}$ es la energía real que la instalación eléctrica debe poder suministrar al vehículo 2 de forma que respete el plan de ruta en el trayecto T_{xy} , usándose una energía de frenado $E_{f_{xy}}$ para cargar el volante de inercia en el trayecto T_{xy} .

$$E_{r_{xy}} = E_{t_{xy}} - E_{f_{xy}}$$

[0043] En la realización descrita, se han equipado los trayectos T_{ab} , T_{bc} , T_{cd} , T_{ef} , T_{ij} , T_{jk} en los que las energías $E_{r_{ab}}$, $E_{r_{bc}}$, $E_{r_{cd}}$, $E_{r_{ef}}$, $E_{r_{ij}}$, $E_{r_{jk}}$ son superiores a la energía $E_{v_{ab}}$, $E_{v_{bc}}$, $E_{v_{cd}}$, $E_{v_{ef}}$, $E_{v_{ij}}$, $E_{v_{jk}}$ que el volante de inercia instalado 15 puede poner a disposición del vehículo 2 en los trayectos respectivos T_{ab} , T_{bc} , T_{cd} , T_{ef} , T_{ij} , T_{jk} . En la figura 1 se han representado únicamente los trayectos T_{ab} , T_{bc} , T_{cd} , T_{ef} .

[0044] La energía $E_{v_{xy}}$ que el sistema de acumulación cinética de energía 15 puede poner a disposición del vehículo 2 en un trayecto T_{xy} se determina mediante el plan de ruta y en este caso es igual a la energía máxima que el sistema de acumulación cinética de energía 15 puede almacenar, es decir, 4 kWh ya que el tiempo máximo de parada t_x en la estación de parada S_x es suficiente para cargar completamente el dispositivo de acumulación cinética de energía 15.

[0045] Se han dispuesto así fuera las estaciones de parada, en partes de la vía 5 de los trayectos T_{ab} , T_{bc} , T_{cd} , T_{ef} , T_{ij} , T_{jk} dispositivos de alimentación por el suelo 19 de manera que alimentan el vehículo 2 cuando éste se encuentra en la parte de vía equipada 20 con dicho dispositivo de alimentación por el suelo 19.

[0046] En particular, un dispositivo de alimentación por el suelo 19 alimenta al menos a una parte de la vía en un trayecto T_{xy} entre dos estaciones consecutivas, en el que la energía $E_{v_{xy}}$ que el sistema de acumulación cinética de energía 15 puede poner a disposición del vehículo 2 es insuficiente para alimentar los motores de tracción 11 y los equipos auxiliares 12, respetando el plan de ruta definido por el operador.

[0047] Preferentemente, como se explicará más en detalle seguidamente en la descripción, los dispositivos de alimentación por el suelo se instalan en las partes de la vía en las que la energía y/o la potencia que puede ser consumida por los motores de tracción y/o los equipos auxiliares es mayor que en el resto del trayecto. Más en concreto, se provee preferentemente con un dispositivo de alimentación por el suelo 19, estando las partes de la vía 5 en pendiente ascendente en el sentido de desplazamiento del vehículo así como las partes de la vía 5 en las que el vehículo tiene una alta probabilidad de acelerar y/o de marcar una parada imprevista.

[0048] Para este fin, como se observa en la figura 1 una parte de vía 20 equipada con un dispositivo de alimentación por el suelo 19 se extiende en toda la longitud del trayecto T_{ab} .

[0049] En efecto, al ser la energía que la instalación debe ser capaz de suministrar al vehículo $E_{r_{ab}}$ de 9,51 kWh, esta energía es más de dos veces superior a la energía $E_{v_{ab}}$. Así pues se ha equipado a toda la vía 5 entre las estaciones S_a y S_b de un tramo de alimentación por el suelo. Es importante subrayar que la parte de vía R1 que ha sido equipada con un dispositivo de alimentación por el suelo 19, entre las estaciones S_a y S_b presenta una pendiente media ascendente en el sentido del trayecto T_{ab} . La vía adyacente en la que el trayecto se efectúa en el sentido contrario no está equipada con el dispositivo de alimentación por el suelo ya que la vía es globalmente descendente en el sentido del trayecto T_{ba} . No se equipan las dos vías adyacentes en las que el vehículo circula en sentido contrario lo que permite proponer un sistema económico.

[0050] Las necesidades de energía del vehículo en el trayecto T_{ab} son importantes ya que la pendiente ascendente es especialmente acusada en este trayecto. Los motores consumen mucha energía en este trayecto para suministrar la energía potencial al vehículo además de la energía cinética necesaria para su desplazamiento.

[0051] Se ha equipado una parte de vía R2 entre las estaciones S_b y S_c de un dispositivo de alimentación por el suelo 19. En efecto, la energía $E_{v_{bc}}$ que el sistema de acumulación cinética de energía 15 puede poner a disposición del vehículo en el trayecto T_{bc} es inferior a la energía que la instalación eléctrica debe ser capaz de poner a disposición del vehículo para efectuar el trayecto T_{bc} respetando el plan de ruta ya que el trayecto T_{bc} presenta una longitud importante.

[0052] Entre las estaciones S_b y S_c , una parte de vía 20 está equipada con un dispositivo de alimentación por el suelo 19. Esta parte de vía se denomina R2. Se extiende de forma continua en toda la longitud de la intersección I y a una y otra parte de esta intersección I.

[0053] Dado que la energía de la cual los motores de tracción y los equipos auxiliares deben disponer para respetar el plan de ruta en el trayecto T_{bc} es de 4,63 kWh, es muy poco superior a la energía $E_{v_{bc}}$ que el volante de inercia puede poner a disposición del vehículo en el trayecto T_{bc} . Se entiende por intersección una zona de

crecimiento entre la vía del tranvía y una ruta, pudiendo dicha vía ser atravesada, en esta zona, por un vehículo que circula en la ruta. El vehículo tiene una alta probabilidad de verse limitado a parar antes de o en dicha intersección para evitar un choque con un vehículo o un atropello de un peatón que cruce la intersección. Este tipo de parada consume energía ya que prolonga la duración del trayecto lo que aumenta el consumo de los equipos auxiliares e impone un nuevo arranque seguido de un aumento de la velocidad del vehículo. Esta aceleración genera un consumo de potencia y de energía por parte de los motores de tracción.

