

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 835 259**

51 Int. Cl.:

B61D 17/02

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.09.2013** **E 13185797 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.09.2020** **EP 2851257**

54 Título: **Vehículo con cabeza de vehículo optimizada aerodinámicamente**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
22.06.2021

73 Titular/es:

**BOMBARDIER TRANSPORTATION GMBH
(100.0%)
Eichhornstraße 3
10785 Berlin, DE**

72 Inventor/es:

**TIETZE, ANDREAS;
ORELLANO, ALEXANDER;
SCHOBBER, MARTIN;
GENCASLAN, UMUT;
GARSKE, GERO;
STEILEN, STEFAN;
CASPARI, MARCO y
BROGAN, MICHAEL**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 835 259 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

Vehículo con cabeza de vehículo optimizada aerodinámicamente

Antecedentes de la invención

La invención se refiere a un vehículo, en particular, un vehículo ferroviario, para un funcionamiento bidireccional a una velocidad de desplazamiento nominal, en particular, por encima de 160 km/h hasta 200 km/h, en una respectiva dirección de desplazamiento que comprende al menos un módulo de vehículo con una carrocería de vagón que está soportada sobre un tren de rodaje configurado para circular por una vía que define un nivel de vía. El módulo del vehículo define una dirección longitudinal, una dirección transversal y una dirección de altura. La carrocería del vagón tiene un revestimiento exterior que define una sección de carrocería generalmente prismática y una sección de cabeza no prismática ubicada en uno de sus extremos. El módulo del vehículo, en una transición entre la sección de carrocería y la sección de cabeza, tiene una dimensión de altura del vehículo máxima por encima del nivel de vía en la dirección de altura. La carrocería del vagón, en la sección de cabeza, tiene una sección de separación de flujo que comprende un dispositivo de separación de flujo, en particular, un borde de separación de flujo, estando el dispositivo de separación de flujo, en particular, el borde de separación de flujo, en una zona transversalmente central de la carrocería del vagón y al menos en un estado activado, ubicado a una altura de separación de flujo en la dirección de altura del vehículo. El dispositivo de separación de flujo proporciona una separación continua de un flujo de aire desde el revestimiento exterior de la carrocería del vagón cuando el módulo del vehículo circula a la velocidad de desplazamiento con la sección de cabeza formando un extremo posterior del módulo del vehículo. La invención se refiere además a un método de funcionamiento de dicho vehículo.

Las carrocerías de vagón de vehículos, en particular, vehículos ferroviarios, que se desplazan (en condiciones de funcionamiento normales) a velocidades relativamente altas en ambas direcciones, por lo general están optimizados aerodinámicamente en términos de minimizar la resistencia al flujo o aerodinámica del vehículo. Para tal fin, habitualmente, las secciones de cabeza (de forma exterior por lo general sustancialmente idéntica) en ambos extremos del vehículo tienen un revestimiento exterior liso y continuamente curvado que genera la menor resistencia posible en condiciones de funcionamiento normales. Este diseño regularmente curvado se debe principalmente al hecho de que la sección de cabeza, cuando se encuentra en el extremo anterior del vehículo, generará la menor resistencia posible.

Sin embargo, cuando dicha sección de cabeza optimizada aerodinámicamente para el funcionamiento del extremo anterior se encuentra en el extremo posterior del vehículo, surgen varios problemas aerodinámicos (en particular, con vehículos ferroviarios que tienen una sección transversal de la carrocería del vagón relativamente grande en un plano perpendicular a su dirección longitudinal).

Uno de estos problemas radica en el hecho de que se puede desarrollar un patrón de separación de flujo periódicamente alterno (similar a la denominada calle de vórtice Karman) a ambos lados del extremo posterior del vehículo, ocasionando una importante excitación de vibración del vehículo y, en consecuencia, problemas de inestabilidad en la circulación. Con el fin de evitar estos problemas de inestabilidad en la circulación, se ha sugerido en los documentos DE 199 12 144 C1 y JP 01074160 A (cuya descripción completa se incorpora en la presente memoria por referencia) proporcionar un dispositivo de separación de flujo activable selectivamente en la región de la sección de cabeza. Este dispositivo de separación de flujo, en la dirección de altura del vehículo, se extiende al menos sobre la mayor parte de la respectiva superficie lateral del revestimiento exterior así como también sobre la parte del techo del revestimiento exterior para tener un gran impacto en el comportamiento de separación de flujo en la sección de cabeza.

Cuando se encuentra en el extremo anterior del vehículo, este dispositivo de separación de flujo está en un estado retraído y, en consecuencia, es aerodinámicamente ineficaz para evitar cualquier aumento en la resistencia de la sección de cabeza del extremo anterior del vehículo. Sin embargo, cuando se encuentra en el extremo posterior del vehículo, este dispositivo de separación de flujo está en un estado extendido proporcionando un borde de separación de flujo pronunciado y, en consecuencia, aerodinámicamente eficaz para proporcionar un comportamiento de separación de flujo mejorado evitando la excitación de vibración anterior.

Aunque este dispositivo de separación de flujo proporciona una mejora en lo que respecta a la reducción de la excitación de la vibración, tiene el inconveniente de que, por un lado, es un componente bastante grande que requiere un esfuerzo de construcción considerable para garantizar un funcionamiento correcto. Por otro lado, es posible que una solución de este tipo no evite otros problemas aerodinámicos que se indicarán a continuación.

Uno de estos otros problemas aerodinámicos radica en el hecho de que vehículos grandes, tales como vehículos ferroviarios, que circulan a altas velocidades suelen provocar importantes fluctuaciones de presión de aire y, en consecuencia, fluye corriente de aire justo al lado del vehículo (en lo sucesivo, también denominada "rebufo"). Estas fluctuaciones de la presión del aire y estos efectos del rebufo generan en última instancia cargas repentinas (en lo sucesivo, también denominadas "cargas aerodinámicas en la vía") sobre personas u objetos presentes en los alrededores de la vía utilizada por el vehículo (p. ej., pasajeros esperando en el andén de una estación de tren, trabajadores de la vía, componentes de la infraestructura, etc.). Dependiendo de la velocidad y las propiedades aerodinámicas del vehículo, así como de la posición de la persona o el objeto en relación con la vía, estas cargas

aerodinámicas en la vía inducidas por el rebufo pueden tener una fuerza significativa que puede ocasionar (inmediatamente o con el tiempo) daños a las estructuras de la vía o una desestabilización (finalmente peligrosa) de las personas.

Dado que dichas cargas aerodinámicas en la vía inducidas por el rebufo sobre las personas o los objetos en las proximidades de la vía constituyen una cuestión relevante para la seguridad, habitualmente, su limitación es el objeto de las correspondientes normas de seguridad establecidas por el operador de la infraestructura de transporte, instituciones gubernamentales, nacionales o multinacionales, etc. Por ejemplo, en Europa, se ha creado la denominada "Especificación técnica de interoperabilidad" (ETI) para el ámbito del tráfico ferroviario que define, entre otras cosas, límites máximos para las velocidades de flujo o las cargas que se experimentarán en posiciones definidas de la vía (es decir, posiciones relativas definidas con respecto a la vía utilizada por un vehículo ferroviario que pasa). Por ejemplo, esta ETI define límites máximos para un punto de la vía ubicado a 3 m lateralmente desde el centro de la vía y 0,2 m por encima del nivel de la vía (escenario de trabajador de la vía) o entre 1,2 m y 1,44 m por encima del nivel de la vía (escenario de persona en el andén).

El paso de un vehículo ferroviario se puede dividir en varias fases, una fase de encuentro, una fase de paso y una fase de estela. La posición del vehículo (respecto a una determinada ubicación en la vía) y, en consecuencia, el momento en el que se producen las cargas aerodinámicas más fuertes en la vía depende en gran medida del tipo de vehículo que pasa. Los trenes de mercancías suelen mostrar las máximas cargas aerodinámicas en la vía en la región límite lateral del tren, mientras que los trenes de pasajeros lisos suelen mostrar estas máximas cargas aerodinámicas en la vía en la región de estela tras el paso de la cola. Si bien la intensidad del flujo en el rebufo depende en gran medida de una serie de condiciones limítrofes diferentes (tales como la velocidad del tren o el viento cruzado), uno de los factores más importantes relacionados con el diseño del vehículo es la forma de su cola que define el patrón de flujo que se desarrolla en la estela.

Muchos diseños modernos de vehículos ferroviarios de media y alta velocidad (similares a los descritos en los documentos DE 199 12 144 C1 y JP 01074160 A) muestran un comportamiento de rebufo donde se desarrollan dos vórtices de estela longitudinales adyacentes lateralmente pronunciados en el extremo posterior del vehículo. Estos vórtices de estela tienen sentidos de rotación opuestos de manera que cada uno de los vórtices de estela longitudinales muestra un patrón de flujo que, en un plano vertical central de la vía, tiene un fuerte componente de velocidad de flujo dirigido verticalmente hacia abajo (es decir, hacia la vía) y, abajo a nivel de vía, tiene un fuerte componente de velocidad de flujo dirigido lateralmente hacia fuera. Dependiendo de la velocidad del vehículo, estos vórtices de estela pronunciados ocasionan importantes velocidades de flujo y, en consecuencia, cargas aerodinámicas en la vía inaceptablemente altas sobre personas u objetos en posiciones en la vía. Asimismo, estos vórtices de estela pronunciados generan una importante resistencia y, en consecuencia, un comportamiento aerodinámicamente desfavorable del vehículo también en este sentido.