[0054] Una parte de vía 20, denominada parte de vía R3, está equipada con un dispositivo de alimentación por el suelo 19 entre las estaciones S_c y S_d . En esta parte de vía inclinada y ascendente, existe una probabilidad elevada de que los motores de tracción 11 consuman una energía importante para superar la fuerza de gravedad y tirar del vehículo a una velocidad conveniente.

[0055] Como variante, se dispone un dispositivo de alimentación por el suelo 19, entre las estaciones S_c y S_d , en una parte de la vía 5 que es plana o en pendiente descendente pero que en el plan de ruta se define como una zona de aceleración. En efecto, los motores de tracción 11 consumen energía en una zona definida como una zona de aceleración en el plan de ruta.

[0056] Entre las estaciones S_d y S_e , la vía está desprovista de dispositivo de alimentación por el suelo 19 ya que la energía E_{vde} que el volante de inercia puede poner a disposición del vehículo en el trayecto T_{de} es superior a la energía E_{rde} que el vehículo debe poder disponer para respetar el plan de ruta en el trayecto T_{de} .

[0057] La parte de vía 20 equipada con un dispositivo de alimentación por el suelo 19, situada entre las dos estaciones S_e y S_f y denominada R4 es una zona plana que está determinada como una zona de aceleración en el plan de ruta.

[0058] A continuación se describirá estructuralmente la instalación de alimentación del vehículo ferroviario 2 adaptado para circular en carriles metálicos no representados que se extienden en paralelo entre sí.

[0059] El vehículo 2 comprende una carrocería 3 de transporte de viajeros soportada por un conjunto de ruedas 4. Los carriles de rodamiento están adaptados para llevar las ruedas 4 y garantizar su guiado.

[0060] En una variante, el vehículo 2 comprende una sucesión de vagones que comprenden cada uno una carrocería 3 de los que al menos 2 están soportados por ruedas 4.

[0061] La instalación de alimentación según la invención está adaptada para suministrar energía eléctrica a los motores eléctricos de tracción 11 y a los equipos auxiliares 12 por medio de un bus de potencia 7 apto para transmitir una tensión continua.

[0062] Las ruedas motrices 4 son arrastradas por motores eléctricos 11 alimentados por convertidores de tracción no representados para más claridad.

[0063] Los convertidores de tracción son capaces de transformar la tensión continua suministrada por el bus de potencia 7 para generar una tensión alterna para la alimentación de los motores. El conjunto de motores de tracción 11 y convertidores de tracción constituye la cadena de tracción del vehículo

[0064] Los equipos auxiliares 12 comprenden el conjunto de los elementos de consumo de electricidad que no participan en la propulsión del vehículo 2 de tracción como por ejemplo la electrónica de a bordo, el dispositivo de iluminación, los grupos de climatización, los sistemas de información a los viajeros a bordo del tren, la calefacción etc. Se ha representado un vehículo 2 que comprende un único vagón. En el caso de un vehículo que comprenda varios vagones, los equipos eléctricos 7, 11, 12 se reparten por ejemplo en los vagones del vehículo 2.

[0065] Los motores eléctricos 11 son reversibles. Los motores eléctricos 11 de tracción son alimentados por el bus de potencia 7 o bien generan un par de frenado que suministra energía eléctrica a los convertidores de tracción que transforman la tensión alterna generada por los motores 11 de tracción de manera que generen una tensión continua en el bus de potencia 7. El vehículo 2 comprende un dispositivo de acumulación cinética de energía 15 instalado a bordo del vehículo 2, siendo capaz dicho dispositivo de acumulación cinética de energía 15 de acumular energía en forma de energía cinética y de restituirla en forma de energía eléctrica De forma conocida de por sí, el dispositivo de almacenamiento de energía 15. El dispositivo de almacenamiento de energía es, en la realización descrita, un dispositivo de acumulación cinética de energía que incluye un motor cuyo rotor actúa como

masa de inercia. El dispositivo de almacenamiento de energía instalado puede ser cualquier otro dispositivo de almacenamiento como supercondensadores o una batería.

5 **[0066]** El dispositivo de acumulación cinética de energía 15 instalado está adaptado para funcionar en régimen de descarga durante las fases de alimentación de los equipos auxiliares 12 y/o de los motores de tracción 11 y en régimen de carga durante las fases de carga. Un ordenador de a bordo 38 ordena el paso de un modo de funcionamiento al otro del dispositivo de acumulación cinética de energía 15.

10 **[0067]** En régimen de descarga, el dispositivo de acumulación cinética de energía 15 se incluye en el generador y genera una tensión continua en el bus de potencia 7.

15 **[0068]** En régimen de carga, el dispositivo de acumulación cinética de energía 15 se incluye en el motor, toma energía eléctrica del bus de potencia 7. La tensión continua es transformada por un convertidor incluido en el dispositivo de acumulación cinética de energía 15, en una tensión alterna que alimenta con tensión alterna el volante de inercia del dispositivo de acumulación cinética de energía 15.

[0069] Las fases de carga del dispositivo de acumulación cinética de energía 15 son por ejemplo las fases de frenado del vehículo durante las cuales los motores 11 de tracción funcionan en modo generador.

20 **[0070]** De forma conocida de por sí, el dispositivo de acumulación cinética de energía 15 está equipado con medios de medida no representados de la energía almacenada en dicho dispositivo 15. La instalación de alimentación incluye de forma clásica medios de medida de la posición del vehículo en su recorrido. Los medios de medida son por ejemplo medios de medida de la velocidad de los motores de tracción que dan acceso a la velocidad del vehículo de tracción y a su posición en el recorrido o medios GPS de localización de la posición del vehículo.

25 **[0071]** De forma clásica, el vehículo comprende medios de captación de la energía del dispositivo de recarga en la estación 18, no representados, adecuados para establecer la conexión eléctrica entre el bus de alimentación 7 y el dispositivo de recarga en la estación de parada 18 cuando el vehículo está parado en la estación.

30 **[0072]** El dispositivo de recarga en la estación de parada 18 es apto para cargar el dispositivo de acumulación cinética de energía 15 y para alimentar los equipos auxiliares 12 cuando el vehículo se para en la estación de parada S_x suministrando energía eléctrica al bus de potencia 7. El dispositivo de recarga en la estación de parada 18 comprende por ejemplo una línea de catenaria que se extiende a lo largo de la estación de parada y los medios de captación de la energía comprenden por ejemplo un pantógrafo unido eléctricamente al vehículo 2 y más en concreto al bus de potencia 7. Dicho dispositivo de recarga se describe en la solicitud de patente EP-0.982.176-A1 presentada por el solicitante.

40 **[0073]** En lugar de una línea de catenaria, el dispositivo de recarga en la estación de parada 18 puede comprender cualquier otro medio de alimentación que puede unirse al vehículo por un medio de captación de la energía. Dicho medio de alimentación es por ejemplo un tercer carril o un dispositivo de alimentación por el suelo dispuesto en la estación de parada.

45 **[0074]** La instalación de alimentación del vehículo comprende un dispositivo de alimentación por el suelo 19 que equipa las partes de la vía 5 fuera de las estaciones tal como se representa en la figura 2. Dicho dispositivo de alimentación 19 por el suelo se describe en el documento FR-2.762.810.

50 **[0075]** Tal como se representa en la figura 2, el dispositivo de alimentación por el suelo 19 se incorpora en la calzada por medio de los dos carriles de rodamiento del vehículo y se extiende a lo largo de los dos carriles de rodamiento, en paralelo a ellos. El dispositivo de alimentación por el suelo aparece en la superficie de la vía 5.

[0076] De forma conocida de por sí, el dispositivo de alimentación por el suelo 19 está segmentado en su dirección longitudinal en segmentos de alimentación 34 separados por segmentos aislantes 36.

55 **[0077]** El dispositivo de alimentación por el suelo 19 está unido por medio de subestaciones eléctricas, no representadas a la red de distribución eléctrica de la ciudad. Cada segmento de alimentación 34 es alimentado con energía eléctrica únicamente cuando se encuentra incluido en el suelo del vehículo 2 evitando todo riesgo de electrocución de los peatones.

[0078] Más en concreto, el dispositivo de alimentación por el suelo 19 está adaptado para suministrar energía

al vehículo 2 cuando al menos un segmento 34 del tramo se encuentra incluido en el suelo del vehículo 2 y al menos un medio de captación 22 de la energía, llevado por el vehículo 2 se encuentra en contacto físico con al menos uno de los segmentos 34 alimentados con energía eléctrica.

5 **[0079]** Como puede verse en la figura 2, el vehículo 2 está equipado con un medio de captación 22 de la energía eléctrica del dispositivo de alimentación por el suelo 19.

[0080] El medio de captación 22, conductor de electricidad, se fija al vehículo. El medio de captación 22 asegura la unión mecánica y eléctrica entre el vehículo y el dispositivo de alimentación por el suelo 19.

10

[0081] El medio de captación 22 comprende dos zapatas que son capaces de efectuar un desplazamiento entre una posición alta no representada, en la que el medio de captación 22 no está en contacto físico con la superficie del suelo de la vía 5, y una posición baja, representada en la figura 2, en la que las zapatas están en contacto deslizante con la superficie de la vía 5, en particular con los segmentos 34 de alimentación y los segmentos 15 aislantes 36 cuando el vehículo 2 se sitúa en una parte 20 de la vía 5 equipada con un dispositivo de alimentación por el suelo 19. La separación entre las zapatas del medio de captación 22 es superior a la longitud de un segmento aislante 36 de manera que asegure la alimentación continua del bus 7 por medio de las zapatas de las que al menos una está unida al segmento conductor 34.

20 **[0082]** De esta manera, como se explicará seguidamente en la descripción, el dispositivo de alimentación por el suelo 19 es capaz de alimentar el dispositivo de acumulación cinética de energía 15, los equipos auxiliares 12 y los motores de tracción 11, cuando la conexión eléctrica entre al menos un segmento 34 y el bus de potencia 7 se establece a través del medio de captación de la energía eléctrica.

25 **[0083]** Tal como se ilustra en la figura 2, la instalación de alimentación comprende una red informática de a bordo 37, que está unida a un ordenador de a bordo 38. El ordenador 38 está unido a un sistema de control de conducción 39.

30 **[0084]** El ordenador de a bordo 38, al recibir una orden del sistema de control de conducción 39, controla el funcionamiento de los motores de tracción 11, de los equipos auxiliares 12 y del dispositivo de acumulación cinética de energía 15 a través de la red de a bordo.

35 **[0085]** El sistema de control de conducción 39 es un manipulador de conducción susceptible de ser desplazado por el conductor, para enviar una orden de tracción, una orden de frenado o una orden de reposo al ordenador de a bordo 38.

40 **[0086]** Se envía una orden de tracción cuando los motores necesitan energía, por ejemplo durante una aceleración o para superar una pendiente ascendente. En este caso, el ordenador de a bordo 38 ordena la alimentación de los motores de tracción 11 por absorción de energía en el bus de potencia 7 de manera que los motores de tracción 11 generan un par de tracción para tirar del vehículo.

[0087] Se envía una orden de reposo cuando los motores de tracción 11 no necesitan energía. El vehículo estará parado o en marcha en velocidad de inercia.

45 **[0088]** Cuando el sistema de control de conducción envía una orden de frenado al ordenador de a bordo 38, éste ordena la puesta en modo frenado de los motores 11 y la alimentación del bus de potencia 7 por medio de la energía eléctrica generada por los motores de tracción en modo frenado.