Aunque los dispositivos de separación de flujo activos descritos en los documentos DE 199 12 144 C1 y JP 01074160 A pueden, finalmente, ayudar a reducir la extensión de estos vórtices de estela longitudinal, presentan la desventaja de que, por un lado, debido a su diseño activo, son de diseño relativamente complejo, lo cual aumenta el coste total del vehículo. Por otro lado, si se diseñan como un componente pasivo de eficacia permanente desde un punto de vista aerodinámico, estos dispositivos de separación de flujo comparativamente grandes inducen una importante resistencia cuando se encuentran en el extremo anterior del vehículo. Dicho de otro modo, dicha variante pasiva ocasionaría un patrón de flujo en el extremo anterior que es económicamente desfavorable para vehículos destinados a un funcionamiento bidireccional.

Con el fin de superar las desventajas anteriores, la patente europea EP 2 246 233 A1 (cuya descripción completa se incorpora en la presente memoria por referencia) describe un vehículo ferroviario genérico, en donde se proporciona una etapa de separación de flujo que forma un borde de separación de flujo pronunciado en la zona del techo de la sección de cabeza del vehículo por encima de la ventana frontal del vehículo. Dicha etapa de separación de flujo, en particular en el contexto de vehículos de dos pisos, proporciona una separación continua del flujo de aire desde el revestimiento exterior del vehículo cuando se encuentra en el extremo posterior del vehículo, y reduce al menos en cierta medida la formación de vórtices de estela longitudinales pronunciados, generando al mismo tiempo una modificación de la distribución de la presión estática sobre el revestimiento exterior de la sección del extremo posterior ocasionando una resistencia reducida y cargas aerodinámicas en la vía reducidas.

Una solución de este tipo con una etapa de separación de flujo puede proporcionar efectos beneficiosos, especialmente en vehículos de dos pisos comparativamente altos con secciones de cabeza comparativamente cortas (es decir, con vehículos que tienen una relación entre la longitud de cabeza HL y la altura de cabeza HH habitualmente muy por debajo de 1, es decir, $HL/HH < 1$). En todo caso, en vehículos con secciones de cabeza del vehículo largas y comparativamente delgadas (con una relación entre la longitud de cabeza HL y la altura de cabeza HH de $HL/HH \geq 1$), al utilizarse habitualmente en aplicaciones de alta velocidad, sigue habiendo una necesidad continua de reducir la resistencia aerodinámica para reducir el coste operativo del vehículo.

Compendio de la invención

De este modo, un objeto de la presente invención es reducir al menos las desventajas indicadas anteriormente, en particular, para influir de manera beneficiosa en el patrón de flujo que se desarrolla en una sección de cabeza de un vehículo para el funcionamiento bidireccional a altas velocidades de desplazamiento proporcionando una baja resistencia total del vehículo.

La presente invención consigue este objeto partiendo de un vehículo ferroviario según el preámbulo de la reivindicación 1 gracias a las características de la parte caracterizante de la reivindicación 1.

La presente invención está basada en la enseñanza técnica de que se puede conseguir una reducción en la resistencia total de un vehículo para el funcionamiento bidireccional a velocidades relativamente altas (por encima de entre 160 km/h y 200 km/h) de una manera sencilla y rentable si se proporciona un dispositivo de separación de flujo en una parte inferior, pero aún orientada hacia arriba, de la sección de cabeza ahusada lateralmente del vehículo. Este dispositivo de separación de flujo está ubicado en la mitad inferior del vehículo, en una parte orientada hacia arriba de la sección de cabeza y, de este modo, está ubicado (en la dirección de altura del vehículo) solo sobre una determinada fracción del vehículo que está limitada a la parte que sigue orientada hacia arriba del 50% al 65% inferior de la dimensión de altura del vehículo.

Para obtener la separación bien definida y continua deseada de una fracción superior del flujo de aire desde el revestimiento exterior, el dispositivo de separación de flujo debe generar una situación donde, en una ubicación de separación suficientemente bien definida, un cambio en el curso del revestimiento exterior de la sección de cabeza sea suficientemente rápido, marcado y pronunciado para que el flujo ya no pueda seguir este cambio en el curso del revestimiento exterior y se separe de una manera definida del revestimiento exterior. Para conseguir esto, el dispositivo de separación de flujo, al menos en el estado activado, define una sección de separación de flujo generalmente cóncava del revestimiento exterior. Dicha sección generalmente cóncava del revestimiento exterior, permite imponer de manera sencilla y eficiente una dirección adecuada sobre el flujo y generar dicho cambio suficientemente rápido y pronunciado en el curso del revestimiento exterior (habitual y generalmente convexo) en la zona cercana al extremo libre de la sección de cabeza. De manera más particular, se ha observado que, especialmente con vehículos que tienen secciones de cabeza del vehículo largas y comparativamente delgadas ($HL/HH \geq 1$), al utilizarse habitualmente en aplicaciones de alta velocidad, dicho dispositivo de separación de flujo (cuando se encuentra en el extremo posterior del vehículo) sigue proporcionando una separación continua y definida de la fracción superior del flujo de aire (que fluye a lo largo de la zona del techo del vehículo) desde el revestimiento exterior del vehículo, a pesar de su ubicación bastante baja, lo cual por un lado reduce al menos o incluso evita la formación de vórtices de estela longitudinales pronunciados y genera una modificación de la distribución de la presión estática sobre el revestimiento exterior de la sección del extremo posterior ocasionando una resistencia reducida y cargas aerodinámicas en la vía reducidas.

Más precisamente, se ha observado que la separación de flujo continua en esta fracción inferior del extremo posterior del vehículo (parte posterior del dispositivo de separación de flujo) genera un aumento en la presión estática en el flujo de aire que pasa por la parte superior o parte de techo del revestimiento exterior, lo cual reduce las diferencias en la distribución de la presión estática (en lo sucesivo, también denominadas diferencias de distribución de la presión estática) con respecto a las partes del flujo de aire que pasan por las partes laterales inferiores del revestimiento exterior.

Esta modificación en la distribución de la presión estática va junto con un patrón de separación de flujo que se desarrolla en el extremo posterior del vehículo que es completamente diferente a los vórtices de estela longitudinales pronunciados producidos con diseños de sección de cabeza convencionales. Este patrón de separación de flujo está caracterizado por una "burbuja de estela" relativamente estable que se arrastra junto con el vehículo y muestra un flujo micro-turbulento bastante tranquilo dentro de la burbuja de estela. La superficie exterior de la burbuja de estela "continúa" sustancialmente el revestimiento exterior del vehículo bajo una reducción continua de la sección transversal de la burbuja de estela (en un plano perpendicular a la dirección longitudinal del vehículo) de modo que se consigue una "reunificación" regular de las partes del flujo de aire que pasan por diferentes partes de la superficie del vehículo (tales como la parte del techo y las partes laterales). Se apreciará que este patrón de flujo de burbuja de estela provoca considerablemente menos resistencia y considerablemente menos cargas aerodinámicas en la vía que los vórtices de estela longitudinales de los diseños de cabeza del vehículo convencionales.

Se apreciará en este contexto que la tendencia a generar dichos vórtices de estela longitudinales pronunciados depende del grado de la denominada cola de barco de la sección de cabeza del vehículo. La expresión "cola de barco" designa aquí un diseño con una curvatura pronunciada hacia dentro de las partes laterales de la superficie exterior hacia el extremo posterior del vehículo. En consecuencia, la extensión del dispositivo de separación de flujo o la fracción del flujo de aire que pasa por este dispositivo de separación de flujo, respectivamente, puede ser menor cuanto mayor sea el grado de la cola de barco seleccionado.

Además, en comparación con el diseño conocido con la etapa de separación de flujo en la zona del techo (es decir, el 30% superior de la dimensión de altura del vehículo), dicho diseño tiene la gran ventaja de que la fracción superior del flujo de aire (que fluye a lo largo de la zona del techo del vehículo) permanece aún unida al revestimiento exterior sobre al menos entre el 40% y el 50% superior de la sección de cabeza, de manera que experimenta una

desaceleración continua sobre estos al menos entre el 40% y el 50% superiores de la altura del vehículo. Esta desaceleración continua de la fracción superior del flujo de aire todavía unida al revestimiento exterior ocasiona un aumento continuo de la presión estática en el flujo que da lugar a una fuerza resultante longitudinal que actúa sobre el revestimiento exterior del vehículo en la dirección de desplazamiento. Este efecto se suele denominar efecto de recuperación de presión y reduce de manera beneficiosa la resistencia aerodinámica total del vehículo. Esto es de aplicación particularmente en comparación con los vehículos con una separación de flujo definida temprana en la zona del techo, donde este efecto de recuperación de presión, debido a la separación temprana del revestimiento exterior, solo puede desarrollarse en menor medida.