50 **[0089]** Como variante el sistema de control de conducción 39 es un dispositivo automático de control capaz de enviar al ordenador de a bordo una orden de tracción o de frenado.

[0090] A continuación se describirá el funcionamiento de la instalación de alimentación.

[0091] El funcionamiento de la instalación eléctrica está controlado por el ordenador de a bordo 38 que dispone las informaciones en la alimentación del medio de captación de la energía 22, la posición del vehículo 2 en su recorrido, el estado de carga de acumulación cinética de energía, el plan de ruta, el sistema de control de conducción 39, las necesidades de alimentación de los equipos auxiliares.

[0092] El ordenador de a bordo 38 dispone ventajosamente de una tabla de valores de energía que recoge,

para cada punto del recorrido del vehículo, la energía de la que tiene necesidad el vehículo 2 para alcanzar la siguiente estación de parada S_x respetando el plan de ruta. Estos valores se obtienen bien mediante simulación o bien a través de los valores obtenidos durante los ensayos preliminares.

- 5 **[0093]** Cuando el vehículo está parado en la estación de parada S_x , el ordenador de a bordo 38 ordena la carga del dispositivo de acumulación cinética de energía 15 y de los equipos auxiliares 12 por medio del dispositivo de recarga en la estación de parada 18 que suministra energía eléctrica al bus de tracción 7, estando el dispositivo de recarga 18 conectado al bus 7 por un medio de captación de la energía del dispositivo de recarga 18 no representado.
- 10 **[0094]** Cuando el vehículo sale de la estación S_x , el dispositivo de acumulación cinética de energía 15 dispone de una energía E_{v_x} que depende del plan de ruta y más en concreto del tiempo de parada del vehículo en la estación de parada S_x y de la energía de la que disponía el dispositivo de acumulación cinética de energía 15 al llegar a la estación de parada S_x .
- 15 **[0095]** Cuando el vehículo se encuentra entre dos estaciones consecutivas S_x y S_y , en una parte de vía desprovista 21 de dispositivo de alimentación por el suelo 19, el vehículo 2 es autónomo.
- [0096]** En modo frenado, cuando el sistema de control de conducción 39 envía una orden de frenado, el ordenador de a bordo 38 ordena la recuperación de la energía de frenado de manera que alimente el dispositivo de acumulación cinética de energía 15 y los equipos auxiliares por medio de la energía suministrada en el bus de potencia 7 por los motores de tracción 11.
- 20 **[0097]** En modo tracción el ordenador de a bordo 38 gestiona la alimentación de los motores de tracción 11 y de los equipos auxiliares 12, por medio del dispositivo de acumulación cinética de energía 15, que está entonces en modo descarga y suministra energía eléctrica al bus de potencia 7.
- 25 **[0098]** Antes de la llegada del vehículo a una parte de vía equipada 20 con el dispositivo de alimentación por el suelo 19, el conductor es alertado por un dispositivo de señalización, no representado, para controlar el descenso del medio de captación 22. El medio de captación 22 se baja cuando el vehículo 2 se sitúa en una parte de vía equipada 20 con el dispositivo de alimentación por el suelo 19 de manera que se establece el contacto físico entre dicho medio de captación 22 y el al menos un segmento de alimentación 34 situado a la derecha de dicho medio de captación 22.
- 30 **[0099]** En una variante, el ordenador de a bordo 38 ordena el descenso de la zapata.
- [0100]** El ordenador de a bordo 38 implementa un procedimiento de alimentación para gestionar la energía captada por el vehículo 2 en el dispositivo de alimentación por el suelo 19.
- 40 **[0101]** En todos los puntos del trayecto T_{xy} , el ordenador de a bordo 38 es capaz de gestionar la circulación de la energía en el vehículo 2 y el funcionamiento de los equipos eléctricos del vehículo (15, 11, 12), en función de:
- el estado de carga del volante de inercia E_{vp} , es decir, la energía contenida en el dispositivo de acumulación cinética de energía en el punto p del trayecto T_{xy}
 - 45 - la posición p del vehículo en el trayecto T_{xy}
 - la energía $E_{t_{py}}$ necesaria para alimentar los motores de tracción 11 y los equipos auxiliares 12 hasta la estación siguiente respetando el plan de ruta.
 - la energía $E_{v_{py}}$ que el dispositivo de acumulación cinética de energía 15 puede poner a disposición de los motores de tracción 11 y de los equipos auxiliares 12 hasta la estación S_y ,
 - 50 - la orden del sistema de control de conducción 39
 - la corriente máxima que el vehículo puede extraer desde el dispositivo de alimentación por el suelo, de manera que se respete el plan de ruta predeterminado.
- [0102]** Seguidamente en la descripción, se supone que el medio de captación 22 se baja y que el vehículo se desplaza en una parte de vía equipada 20.
- [0103]** Cuando el vehículo 2 está parado en la estación S_a , el ordenador de a bordo 38 ordena la carga del volante de inercia 14 y la alimentación de los equipos auxiliares 12 por medio del dispositivo de recarga 18 en la estación de parada.