Asimismo, el dispositivo de separación de flujo puede ser de un tamaño comparativamente pequeño. Por lo tanto, el dispositivo de separación de flujo, cuando se encuentra en el extremo anterior del vehículo, solo genera (como mucho) un aumento comparativamente moderado en la resistencia del vehículo. Este aumento en la resistencia en el extremo anterior se ve compensado en gran medida por la reducción de la resistencia proporcionada por el dispositivo de separación de flujo (finalmente diseñado de forma idéntica) ubicado en el extremo posterior del vehículo. De este modo, en conjunto, puede conseguirse una reducción considerable de la resistencia total del vehículo. Esta situación también permite diseñar el dispositivo de separación de flujo como un dispositivo pasivo de eficacia permanente desde un punto de vista aerodinámico que reduce considerablemente la complejidad y, en consecuencia, los costes de dicha solución.

Se apreciará, sin embargo, que, con determinadas realizaciones de la invención, se puede seleccionar una solución activa, en donde el dispositivo de separación de flujo solo sea aerodinámicamente eficaz en el estado activado. Esto permite aprovechar al máximo la reducción de la resistencia aerodinámica cuando el dispositivo de separación de flujo está activado y ubicado en el extremo posterior del vehículo, mientras el dispositivo de separación de flujo ubicado en el extremo anterior del vehículo está desactivado.

De este modo, según un aspecto de la invención, se proporciona un vehículo, en particular, un vehículo ferroviario, para un funcionamiento bidireccional a una velocidad de desplazamiento nominal superior a 160 km/h, en particular, superior a 200 km/h, en una respectiva dirección de desplazamiento que comprende al menos un módulo de vehículo con una carrocería de vagón que está soportada sobre un tren de rodaje configurado para circular por una vía que define un nivel de vía, definiendo el módulo del vehículo una dirección longitudinal, una dirección transversal y una dirección de altura. La carrocería del vagón tiene un revestimiento exterior que define una sección de carrocería generalmente prismática y una sección de cabeza no prismática ubicada en uno de sus extremos, teniendo el módulo del vehículo, en una transición entre la sección de carrocería y la sección de cabeza, una dimensión de altura del vehículo máxima por encima del nivel de la vía en la dirección de altura. La carrocería del vagón, en la sección de cabeza, tiene una sección de separación de flujo que comprende un dispositivo de separación de flujo, en particular, un borde de separación de flujo, estando el dispositivo de separación de flujo, en particular, el borde de separación de flujo, en una zona transversalmente central de la carrocería del vagón y al menos en un estado activado, ubicado a una altura de separación de flujo en la dirección de altura del vehículo. El dispositivo de separación de flujo proporciona una separación continua de un flujo de aire desde el revestimiento exterior de la carrocería del vagón cuando el módulo del vehículo circula a la velocidad de desplazamiento con la sección de cabeza formando un extremo posterior del módulo del vehículo. El dispositivo de separación de flujo, al menos en el estado activado, define una sección de separación de flujo generalmente cóncava del revestimiento exterior, variando la altura de separación de flujo hasta entre el 50% y el 65% de la dimensión de altura del vehículo, preferiblemente entre el 25% y el 50% de la dimensión de altura del vehículo, más preferiblemente entre el 30% y el 46% de la dimensión de altura del vehículo, más preferiblemente incluso entre el 33% y el 39% de la dimensión de altura del vehículo.

Se apreciará que la altura de separación de flujo se selecciona habitualmente en función de la forma y/o las dimensiones generales de la sección de cabeza, así como el diseño específico del dispositivo de separación de flujo. Con realizaciones preferidas de la invención, la altura de separación de flujo varía hasta 2500 mm, preferiblemente entre 900 mm y 1850 mm, más preferiblemente entre 1150 mm y 1650 mm, más preferiblemente incluso entre 1275 mm y 1750 mm.

Con realizaciones preferidas de la invención, el dispositivo de separación de flujo está diseñado como un dispositivo pasivo de eficacia permanente. En estos casos, la altura de separación de flujo varía preferiblemente entre 1100 mm y 1700 mm, preferiblemente entre 1200 mm y 1500 mm, más preferiblemente entre 1300 mm y 1400 mm, o.

Con otras realizaciones de la invención, el dispositivo de separación de flujo puede diseñarse como un dispositivo activable selectivamente, en particular, un dispositivo generalmente en forma de placa. En estos casos, preferiblemente, la altura de separación de flujo varía entre 900 mm y 2500 mm, preferiblemente entre 1300 mm y 1900 mm, más preferiblemente entre 1600 mm y 1750 mm.

Se apreciará que la ubicación del dispositivo de separación de flujo en la dirección de altura y la dirección longitudinal depende de la geometría real de la sección de cabeza, en particular, la curvatura e inclinación del revestimiento exterior de la sección de morro. Preferiblemente, el dispositivo de separación de flujo está ubicado comparativamente bajo y/o comparativamente cerca del extremo libre de la sección de cabeza para mantener la fracción de techo del flujo de aire unida al revestimiento exterior hasta un punto óptimo para aprovechar al máximo el efecto de recuperación de presión. En este contexto, cabe señalar que esto no significa necesariamente que el flujo de aire deba permanecer unido al

revestimiento exterior todo el tiempo posible, ya que, en algún punto (debido a la forma cada vez más ahusada del morro del vehículo), la tendencia del flujo a separarse inesperadamente del revestimiento exterior aumenta considerablemente, de manera que el dispositivo de separación de flujo pierde su eficacia para prevenir los vórtices de estela. Por lo tanto, con la presente invención, se ha establecido una zona óptima para la ubicación del dispositivo de separación de flujo, tanto en la dirección de altura como en la dirección longitudinal.

Habitualmente, el dispositivo de separación de flujo, en particular, el borde de separación de flujo, en un plano longitudinal central perpendicular a la dirección transversal, tiene una distancia de morro en la dirección longitudinal desde un extremo libre de la sección de cabeza, y la sección de cabeza tiene una longitud máxima en la dirección longitudinal.

Con determinadas realizaciones preferidas de la invención, la distancia del morro varía entre 0 mm y 600 mm, preferiblemente entre 30 mm y 350 mm, más preferiblemente entre 50 mm y 200 mm. En el caso en que el dispositivo de separación de flujo es un dispositivo pasivo de eficacia permanente, la distancia del punto de inflexión varía preferiblemente entre 0 mm y 400 mm, preferiblemente entre 75 mm y 250 mm, más preferiblemente entre 90 mm y 200 mm. En los casos en que el dispositivo de separación de flujo es un dispositivo activable selectivamente, en particular, un dispositivo generalmente en forma de placa, y la distancia del punto de inflexión varía preferiblemente entre 0 mm y 600 mm, preferiblemente entre 20 mm y 350 mm, más preferiblemente entre 40 mm y 200 mm;

De manera adicional o alternativa, dependiendo del diseño específico del vehículo, la distancia del morro varía preferiblemente entre el 0% y el 11%, preferiblemente entre el 0% y el 6%, más preferiblemente entre el 1,0% y el 3,5%, de la longitud máxima. Más específicamente, en los casos en que el dispositivo de separación de flujo es un dispositivo pasivo de eficacia permanente, la distancia del morro varía preferiblemente entre el 0% y el 7%, preferiblemente entre el 1% y el 4,5%, más preferiblemente entre el 1,5% y el 3,5%, de la longitud máxima. En los casos en que el dispositivo de separación de flujo es un dispositivo activable selectivamente, en particular, un dispositivo generalmente en forma de placa, la distancia del morro varía preferiblemente entre el 0% y el 12%, preferiblemente entre el 0% y el 6%, más preferiblemente entre el 0,5% y el 3,5% de la longitud máxima.

Se apreciará que el dispositivo de separación de flujo puede tener cualquier diseño adecuado para conseguir la influencia beneficiosa deseada sobre el patrón de flujo en el extremo anterior y el extremo posterior, como se ha indicado anteriormente. En particular, el dispositivo de separación de flujo puede ser un componente plano o curvado arbitrariamente, que proporcione el patrón de flujo deseado, en particular, el patrón de flujo de burbuja de estela indicado anteriormente.

Habitualmente, sobre todo en vehículos ferroviarios de alta velocidad con secciones de cabeza delgadas y alargadas ($HL/HH \geq 1$), una parte de avance del revestimiento exterior ubicada en un lado del dispositivo de separación de flujo orientada lejos de un extremo libre de la sección de cabeza, en un plano longitudinal central perpendicular a dicha dirección transversal, impone una dirección de flujo sobre el flujo de aire en la parte de avance del dispositivo de separación de flujo, que está inclinada con respecto a la dirección longitudinal (abajo hacia la vía) lo está entre 20° y 60°, preferiblemente entre 30° y 50°, más preferiblemente entre 35° y 45°. Asimismo, preferiblemente, el dispositivo de separación de flujo, al menos en el estado activado, comprende una primera sección de rampa ubicada adyacente al borde de separación de flujo en un lado del borde de separación de flujo orientado lejos de un extremo libre de la sección de cabeza.