- [0104]** Según el plan de ruta descrito anteriormente, que prevé un tiempo de parada suficientemente largo para cargar completamente el dispositivo de acumulación cinética de energía 15 en la estación de parada S_a , el volante de inercia se carga totalmente en la salida de la estación S_a . En la parte de vía R1 que se extiende al conjunto del trayecto T_{ab} , los motores de tracción 11 y los equipos auxiliares 12 son alimentados en el conjunto del trayecto T_{ab} , por el dispositivo de alimentación por el suelo 19 en función de sus necesidades de energía respectivas.
- [0105]** En referencia a la tabla de consumos de energía del vehículo 2, se constata que el vehículo 2 necesita la energía que le puede suministrar el dispositivo de APS en la sección de vía R2 únicamente si el vehículo se encuentra con un acontecimiento imprevisto en su trayecto que consume una energía superior a 0,63 kWh, siendo la energía $E_{R_{xy}}$ igual a 4,63 kWh. En el tramo de vía R2, el dispositivo de alimentación por el suelo 19 puede suministrar energía al vehículo 2 a través del medio de captación 22 que está en contacto eléctrico con al menos un segmento de alimentación 34.
- [0106]** Cuando el vehículo se encuentra en la parte R2, pueden presentarse dos situaciones. El vehículo puede haberse encontrado o no con un acontecimiento imprevisto.
- [0107]** Si el vehículo 2 se ha encontrado con un acontecimiento imprevisto en la intersección I, se ha visto forzado a marcar la parada antes de la intersección I.
- [0108]** Durante la parada del vehículo 2, antes de la intersección I, y cuando el vehículo arranca y acelera, los equipos auxiliares 12 y el dispositivo de acumulación cinética de energía 15, son alimentados por el dispositivo de alimentación por el suelo 19. En la parte de vía R2, el ordenador de a bordo 38 compara el estado de carga E_{vp} del dispositivo de acumulación cinética de energía 15 con la energía necesaria para alcanzar la estación de parada siguiente S_c de manera que la energía $E_{t_{py}}$ respeta el plan de ruta y controla la carga del dispositivo de acumulación cinética de energía 15 si la energía que queda en el dispositivo de acumulación cinética de energía 15 es insuficiente para alcanzar la estación siguiente con una energía E_{v_c} respetando el plan de ruta.
- [0109]** Esta realización presenta la ventaja de no descargar el dispositivo de acumulación cinética de energía 15 en un emplazamiento en el que la potencia susceptible de ser consumida por los motores de tracción 11 es importante. La energía consumida en la parte de vía 20 equipada con el dispositivo de alimentación por el suelo 19 es asimismo susceptible de ser importante. En su caso, si el vehículo marca una parada intempestiva en la intersección I, los motores de tracción 11 consumen mucha potencia durante el arranque y el aumento de velocidad del vehículo 2.
- [0110]** En una segunda realización, la potencia extraída por el vehículo desde el dispositivo de alimentación por el suelo es limitada. Durante el arranque del vehículo 2 y el aumento de velocidad del vehículo, el ordenador de a bordo 38 ordena así la alimentación de los equipos auxiliares 12 mediante el dispositivo de alimentación por el suelo 19 mientras que los motores de tracción 11 son alimentados simultáneamente por medio del dispositivo de alimentación por el suelo 19 y del dispositivo de acumulación cinética de energía 15.
- [0111]** Esta realización presenta la ventaja de obtener una potencia, y así una intensidad razonable del dispositivo de alimentación por el suelo 19 limitando la energía que suministra el dispositivo de acumulación cinética de energía 15 a los motores de tracción 11 y con ello la descarga del dispositivo de acumulación cinética de energía 15.
- [0112]** La disposición del dispositivo de alimentación por el suelo 19 en un emplazamiento en el que la potencia consumida por los motores de tracción 11 puede ser importante, a modo de una intersección permite limitar la descarga del dispositivo de acumulación cinética de energía 15 y/o cargar dicho dispositivo de acumulación cinética de energía 15, en un emplazamiento en el que sería posible una descarga importante.
- [0113]** Si el vehículo no se ha encontrado con ningún acontecimiento imprevisto en la intersección I y el dispositivo de acumulación cinética de energía 15 almacena suficiente energía para llegar a la estación S_c respetando el plan de ruta con una energía E_{v_c} , el ordenador de a bordo 38 ordena asimismo la carga del dispositivo de acumulación cinética de energía 15 y la alimentación de los motores de tracción 11 y de los equipos auxiliares 12 por medio del dispositivo de alimentación por el suelo 19.
- [0114]** Esto permite recargar el dispositivo de acumulación cinética de energía 15 y disponer, en el resto del

trayecto T_{bc} de un excedente de energía que permite hacer frente a otro acontecimiento imprevisto en el trayecto T_{bc} o hacer frente a una avería del dispositivo de recarga 18 en la estación S_c . o reducir el tiempo de parada en la estación S_c para cargar el volante de inercia 14 en una cantidad Ev'_c .

5 **[0115]** En una variante, el vehículo 2 no se ha encontrado con un acontecimiento imprevisto en la intersección I y el dispositivo de acumulación cinética de energía 15 almacena suficiente energía para llegar a la estación S_c respetando el plan de ruta con una energía Ev_c , el ordenador de a bordo 38 ordena la alimentación de los motores de tracción 11 y de los equipos auxiliares 12 por medio del dispositivo de acumulación cinética de energía 15. Esto permite no tener que obtener energía del dispositivo de alimentación por el suelo en la parte de vía
10 R2.

[0116] Cuando el vehículo 2 está en el punto en que abandona la parte de vía 20, equipada con el dispositivo de alimentación por el suelo 19, el conductor recibe una orden por medio de un dispositivo de señalización para ordenar la recogida del medio de captación 22.

15 **[0117]** Como variante, la recogida del medio de captación 22 se realiza automáticamente cuando el vehículo abandona la parte de vía 20.

[0118] Si el vehículo frena en la parte de vía R2, el ordenador de a bordo 38 ordena la carga del dispositivo de acumulación cinética de energía 15 y la alimentación de los equipos auxiliares 12 por medio del dispositivo de alimentación por el suelo 19 y/o de los motores de tracción 11.