Con determinadas realizaciones preferidas de la invención, la primera sección de rampa, en un plano longitudinal central perpendicular a la dirección transversal, tiene un punto de partida tangente en el revestimiento exterior ubicado a una distancia de 150 mm del borde de separación de flujo. La primera sección de rampa define una primera dirección tangencial que comienza en el punto de partida tangente, siendo tangente al borde de separación de flujo y apuntando hacia un extremo libre de la sección de cabeza. La primera dirección tangencial está preferiblemente inclinada con respecto a la dirección longitudinal en un primer ángulo de inclinación, variando el primer ángulo de inclinación entre -25° y +25°, preferiblemente entre -15° y +20°, más preferiblemente entre 0° y +15°, siendo un valor positivo del primer ángulo de inclinación representativo de la primera dirección tangencial que tiene un componente hacia la vía. De esta manera, se consigue una configuración, donde se puede generar el cambio marcado, rápido y pronunciado en el curso del revestimiento exterior, como se ha indicado anteriormente, en el borde de separación de flujo, para que el flujo ya no pueda seguir este cambio en el curso del revestimiento exterior y se separe de una manera definida del revestimiento exterior.

Con determinadas realizaciones preferidas, el revestimiento exterior define una primera superficie media de la primera sección de rampa y la primera superficie media, en un plano longitudinal central perpendicular a la dirección transversal, en su transición al borde de separación de flujo, define una segunda dirección tangencial que apunta hacia un extremo libre de la sección de cabeza. La segunda dirección tangencial está inclinada con respecto a la dirección longitudinal en un segundo ángulo de inclinación, variando el segundo ángulo de inclinación preferiblemente entre -25° y +25°, preferiblemente entre -10° y +15°, más preferiblemente entre -5° y +10°, siendo un valor positivo del primer ángulo de inclinación representativo de la segunda dirección tangencial que tiene un componente hacia la vía. De esta manera, también, se consigue una configuración, donde se puede generar el cambio marcado, rápido y pronunciado en el curso del revestimiento exterior, como se ha indicado anteriormente, en el borde de separación de flujo, para que el flujo ya no pueda seguir este cambio en el curso del revestimiento exterior y se separe de una manera definida

del revestimiento exterior.

Se apreciará en este contexto que la superficie media suele designar una superficie regularmente curvada (finalmente, puramente virtual) donde se minimiza la suma de las distancias entre los puntos de superficie del revestimiento exterior y los puntos de superficie de la superficie media (a lo largo de la respectiva superficie normal de la superficie media), suele ser sustancialmente cero. Dicho de otro modo, la superficie media es una superficie que describe la forma general de la sección de rampa ignorando irregularidades de superficie locales o similares que tienen una geometría u otra configuración que es demasiado pequeña para provocar un impacto continuo notable en el flujo en esta zona.

Con otras realizaciones preferidas de la invención, la primera sección de rampa, en un plano longitudinal central perpendicular a la dirección transversal, está configurada para imponer, en el borde de separación de flujo, una primera dirección de flujo sobre un primer flujo de aire que fluye, a la velocidad operativa nominal, a lo largo del revestimiento exterior en una dirección paralela al plano longitudinal central hacia el extremo libre. La primera dirección de flujo está inclinada con respecto a la dirección longitudinal en un tercer ángulo de inclinación, variando el tercer ángulo de inclinación preferiblemente entre -25° y $+25^\circ$, preferiblemente entre -15° y $+20^\circ$, más preferiblemente entre 0° y $+15^\circ$, siendo un valor positivo del tercer ángulo de inclinación representativo del primer flujo de aire que tiene un componente de flujo hacia la vía. De esta manera, también, se consigue una configuración, donde se puede generar el cambio marcado, rápido y pronunciado en el curso del revestimiento exterior, como se ha indicado anteriormente, en el borde de separación de flujo, para que el flujo ya no pueda seguir este cambio en el curso del revestimiento exterior y se separe de una manera definida del revestimiento exterior.

Se apreciará que el respectivo ángulo de inclinación como se ha indicado anteriormente, habitualmente, depende de la forma general de la sección de cabeza en la zona del dispositivo de separación de flujo, en particular, en la parte de avance de la dirección de flujo de avance resultante, así como el diseño del propio dispositivo de separación de flujo para conseguir la separación de flujo continua deseada en el borde de separación de flujo. Más precisamente, preferiblemente, la sección de separación de flujo cóncava está configurada (en particular, de tamaño suficiente y/o forma suficientemente pronunciada) para que una parte suficientemente grande de la capa límite del flujo de aire experimente un cambio de dirección notable (en comparación con la dirección del flujo de avance), que, al pasar la zona del borde de separación de flujo con su cambio marcado y pronunciado en el curso del revestimiento exterior, evita que el flujo pueda seguir el curso del revestimiento exterior y se separe continuamente del revestimiento exterior. Dicho de otro modo, básicamente, la sección de rampa de la sección de separación de flujo cóncava está configurada preferiblemente para imponer una dirección de flujo sobre el flujo catapultando el flujo lejos del revestimiento exterior en el borde de separación de flujo.

Además, el respectivo ángulo de inclinación se selecciona preferiblemente en función del principio básico de funcionamiento del dispositivo de separación de flujo. Más específicamente, en caso de que el dispositivo de separación de flujo sea un componente pasivo y, por tanto, habitualmente de eficacia permanente desde un punto de vista aerodinámico, estos ángulos se seleccionan de manera que en el funcionamiento inverso (es decir, el funcionamiento con el dispositivo de separación de flujo, que se encuentra en el extremo anterior del vehículo), se minimiza un aumento en la resistencia aerodinámica causada por el dispositivo de separación de flujo.

Se apreciará en este contexto que, finalmente, en dicho funcionamiento con una dirección de desplazamiento invertida, también puede producirse una separación temporal del flujo del revestimiento exterior. En la medida en que la separación de flujo (en el extremo anterior del vehículo) no sea continua, es decir, en la medida en que el flujo se vuelva a unir con suficiente rapidez al revestimiento exterior para mantener el aumento de la resistencia aerodinámica lo más bajo posible. Se apreciará además que la colocación del dispositivo de separación de flujo en la mitad inferior del vehículo es particularmente beneficiosa en este contexto, dado que dicha separación del flujo en un punto muy temprano cerca del extremo anterior del vehículo garantiza que las condiciones generales del flujo proporcionan una cantidad suficientemente alta de energía al flujo separado localmente favoreciendo una rápida nueva unión al revestimiento exterior.

Por lo tanto, preferiblemente, en los casos en que el dispositivo de separación de flujo es un dispositivo pasivo de eficacia permanente, el primer ángulo de inclinación y/o el tercer ángulo de inclinación varía entre -5° y $+25^\circ$, preferiblemente entre 0° y $+20^\circ$, más preferiblemente entre $+1^\circ$ y $+15^\circ$. De manera adicional o alternativa en estos casos, el segundo ángulo de inclinación varía entre -5° y $+15^\circ$, preferiblemente entre 0° y $+10^\circ$, más preferiblemente entre $+1^\circ$ y $+5^\circ$.

En los casos en que el dispositivo de separación de flujo es un dispositivo activable selectivamente, en particular, un dispositivo generalmente en forma de placa, el primer ángulo de inclinación y/o el segundo ángulo de inclinación y/o el tercer ángulo de inclinación varían preferiblemente entre -30° y $+20^\circ$, preferiblemente entre -20° y $+15^\circ$, más preferiblemente entre -10° y $+10^\circ$. Se apreciará que, en este caso, la separación temporal del flujo en el extremo anterior del vehículo puede evitarse por completo mediante la simple desactivación del dispositivo de separación de flujo.

Se apreciará que el dispositivo de separación de flujo puede tener cualquier forma deseada, definiendo el borde de separación de flujo como se ha indicado anteriormente. Con determinadas realizaciones preferidas de la invención, el dispositivo de separación de flujo comprende una segunda sección de rampa ubicada adyacente al borde de

separación de flujo en un lado del borde de separación de flujo orientado hacia el extremo libre de la sección de cabeza. Preferiblemente, el revestimiento exterior define una segunda superficie media de la segunda sección de rampa y definiendo la segunda superficie media, en el plano longitudinal central, en su transición al borde de separación de flujo, una tercera dirección tangencial que apunta lejos del extremo libre de la sección de cabeza, estando la tercera dirección tangencial, en un sector orientado en la dirección de altura, inclinada con respecto a la primera dirección tangencial entre 60° y 160°, preferiblemente entre 90° y 150°, más preferiblemente entre 110° y 140°.

De manera adicional o alternativa, la segunda sección de rampa, en el plano longitudinal central, está configurada para imponer, en el borde de separación de flujo, una segunda dirección de flujo hacia un segundo flujo de aire que fluye, a la velocidad operativa nominal, a lo largo del revestimiento exterior en una dirección paralela al plano longitudinal central lejos del extremo libre de la sección de cabeza, estando la segunda dirección de flujo, en un sector orientado en la dirección de altura, inclinada con respecto a la primera dirección de flujo entre 60° y 160°, preferiblemente entre 90° y 150°, más preferiblemente entre 110° y 140°.

En ambas variantes, de una manera muy sencilla se puede conseguir una configuración, donde se puede generar el cambio marcado, rápido y pronunciado en el curso del revestimiento exterior, como se ha indicado anteriormente, en el borde de separación de flujo, para que el flujo ya no pueda seguir este cambio en el curso del revestimiento exterior y se separe de una manera definida del revestimiento exterior.

Se apreciará que la propiedad básica del dispositivo de separación de flujo es proporcionar una separación de flujo continua del revestimiento exterior de la carrocería del vagón o, dicho de otro modo, que la reconexión entre el flujo separado y el revestimiento exterior en el extremo posterior se evita de forma fiable cuando el vehículo circula a su velocidad de desplazamiento. En las realizaciones con las secciones de rampa primera y segunda, esta separación de flujo continua se proporciona preferiblemente mediante un diseño con una etapa de separación de flujo formado por las secciones de rampa primera y segunda que, por un lado, provoca un flujo que tiene una dirección de flujo en el borde de separación de flujo y que, por otro lado, tiene la segunda sección de rampa que se encuentra (en esta dirección de flujo) después del borde de separación de flujo y que está inclinada con respecto a esta dirección de flujo preferiblemente al menos 15° de manera que la distancia transversal (es decir, la distancia en una dirección transversal a la dirección del flujo) entre el flujo separado y la segunda sección de rampa aumenta rápidamente a medida que se propaga el flujo. Se apreciará en este contexto que la segunda sección de rampa no tiene que ser necesariamente un elemento de pared recto, sino que puede estar curvada arbitrariamente (en una o dos direcciones) o puede ser una combinación (arbitraria) de secciones curvas y/o rectas.

Se apreciará que la sección de separación de flujo cóncava puede tener básicamente cualquier diseño adecuado deseado, en particular, tamaño suficiente, para imponer el cambio de dirección deseado (en comparación con la dirección del flujo de avance) en una parte suficientemente grande de la capa límite del flujo de aire como se ha indicado anteriormente (catapultando el flujo de aire lejos del revestimiento exterior en el borde de separación de flujo). Preferiblemente, la sección de separación de flujo, en un plano longitudinal central perpendicular a la dirección transversal, tiene un punto de inflexión en el que, en particular, una curvatura del revestimiento exterior cambia su signo y/o en la que se forma un acodamiento en el revestimiento exterior para obtener la forma generalmente cóncava del revestimiento exterior. Este punto de inflexión, en el plano longitudinal central, tiene una distancia del punto de inflexión desde el borde de separación de flujo, mientras que la sección de cabeza tiene una longitud de cabeza máxima en la dirección longitudinal. Preferiblemente, la distancia del punto de inflexión varía entre 50 mm y 900 mm, preferiblemente entre 150 mm y 800 mm, más preferiblemente entre 150 mm y 500 mm. De esta manera se puede obtener un tamaño de la sección de separación de flujo, lo que genera un impacto en el flujo de aire lo suficientemente grande como para catapultarlo lejos del revestimiento exterior.

Aquí otra vez, preferiblemente, la distancia del punto de inflexión es una función del principio de funcionamiento general del dispositivo de separación de flujo. Por lo tanto, preferiblemente, en los casos en que el dispositivo de separación de flujo es un dispositivo pasivo de eficacia permanente y la distancia del punto de inflexión varía entre 50 mm y 700 mm, preferiblemente entre 120 mm y 600 mm, más preferiblemente entre 150 mm y 500 mm. En otros casos, donde el dispositivo de separación de flujo es un dispositivo activable selectivamente, en particular, un dispositivo generalmente en forma de placa, la distancia del punto de inflexión varía preferiblemente entre 50 mm y 900 mm, preferiblemente entre 250 mm y 700 mm, más preferiblemente entre 300 mm y 600 mm.

De manera adicional o alternativa, la distancia del punto de inflexión varía preferiblemente entre el 0,7% y el 15%, preferiblemente entre el 2,5% y el 13,5%, más preferiblemente entre el 2,5% y el 8,5%, de la longitud de cabeza máxima. De nuevo, en los casos en que el dispositivo de separación de flujo es un dispositivo pasivo de eficacia permanente, preferiblemente, la distancia del punto de inflexión varía entre el 0,7% y el 12%, preferiblemente entre el 2% y el 10%, más preferiblemente entre el 2,5% y el 8,5%, de la longitud de cabeza máxima. En los casos en que el dispositivo de separación de flujo es un dispositivo activable selectivamente, en particular, un dispositivo generalmente en forma de placa, la distancia del punto de inflexión varía preferiblemente entre el 0,5% y el 15%, preferiblemente entre el 4% y el 13,5%, más preferiblemente entre el 5% y el 10% de la longitud de cabeza máxima.

De esta manera, en cualquiera de los tres casos anteriores, se puede obtener un tamaño de la sección de separación de flujo, lo que genera un impacto en el flujo de aire lo suficientemente grande como para catapultarlo lejos del

revestimiento exterior.

El dispositivo de separación de flujo puede tener cualquier diseño apropiado que proporcione la separación de flujo continua deseada. Por ejemplo, se puede elegir un diseño (pasivo o activo) que cree un flujo de un medio de separación de flujo en la ubicación del dispositivo de separación de flujo en el revestimiento exterior del vehículo, induciendo o provocando el flujo del medio de separación de flujo (en su interacción con el flujo de aire a lo largo del revestimiento exterior) la separación de flujo de aire del revestimiento exterior. Puede elegirse cualquier medio de separación de flujo adecuado. Por ejemplo, se puede proporcionar un flujo apropiado de aire presurizado a través de una o más aberturas conformadas adecuadamente dentro del revestimiento exterior del vehículo.

Preferiblemente, el dispositivo de separación de flujo comprende un borde de separación de flujo marcado y pronunciado, teniendo el borde de separación de flujo al menos una sección de borde que define una dirección tangencial en cada punto de la sección de borde. El borde de separación de flujo, en la sección de borde y en un plano seccional perpendicular a la dirección tangencial, tiene un radio de curvatura de menos de 15 mm, preferiblemente de menos de 10 mm, más preferiblemente de menos de 5 mm. De esta manera, se consigue un borde de separación de flujo marcado y pronunciado que garantiza una separación de flujo continua de una manera sencilla y eficaz.

La sección de borde con el borde de separación de flujo marcado solo puede extenderse sobre una parte del borde de separación de flujo. Preferiblemente, la sección de borde con el borde de separación de flujo marcado se extiende sobre al menos el 60% del borde de separación de flujo, preferiblemente sobre al menos el 80% del borde de separación de flujo, más preferiblemente sobre sustancialmente el 100% del borde de separación de flujo, dando lugar a propiedades de separación de flujo estables y fiables del borde de separación de flujo.

El dispositivo de separación de flujo puede tener cualquier disposición adecuada en el revestimiento exterior del vehículo. Con realizaciones preferidas de la invención, el dispositivo de separación de flujo comprende un borde de separación de flujo que se extiende, en particular, que se extiende de manera sustancialmente continua, desde una superficie lateral a una superficie lateral opuesta de la carrocería del vagón. De esta manera se consigue la formación del patrón de separación de flujo deseado con una forma ventajosa desde un punto de vista aerodinámico de la burbuja de estela.

Se pueden conseguir configuraciones particularmente beneficiosas desde un punto de vista aerodinámico en los casos en que la sección de cabeza está provista de dispositivos de separación de flujo de viento cruzado que se extienden lateralmente en la dirección longitudinal a lo largo del lado superior de la sección de cabeza, como se conocen gracias a la patente europea EP 2 383 161 A1 (cuya descripción completa se incorpora en la presente memoria por referencia). Preferiblemente, el borde de separación de flujo continúa, en particular sustancialmente sin discontinuidad, al menos uno de dichos bordes de separación de flujo de viento cruzado que se extiende en dicha dirección longitudinal a lo largo de al menos una superficie lateral de la carrocería del vagón. Preferiblemente, el al menos un borde de separación de flujo de viento cruzado se extiende, en dicha dirección longitudinal, a lo largo de una ventana frontal del vehículo, en particular, hasta una sección de techo de la carrocería del vagón.

Se apreciará además que el dispositivo de separación de flujo, básicamente, puede tener cualquier forma deseada, en particular, se puede seleccionar al menos una forma en sección y asimétrica (con respecto al plano longitudinal central del vehículo) en caso de que se desee obtener, p. ej., un patrón de separación de flujo específico o patrón de flujo dentro de la estela del vehículo. Habitualmente, sin embargo, se prefiere que el dispositivo de separación de flujo sea sustancialmente simétrico con respecto a un plano longitudinal central perpendicular a la dirección transversal.

El borde de separación de flujo, básicamente, puede tener cualquier dimensión adecuada en la dirección transversal del vehículo, que sea suficiente para proporcionar una separación continua del flujo de aire que pasa y para evitar el patrón de flujo de doble vórtice no deseado como se ha indicado anteriormente. Preferiblemente, una proyección perpendicular del borde de separación de flujo sobre un plano transversal perpendicular a la dirección longitudinal tiene un ancho de borde máximo $W_{s\text{máx}}$ en la dirección transversal, que varía entre 500 mm y 2500 mm, preferiblemente entre 700 mm y 1900 mm, más preferiblemente entre 800 mm y 1850 mm.