[0119] En la parte de vía R3, que está en pendiente ascendente en el sentido de desplazamiento del vehículo 2, el ordenador de a bordo 38 puede ordenar bien la carga del dispositivo de acumulación cinética de energía 15 y la alimentación de los equipos auxiliares 12 y de los motores de tracción 11, o bien la alimentación de los motores de tracción 11 y de los equipos auxiliares 12 sin cargar el dispositivo de acumulación cinética de energía 15.
25

[0120] Las dos estrategias presentan la ventaja respectiva de no descargar el dispositivo de acumulación cinética de energía 15 en un emplazamiento en el que la potencia y la energía consumidas por los motores de tracción 11 son importantes debido a la pendiente ascendente. Además, las dos estrategias presentan las ventajas respectivas de recargar el dispositivo de acumulación cinética de energía 15 y de no extraer una potencia demasiado elevada del dispositivo de alimentación por el suelo 19.
30

[0121] La parte de vía R4 es una zona plana de la vía 5 que en el plan de ruta se define como una zona de aceleración.
35

[0122] En la parte de vía R4, el ordenador de a bordo 38 puede ordenar bien la carga del dispositivo de acumulación cinética de energía 15 y la alimentación de los motores de tracción 11 y de los equipos auxiliares, o bien la alimentación de los motores de tracción 11 y de los equipos auxiliares 12 sin cargar el dispositivo de acumulación cinética de energía 15.
40

[0123] Cuando el vehículo 2 está en una parte de vía equipada 20 con un dispositivo de alimentación por el suelo 19, el ordenador de a bordo 38 puede aplicar varias estrategias de funcionamiento de los equipos del vehículo y de circulación de la energía en el vehículo respetando en todo momento el plan de ruta. Esto presenta la ventaja de mejorar la calidad de la instalación de alimentación en función de las prioridades del operador (obtener una corriente baja del dispositivo de alimentación por el suelo, limitar el tiempo de parada en estación, disponer de un máximo de energía para hacer frente a los acontecimientos imprevistos).
45

[0124] Como variante, cuando el vehículo que circula en un trayecto T_{xy} llega a una parte de vía equipada 20 de un dispositivo de alimentación por el suelo 19, el ordenador de a bordo 38 ordena el descenso del medio de captación 22 únicamente cuando al llegar a la parte de vía equipada 20, la energía contenida en el dispositivo de acumulación cinética en energía 15 es insuficiente para alimentar los motores de tracción 11 y los equipos auxiliares 12 para encaminarse a la estación S_y respetando el plan de ruta determinado por el operador.
50

55 **[0125]** El plan de ruta del vehículo es el siguiente:

- el plan de ruta,
- el tiempo de recorrido t_{xy} de un trayecto T_{xy} está comprendido entre 30 segundos y 120 segundos; y

preferentemente, el tiempo de recorrido es de 60 segundos;

- el tiempo máximo de parada t_{ax} del vehículo en la estación de parada está comprendido entre 15 segundos y 35 segundos; y preferentemente es de 20 segundos;

- el grado de confort para el pasajero se corresponde con una energía comprendida entre 18 kWh cuando no hay 5 aire acondicionado ni calefacción y 132 kWh cuando hay, por ejemplo, aire acondicionado

- los acontecimientos imprevistos a los que debe poder hacer frente dicho vehículo comprenden al menos un acontecimiento que consume una energía comprendida entre 0,3 kWh y 2,2 kWh, que es por ejemplo de la energía consumida por una parada no programada de 1 minuto.

10

REIVINDICACIONES

1. Sistema de transporte ferroviario que comprende un vehículo ferroviario (2) y una instalación de alimentación del vehículo ferroviario (2) que comprende una vía (5) con una sucesión de estaciones de parada (S_x),
5 incluyendo dicho vehículo (2):

- al menos un motor de tracción (11) y al menos un equipo auxiliar (12), y
- un dispositivo de almacenamiento de energía (15) instalado a bordo del vehículo (2), de manera que dicho dispositivo de almacenamiento de energía (15) instalado puede alimentar dicho al menos un motor de tracción (11) y
10 dicho al menos un equipo auxiliar (12),

y siendo capaz de:

- ser alimentado con energía eléctrica, cuando dicho vehículo (2) se encuentra parado en la estación de parada (S_x),
15 y
- circular en la vía (5), en el que la instalación de alimentación comprende un dispositivo de alimentación por el suelo (19) instalado en una parte de la vía (5) entre dos estaciones de parada sucesivas (S_x , S_y), siendo la energía que el dispositivo de almacenamiento de energía (15) puede poner a disposición de dicho al menos un motor de tracción (11) y/o de dicho al menos un equipo auxiliar (12) en un trayecto T_{xy} entre las dos estaciones de parada sucesivas
20 (S_x , S_y) insuficiente para respetar un plan de ruta predefinido, siendo dicho dispositivo de alimentación por el suelo (19) capaz de alimentar al menos dicho dispositivo de almacenamiento de energía (15), o dicho al menos un motor de tracción (11) o dicho al menos un equipo auxiliar (12) cuando dicho vehículo (2) está conectado a dicho dispositivo de alimentación por el suelo (19), y en el que el dispositivo de alimentación por el suelo (19) está segmentado en su dirección longitudinal en segmentos de alimentación (34) separados por segmentos aislantes
25 (36), siendo cada segmento de alimentación por el suelo apto para ser alimentado con energía eléctrica únicamente cuando se encuentra incluido en el suelo de un vehículo (2).

2. Sistema de transporte ferroviario según la reivindicación 1,

30 **caracterizado porque** un plan de ruta define, en un trayecto T_{xy} entre las dos estaciones de parada consecutivas (S_x , S_y):

- un tiempo de recorrido t_{xy} de un trayecto T_{xy}
- un tiempo máximo de parada t_{ax} del vehículo en la estación de parada S_x
- 35 - un grado de confort para el pasajero
- acontecimientos imprevistos que conllevarían un exceso de consumo de energía, a los que debe poder hacer frente dicho vehículo (2).

3. Sistema de transporte ferroviario según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores,
40 **caracterizado porque** el dispositivo de alimentación por el suelo (19) no se extiende en toda la longitud de la vía (5) entre dos estaciones consecutivas (S_x , S_y).