De nuevo, en los casos en que el dispositivo de separación de flujo es un dispositivo pasivo de eficacia permanente, el ancho máximo del borde $W_{s\text{máx}}$ varía preferiblemente entre 500 mm y 2500 mm, preferiblemente entre 1200 mm y 1900 mm, más preferiblemente entre 1300 mm y 1850 mm. En los casos en que el dispositivo de separación de flujo es un dispositivo activable selectivamente, en particular, un dispositivo generalmente en forma de placa, el ancho de borde máximo $W_{s\text{máx}}$ varía preferiblemente entre 500 mm y 1100 mm, preferiblemente entre 700 mm y 1000 mm, más preferiblemente entre 750 mm y 900 mm.

De manera adicional o alternativa, en los casos en que una proyección perpendicular del borde de separación de flujo sobre un plano transversal perpendicular a la dirección longitudinal, tiene un ancho de borde máximo $W_{s\text{máx}}$ en la dirección transversal y el revestimiento exterior, en la dirección transversal, tiene un ancho de carrocería del vagón máximo $W_{\text{máx}}$, variando el ancho de carrocería del vagón máximo $W_{\text{máx}}$ entre el 15% y el 70%, preferiblemente entre el 25% y el 65%, más preferiblemente entre el 45% y el 65% del ancho de carrocería del vagón máximo $W_{\text{máx}}$.

En los casos en los que el dispositivo de separación de flujo es un dispositivo pasivo de eficacia permanente, el ancho de borde máximo $W_{\text{máx}}$ varía preferiblemente entre el 15% y el 70%, preferiblemente entre el 40% y el 65%, más

preferiblemente entre el 45% y el 60%, del ancho de carrocería del vagón máximo $W_{\text{máx}}$. En los casos en que el dispositivo de separación de flujo es un dispositivo activable selectivamente, en particular, un dispositivo generalmente en forma de placa, el ancho de borde máximo $W_{\text{s máx}}$ varía preferiblemente entre el 15% y el 40%, preferiblemente entre el 25% y el 35%, más preferiblemente entre el 27% y el 32% del ancho de carrocería del vagón máximo $W_{\text{máx}}$.

- 5 De esta manera, en cualquiera de los tres casos anteriores, se puede obtener un tamaño de la sección de separación de flujo, lo que genera un impacto en el flujo de aire lo suficientemente grande como para catapultarlo lejos del revestimiento exterior.

- 10 Como se ha mencionado anteriormente, el dispositivo de separación de flujo según la invención puede ser un dispositivo pasivo o activo. De este modo, con determinadas realizaciones preferidas de la invención, el borde de separación de flujo forma un componente permanentemente activo desde un punto de vista aerodinámico del dispositivo de separación de flujo. Por ejemplo, el borde de separación de flujo puede formarse sobre un componente rígido conectado rígidamente a la carrocería del vagón. Sin embargo, con otras realizaciones preferidas de la invención, el borde de separación de flujo forma un componente selectivamente activable desde un punto de vista aerodinámico del dispositivo de separación de flujo. Por ejemplo, en determinados casos, el borde de separación de flujo puede formarse sobre un componente móvil (p. ej., en una configuración similar a las descritas en los documentos DE 199 12 144 C1 y JP 01074160 A).

- 15 El dispositivo de separación de flujo puede tener cualquier diseño adecuado que proporcione la separación de flujo deseada, en particular, el patrón de separación de flujo deseado que forme la burbuja de estela mencionada anteriormente. Por ejemplo, el dispositivo de separación de flujo puede estar formado por un componente separado conectado a la carrocería del vagón. En particular, el dispositivo de separación de flujo puede estar formado por un elemento comparativamente pequeño (incluso dispuesto a una pequeña distancia del revestimiento exterior de la carrocería del vagón) que forme un borde de separación de flujo. Dicho elemento, p. ej., puede tener cualquier sección transversal adecuada y deseada. En particular, se puede elegir una sección transversal similar a la de un perfil aerodinámico.

- 20 Por lo tanto, con determinadas realizaciones de la invención, el borde de separación de flujo, al menos en parte, está formado por un componente permanentemente activo desde un punto de vista aerodinámico del dispositivo de separación de flujo. Preferiblemente, el borde de separación de flujo, al menos en parte, está formado por una parte sustancialmente rígida del revestimiento exterior. Además, como se ha mencionado, el dispositivo de separación de flujo puede tener cualquier forma deseada. Preferiblemente, el dispositivo de separación de flujo, al menos en parte, está formado por una depresión en el revestimiento exterior, teniendo la depresión, en particular, sustancialmente forma de hoz. De esta manera, se puede conseguir un diseño particularmente beneficioso, que se integre de manera comparativamente regular en la geometría alargada, delgada y continuamente ahusada de la sección de cabeza que sea al mismo tiempo, sin embargo, altamente eficaz en la obtención de la separación del flujo de aire continua deseada.

- 25 Se apreciará que, en algunos casos, puede contemplarse que el dispositivo de separación de flujo, a pesar de ser un componente pasivo, se desactive al encontrarse en el extremo anterior del vehículo cubriendo simplemente la sección de separación de flujo generalmente cóncava con una cubierta adecuada. Por lo tanto, preferiblemente, el dispositivo de separación de flujo comprende una unidad de interfaz configurada para montar un dispositivo de cubierta configurado para cubrir el dispositivo de separación de flujo en un estado desactivado. Preferiblemente, dicha cubierta está conformada de manera que continúa sustancialmente la superficie lisa del revestimiento exterior circundante de la carrocería del vagón, evitando así potencialmente cualquier aumento de la resistencia aerodinámica en el extremo anterior del vehículo debido al dispositivo de separación de flujo.

- 30 En otras realizaciones preferidas de la invención, el dispositivo de separación de flujo es un componente activable selectivamente que es eficaz desde un punto de vista aerodinámico en su estado activado. Para tal fin, el dispositivo de separación de flujo puede comprender una unidad de solapa pivotante que tiene un estado activado y un estado desactivado. La unidad de solapa pivotante, en el estado desactivado, forma preferiblemente una parte del revestimiento exterior sustancialmente nivelada con partes adyacentes del revestimiento exterior. En el estado activado, la unidad de solapa pivotante sobresale del revestimiento exterior para formar, en un extremo libre, el borde de separación de flujo del dispositivo de separación de flujo.

- 35 De manera adicional o alternativa, el dispositivo de separación de flujo puede comprender una unidad retráctil que tiene un estado activado y un estado desactivado. La unidad retráctil, en el estado desactivado, está retraída, en particular, retraída sustancialmente del todo, en el revestimiento exterior. Esta retractación puede producirse, en particular, de manera que se forme un revestimiento exterior sustancialmente nivelado en una zona del dispositivo de separación de flujo desactivado, de manera que en el estado desactivado se pueda evitar potencialmente cualquier aumento de la resistencia aerodinámica en el extremo anterior del vehículo debido al dispositivo de separación de flujo.

- 40 En el estado activado, la unidad retráctil sobresale del revestimiento exterior para formar, en un extremo libre, el borde de separación de flujo del dispositivo de separación de flujo. Básicamente, la unidad retráctil puede tener cualquier forma adecuada y deseada. Preferiblemente, la unidad retráctil comprende un elemento de separación de flujo sustancialmente en forma de placa; formando el elemento de separación de flujo, en particular, una superficie de guía

de flujo al menos plana en sección y/o al menos curva en sección, formando habitualmente en su extremo libre, el borde de separación de flujo.

El patrón de separación de flujo de baja resistencia deseado se puede conseguir mediante cualquier diseño adecuado del dispositivo de separación de flujo que proporcione una separación continua de un primer flujo de aire del revestimiento exterior de la carrocería del vagón junto con una supresión de los vórtices de estela longitudinales pronunciados como se ha indicado anteriormente. Preferiblemente, el dispositivo de separación de flujo está dispuesto de manera que la separación continua del flujo de aire del revestimiento exterior de la carrocería del vagón se extiende sobre una zona de separación de flujo del revestimiento exterior, siendo la zona de separación de flujo de tamaño suficiente para generar un aumento en una distribución de presión estática dentro de dicho flujo de aire separado, que está adaptado para al menos reducir, en particular evitar sustancialmente, la formación de dos vórtices de estela longitudinales pronunciados en una estela de la carrocería del vagón. Preferiblemente, el aumento en la distribución de presión estática dentro de dicho flujo de aire separado se selecciona en función de una distribución de presión estática en un flujo de aire lateral adyacente sobre una parte lateral del revestimiento exterior de la carrocería del vagón ubicada adyacente al dispositivo de separación de flujo.

El dispositivo de separación de flujo según la invención se puede utilizar exclusivamente en un extremo del vehículo. Este podría ser el caso, p. ej., en situaciones en las que el módulo del vehículo sea una unidad no motorizada utilizada en una configuración de tren con una locomotora (o similar) ubicada en el otro extremo del tren y que proporcione la potencia de tracción. En este caso, la reducción general de la resistencia se produce con el tiempo (compensando la reducción de resistencia pronunciada conseguida durante el funcionamiento del extremo posterior con el tiempo el, como mucho, aumento de resistencia moderado durante el funcionamiento del extremo anterior).