4. Sistema de transporte ferroviario según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores,
45 **caracterizado porque** un dispositivo de alimentación por el suelo (19) está dispuesto en una parte de vía (5) entre dos estaciones consecutivas (S_x , S_y) en la que la energía y/o la potencia que puede ser consumida por dicho al menos un motor de tracción (11) es mayor que en el resto del recorrido.

5. Sistema de transporte ferroviario según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores,
50 **caracterizado porque** un dispositivo de alimentación por el suelo (19) está dispuesto en una parte de vía (5) entre dos estaciones consecutivas (S_x , S_y) en la que la energía y/o la potencia que puede ser consumida por dicho al menos un equipo auxiliar (12) es mayor que en el resto del recorrido.

6. Sistema de transporte ferroviario según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores,
55 **caracterizado porque** un dispositivo de alimentación por el suelo (19) está dispuesto en una parte de vía (5) entre dos estaciones consecutivas (S_x , S_y), estando dicha parte de vía (5) en pendiente ascendente.

7. Sistema de transporte ferroviario según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores,
caracterizado porque un dispositivo de alimentación por el suelo (19) está dispuesto en una parte de vía (5) entre dos estaciones consecutivas (S_x , S_y), siendo dicha parte de vía (5) una zona de aceleración en el plan de ruta.

8. Sistema de transporte ferroviario según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** un dispositivo de alimentación por el suelo (19) está dispuesto en una parte de vía (5) entre dos estaciones consecutivas (S_x ; S_y), siendo dicha parte de vía (5) una zona en la que el vehículo puede encontrarse con un acontecimiento imprevisto que conllevaría un exceso de consumo de energía.
9. Sistema de transporte ferroviario según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** un dispositivo de alimentación por el suelo (19) está dispuesto en una parte de vía (5) entre dos estaciones consecutivas (S_x ; S_y), extendiéndose dicha parte de vía (5) de forma continua en una parte de vía en la que el vehículo puede efectuar una parada seguida de un nuevo arranque y de un aumento de la velocidad.
10. Sistema de transporte ferroviario según una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 9, **caracterizado porque** en el plan de ruta,
- 15 - el tiempo de recorrido t_{xy} de un trayecto T_{xy} está comprendido entre 30 segundos y 120 segundos;
 - el tiempo máximo de parada t_{ax} del vehículo en la estación de parada está comprendido entre 15 segundos y 35 segundos;
 - el grado de confort para el pasajero se corresponde con una energía comprendida entre 18 kWh y 132 kWh,
 - los acontecimientos a los que debe poder hacer frente dicho vehículo comprenden al menos un acontecimiento que consume una energía comprendida entre 0,3 kWh y 2,2 kWh.
11. Sistema de transporte ferroviario según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el vehículo ferroviario comprende un ordenador de a bordo (38) capaz de controlar el funcionamiento de los equipos eléctricos del vehículo (11, 12, 15) en un punto p del trayecto (T_{xy}) entre dos estaciones sucesivas (S_x) y (S_y) y/o el descenso de un medio de captación (22) en función de los parámetros siguientes:
- 25 - el estado de carga de un volante de inercia E_{vp} , es decir, la energía contenida en el dispositivo de almacenamiento de energía (15) en el punto p del trayecto T_{xy}
- 30 - la posición p del vehículo en el trayecto T_{xy}
 - la energía E_{tpy} necesaria para alimentar los motores de tracción (11) y los equipos auxiliares (12) hasta la estación siguiente respetando el plan de ruta,
 - la energía E_{vpy} que el dispositivo de almacenamiento de energía (15) puede poner a disposición de los motores de tracción (11) y de los equipos auxiliares (12) hasta la estación S_y ,
- 35 - la orden del sistema de control de conducción (39),
 - la corriente máxima que el vehículo puede extraer desde el dispositivo de alimentación por el suelo (19).
12. Sistema de transporte ferroviario según la reivindicación anterior, **caracterizado porque** cuando el vehículo está conectado al dispositivo de alimentación por el suelo (19) el ordenador de a bordo (38) es capaz de controlar la alimentación de los equipos eléctricos del vehículo (11, 12, 15) por medio del dispositivo de alimentación por el suelo (19) de manera que:
- 40 - se ayuda al dispositivo de almacenamiento de energía (15) a alimentar los motores de tracción (11) y los equipos auxiliares (12), o
- 45 - se alimenta el dispositivo de almacenamiento de energía (15) así como el motor de tracción (11) y los equipos auxiliares (12), o
 - se alimenta el motor de tracción (11) y los equipos auxiliares (12) únicamente.

Trayecto T _{xy}	I _{xy} (metros)	Pxy (‰)	t _{xy} (segundos)	E _{a_{xy}} (kWh)	E _{s_{xy}} (kWh)	E _{m_{xy}} (kWh)	E _{t_{xy}} (kWh)	E _{b_{xy}} (kWh)	E _{f_{xy}} (kWh)	E _{r_{xy}} (kWh)
Tab	750	37,1	84	1,40	2,2	6,33	9,93	7,73	0,42	9,51
Tbc	1089	-13,2	99	1,65	2,2	3,04	6,89	4,69	2,26	4,63
Tcd	836	-5,8	101,5	1,69	2,2	2,19	6,08	3,88	0,69	5,39
Tde	475	-3,0	54	0,90	2,2	1,31	4,41	2,21	0,60	3,81
Tef	912	-3,8	96,5	1,61	2,2	2,20	6,01	3,81	0,96	5,05
Tfg	500	-10,7	57	0,95	2,2	1,39	4,54	2,34	1,01	3,53
Tgh	532	-14,2	58,5	0,98	2,2	0,92	4,10	1,90	0,69	3,41
Thi	416	-10,4	48	0,80	2,2	0,77	3,77	1,57	0,56	3,21
Tij	888	7,8	121,5	2,03	2,2	4,02	8,25	6,05	1,04	7,21
Tjk	423	7,7	58	0,97	2,2	2,08	5,25	3,05	0,37	4,88