Sin embargo, preferiblemente, ambos extremos del vehículo exhiben dispositivos de separación de flujo según la invención. Ambos dispositivos de separación de flujo en ambos extremos tienen preferiblemente un diseño idéntico para proporcionar, de manera sencilla, un comportamiento de resistencia idéntico del vehículo en ambas direcciones de desplazamiento. De este modo, preferiblemente, el dispositivo de separación de flujo es un primer dispositivo de separación de flujo ubicado en un primer extremo del vehículo, estando un segundo dispositivo de separación de flujo ubicado en un segundo extremo opuesto del vehículo. El segundo dispositivo de separación de flujo es preferiblemente sustancialmente idéntico al primer dispositivo de separación de flujo.

La presente invención se puede utilizar en el contexto de tipos arbitrarios de vehículos. Preferiblemente, el vehículo comprende una pluralidad de módulos de vehículo separados articulados entre sí. Los efectos de la presente invención en la reducción general de la resistencia del vehículo son particularmente beneficiosos con vehículos que tienen secciones de cabeza alargadas y delgadas, habitualmente ahusadas de manera continua, ya que se utilizan convencionalmente en aplicaciones de alta velocidad. Por lo tanto, preferiblemente, la sección de cabeza, en la dirección longitudinal, tiene una longitud de cabeza HL máxima, siendo dicha longitud de cabeza HL máxima de al menos el 100%, preferiblemente al menos el 125%, más preferiblemente al menos el 150%, más preferiblemente entre el 125% y el 175%, de la dimensión de altura del vehículo HH máxima.

Con realizaciones preferidas de la invención, la sección de cabeza comprende una unidad de ventana frontal que comprende una unidad de marco de ventana frontal, comprendiendo la unidad del marco de ventana frontal, en particular, una unidad de limpiaparabrisas. El dispositivo de separación de flujo está preferiblemente separado de la unidad de ventana frontal, en particular, de la unidad de limpiaparabrisas. Asimismo, preferiblemente, el dispositivo de separación de flujo está ubicado, en la dirección de altura, debajo de la unidad de ventana frontal, en particular, debajo de la unidad de limpiaparabrisas. De manera adicional o alternativa, el dispositivo de separación de flujo se encuentra entre la unidad de ventana frontal, en particular, la unidad de limpiaparabrisas, y un extremo libre de la carrocería del vagón. En cualquiera de estos casos, el flujo permanece unido a la parte superior de la sección de cabeza sobre una fracción comparativamente larga de la sección de cabeza, lo que es beneficioso en términos del efecto de recuperación de presión, sin dejar de evitar el patrón de flujo de estela de vórtice doble no deseado induciendo, justo a tiempo, la separación definida del flujo en el dispositivo de separación de flujo.

La presente invención se refiere además a un método de funcionamiento de un vehículo según la invención, comprendiendo el método el funcionamiento del vehículo en una primera dirección de desplazamiento, activándose y ubicándose el dispositivo de separación de flujo en un extremo posterior del vehículo y/o desactivando el dispositivo de separación de flujo y haciendo funcionar el vehículo en una segunda dirección de desplazamiento, en donde el dispositivo de separación de flujo está ubicado en un extremo anterior del vehículo.

Otras realizaciones de la presente invención resultarán evidentes a partir de las reivindicaciones dependientes y la siguiente descripción de realizaciones preferidas que se refiere a las figuras adjuntas.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 es una vista esquemática en perspectiva de una realización preferida de un vehículo según la presente invención que se puede hacer funcionar según una realización preferida del método según la presente invención;

la Figura 2 es una vista esquemática en perspectiva de una parte del vehículo de la Figura 1;

- la Figura 3 es una vista superior esquemática de una parte del vehículo de la Figura 1;
- la Figura 4 es una vista lateral esquemática ampliada de la sección de cabeza del vehículo de la Figura 1;
- la Figura 5 es una vista esquemática en perspectiva de una parte del vehículo de la Figura 1 funcionando a su velocidad nominal;
- 5 la Figura 6 es una vista esquemática en perspectiva de una sección de cabeza de un vehículo sin el dispositivo de separación de flujo según la invención y circulando a la velocidad nominal del vehículo de la Figura 1;
- la Figura 7 es una vista esquemática en perspectiva de una sección de morro de otra realización preferida del vehículo según la invención;
- 10 la Figura 8 es una vista esquemática en perspectiva de una sección de morro de otra realización preferida del vehículo según la invención;
- la Figura 9 es una vista esquemática en perspectiva de una sección de morro de otra realización preferida del vehículo según la invención;
- la Figura 10 es una vista esquemática en perspectiva de una sección de morro de otra realización preferida del vehículo según la invención;
- 15 la Figura 11 es una vista lateral esquemática de otra realización preferida de un vehículo según la presente invención;
- la Figura 12 es una vista esquemática en perspectiva de una sección de morro del vehículo de la Figura 11;
- la Figura 13 es una vista lateral esquemática de otra realización preferida de un vehículo según la presente invención;
- 20 la Figura 14 es una vista esquemática en perspectiva de una sección de morro del vehículo de la Figura 13.

Descripción detallada de la invención

Primera realización

25 Con referencia a las Figuras 1 a 6, ahora se describirá con mayor detalle una realización preferida de un vehículo ferroviario 101 según la presente invención que comprende un módulo de vehículo 102. Para facilitar la comprensión de la siguiente descripción se utilizará un sistema de coordenadas xyz, designando la dirección x la dirección longitudinal del módulo de vehículo 102, designando la dirección y la dirección transversal del módulo de vehículo 102 y designando la dirección z la dirección de altura del módulo de vehículo 102.

30 El módulo de vehículo 102 forma un coche final del vehículo ferroviario 101 que es un tren de alta velocidad destinado para el funcionamiento bidireccional en un sistema de transporte público regional. En la realización mostrada, el tren 101 está compuesto de una pluralidad de módulos de vehículo, en donde la forma exterior del otro coche de extremo es sustancialmente idéntica a la forma exterior del módulo de vehículo 102. Sin embargo, se apreciará que, con otras realizaciones de la invención, se puede elegir otra forma exterior del otro coche de extremo.

35 El tren 101 tiene una velocidad de desplazamiento nominal superior a $VN = 180$ km/h, es decir, en condiciones de funcionamiento normales, el tren 101 está destinado a circular a esta velocidad de desplazamiento en secciones de vía adecuadas entre las estaciones de la red ferroviaria en la que se opera. Sin embargo, se apreciará que, con otras realizaciones de la invención, se puede seleccionar cualquier otra velocidad de desplazamiento a partir de 120 km/h. Con variantes preferidas de la invención, el tren tiene un intervalo de velocidad de desplazamiento (de velocidad media a alta) entre 120 km/h y 380 km/h, preferiblemente entre 180 km/h y 250 km/h, ya que, en estos intervalos de velocidad de desplazamiento, los beneficios de la invención se desarrollan en la mayor medida.

40 Las Figuras 1 a 5 son vistas esquemáticas de partes del módulo de vehículo 102 que comprende una carrocería de vagón de un solo piso 103 para transportar pasajeros soportados en ambos extremos sobre un respectivo tren de rodaje 104 (p. ej., un bogie) que circula sobre una vía 105 que define un nivel de vía TOR (parte superior del raíl).

45 La carrocería del vagón 103 tiene una sección de carrocería prismática 103.1 (es decir, una sección de carrocería que tiene una sección transversal sustancialmente idéntica en un plano perpendicular a la dirección longitudinal en cada punto a lo largo de la dirección longitudinal) y una sección de cabeza no prismática 103.2 que define un revestimiento exterior 103.4 de la carrocería del vagón 103. La transición (en algunos casos formando también una interfaz mecánica) entre la sección de carrocería prismática 103.1 y la sección de cabeza no prismática 103.2 comienza en un plano 103.3 perpendicular a la dirección longitudinal.

50 Se apreciará en este contexto que, en la presente realización, la transición no es plana, es decir, determinadas secciones de pared lateral de la sección de cabeza 103.2 continúan la forma prismática de la sección de carrocería

prismática 103.1 más allá del plano 103.3. Sin embargo, con otras realizaciones de la invención, esta transición puede tener cualquier otra forma y orientación adecuadas en el espacio.

La sección de cabeza 103.2 es una sección de cabeza del vehículo comparativamente delgada, alargada y continuamente ahusada que tiene una longitud de cabeza HL de 5915 mm (es decir, una dimensión de la longitud de cabeza en la dirección longitudinal entre el plano de transición 103.3 y su punta del morro más destacada, ver Figura 3) y una altura de cabeza HH de 3870 mm (es decir, una dimensión de altura de cabeza en la dirección de altura entre el techo en el plano de transición 103.3 y el nivel de la vía TOR, ver Figura 2). Por tanto, la sección de cabeza 103.2 tiene una relación entre la longitud de cabeza HL y la altura de cabeza HH de $HL/HH > 1$, más precisamente, de $HL/HH = 1,5$, como es habitual en el caso de los vehículos utilizados en aplicaciones de alta velocidad.