Tabla A

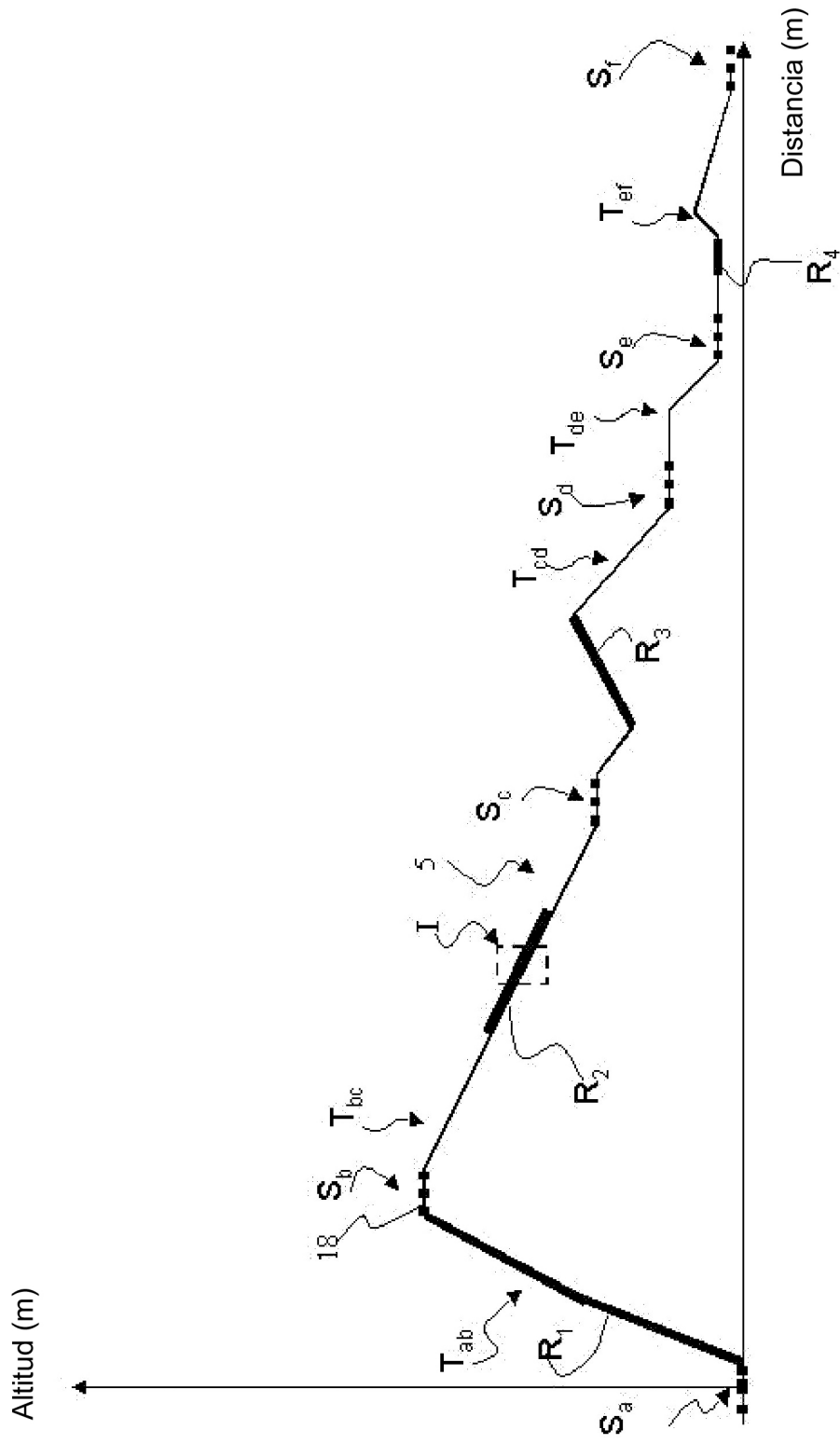


FIG 1

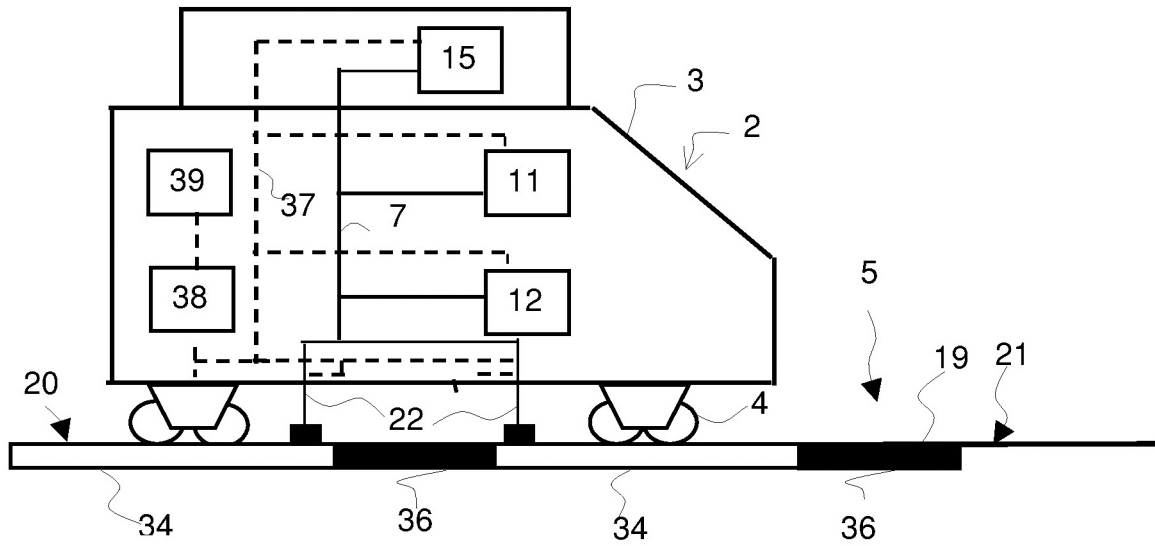


FIG 2