Como puede verse, en particular, en las Figuras 1 a 5, en una sección de morro 103.5 de la sección de cabeza 103.2, se forma una sección de separación de flujo 103.6. Esta sección de separación de flujo 103.6 comprende un dispositivo de separación de flujo 103.7 con forma de depresión generalmente en forma de hoz y generalmente cóncava 103.8 formada en el revestimiento exterior 103.4 de la carrocería del vagón 103 en la zona de la sección de morro 103.5. Como se explicará con más detalle a continuación, si la sección de cabeza 103.2 está ubicada en el extremo posterior del vehículo 101, el dispositivo de separación de flujo 103.7 (al menos a la velocidad de desplazamiento nominal del vehículo 101) proporciona una separación continua de un primer flujo de aire 106.1 del revestimiento exterior 103.4, formando el primer flujo de aire 106.1 la parte de sección de techo del flujo de aire 106 que fluye a lo largo del revestimiento exterior 103.4.

Como puede verse en las Figuras 1 a 5, el dispositivo de separación de flujo 103.7 comprende un borde de separación de flujo marcado 103.9 que se extiende, en la dirección transversal (eje y), sobre una fracción importante de la sección de morro 103.5. En la realización mostrada, el dispositivo de separación de flujo 103.7 está dispuesto de manera que el borde de separación de flujo 103.9 es una estructura sustancialmente plana que define un plano de extensión principal del borde de separación de flujo 103.9. Sin embargo, se apreciará que, con otras realizaciones de la invención, puede proporcionarse cualquier otra forma no plana del borde de separación de flujo.

Como puede verse en particular en las Figuras 1 y 3, el dispositivo de separación de flujo 103.7 (en la dirección de altura del vehículo) está ubicado en la mitad inferior del vehículo 101, en una fracción del vehículo 101 que está limitada a la parte todavía orientada hacia arriba del 50% inferior de la dimensión de altura del vehículo HH.

Como se explicará con mayor detalle a continuación, el dispositivo de separación de flujo 103.7, al menos a la velocidad nominal operativa del vehículo 101 y por encima, provoca una separación bien definida y continua del flujo de aire 106 del revestimiento exterior 103.4 del vehículo 101. Para tal fin, el dispositivo de separación de flujo 103.7 genera, en el borde de separación de flujo 103.9, un cambio en el curso del revestimiento exterior 103.4 de la sección de cabeza 103.2 que es suficientemente rápido, marcado y pronunciado para que la fracción superior 106.1 del flujo de aire 106 (que fluye a lo largo de la zona del techo del vehículo 101) ya no pueda seguir este cambio en el curso del revestimiento exterior 103.4 y se separe de manera definida del revestimiento exterior 103.4.

Cabe señalar en este contexto que (a menos que se declare expresamente lo contrario) cualquier declaración hecha con respecto al flujo a lo largo del revestimiento exterior 103.4 del vehículo se refiere a la fracción de la capa límite del flujo a lo largo del revestimiento exterior 103.4 que es decisiva en el comportamiento del flujo, en particular, en el hecho de que el flujo se separe del revestimiento exterior o no.

La separación continua se consigue, entre otras cosas, gracias a la sección de separación de flujo generalmente cóncava 103.6 (también denominada cavidad de separación de flujo 103.6 a continuación) que está formada por el dispositivo de separación de flujo 103.7 en el revestimiento exterior 103.4. A pesar del revestimiento exterior circundante generalmente convexo 103.3 de la sección de morro 103.5, la sección de separación de flujo generalmente cóncava 103.6 del revestimiento exterior 103.4 impone un cambio en la dirección del flujo sobre la fracción de flujo superior que pasa 106.1 que, al volver a entrar en la parte generalmente convexa del revestimiento exterior 103.3 de la sección de morro 103.5 aguas abajo del borde de separación de flujo 103.9 conduce al resultado de que la fracción de flujo superior 106.1 en este punto experimenta un cambio rápido y pronunciado en el curso del revestimiento exterior 103.4 que es incapaz de seguir de manera que, por último, el flujo se separa continuamente del revestimiento exterior 103.4. Por lo tanto, dicho de otro modo, la cavidad de separación de flujo 103.6 está diseñada, en particular, es de tamaño suficiente, para imponer el cambio de dirección deseado en una parte suficientemente grande de la fracción de flujo de aire superior 106.1 para catapultar literalmente la fracción de flujo de aire superior 106.1 lejos del revestimiento exterior 103.4 en el borde de separación de flujo 103.9.

Como puede verse en la Figura 2, el dispositivo de separación de flujo 103.7, más precisamente, el borde de separación de flujo 103.9, en una zona transversalmente central de la carrocería del vagón, en particular, en un plano longitudinal central 101.1, tiene una altura de separación de flujo HS por encima del nivel de vía TOR de 1370 mm, lo que corresponde aproximadamente al 35% de la altura de cabeza HH.

Como puede verse también en la Figura 3, el dispositivo de separación de flujo 103.7, más precisamente, el borde de separación de flujo 103.9, en el plano longitudinal central 101.1, tiene una distancia de morro ND en la dirección longitudinal desde la punta del morro 103.10 (es decir, el extremo libre) de la sección de cabeza 103.2, que es $ND =$

192 mm, y, por lo tanto, el 3,3% de la longitud de cabeza HL.

La disposición comparativamente baja y delantera del borde de separación de flujo 103.9 cerca del tercio inferior del módulo de vehículo 102 y cerca de la punta del morro 103.10 tiene varias ventajas.

Por un lado, como se ha indicado anteriormente, en comparación con el diseño conocido gracias a la patente europea EP 2 246 233 A1 con una etapa de separación de flujo ubicada en la zona del techo (es decir, el 30% superior de la dimensión de altura del vehículo), dicho diseño tiene la gran ventaja de que la fracción de flujo de aire superior 106.1 sigue permaneciendo unida al revestimiento exterior sobre más del 50% superior de la sección de cabeza 103.2, de manera que experimenta una desaceleración continua sobre esta fracción de la altura del vehículo HH. Esta desaceleración continua de la fracción de flujo de aire superior 106.1 todavía unida al revestimiento exterior 103.4 ocasiona un aumento continuo de la presión estática en la fracción de flujo de aire superior 106.1 que da lugar a una fuerza longitudinal que actúa sobre el revestimiento exterior 103.4 en la dirección de desplazamiento. Este efecto, habitualmente denominado efecto de recuperación de presión, reduce de manera beneficiosa toda la resistencia aerodinámica del vehículo 101. Esto es de aplicación particularmente en comparación con los vehículos con una separación de flujo definida temprana en la zona del techo, donde este efecto de recuperación de presión, debido a la separación temprana del revestimiento exterior, solo puede desarrollarse en menor medida.

Como consecuencia beneficiosa adicional, la separación de flujo continua en el borde de separación de flujo 103.9 genera una modificación del patrón de flujo de estela que va junto con una modificación de la distribución de presión estática sobre el revestimiento exterior 103.4 de la sección de cabeza de posterior 103.2 que evita un comportamiento de rebufo de un vehículo ferroviario 107 (con un diseño de cabeza de tren de alta velocidad convencional sin un dispositivo de separación de flujo según la invención) como se muestra en la Figura 6. La Figura 6 ilustra una sección de cabeza posterior en perspectiva esquemática 107.1 de dicho vehículo convencional 107 y la formación de vórtices de estela longitudinales pronunciados 108.1, 108.2 que se mencionaron inicialmente.

Más precisamente, con dicho vehículo 107 avanzando a la velocidad de desplazamiento por encima de 180 km/h, aparece un comportamiento de rebufo donde estos dos vórtices de estela longitudinales pronunciados 108.1 y 108.2 se desarrollan en el extremo posterior del vehículo 107. Estos vórtices de estela 108.1, 108.2 tienen sentidos de rotación opuestos de manera que cada uno de los vórtices de estela longitudinales muestra un patrón de flujo que, en un plano vertical central de la vía, tiene un fuerte componente de velocidad de flujo dirigido verticalmente hacia abajo (es decir, hacia la vía) y, abajo a nivel de vía, tiene un fuerte componente de velocidad de flujo dirigido lateralmente hacia fuera (como se ilustra con las flechas discontinuas en la Figura 6). Dependiendo de la velocidad del vehículo, estos vórtices de estela pronunciados 108.1, 108.2 ocasionan importantes velocidades de flujo y, en consecuencia, cargas aerodinámicas en la vía inaceptablemente altas sobre personas u objetos en posiciones en la vía. Asimismo, estos vórtices de estela pronunciados 108.1, 108.2 generan una resistencia considerable y, en consecuencia, un comportamiento aerodinámicamente desfavorable del vehículo 107 también en este sentido.

Al contrario de un diseño tan convencional, el dispositivo de separación de flujo 103.7 ocasiona una separación de flujo continua en la fracción inferior asociada del extremo posterior del vehículo 101 (aguas abajo del dispositivo de separación de flujo 103.7) que genera un aumento en la presión estática en el flujo de aire 106.1 que pasa por la parte superior o parte de techo del revestimiento exterior 103.4. Esta separación de flujo continua reduce la distribución de presión estática y las diferencias de impulso con respecto a las partes 106.2 del flujo de aire que pasa por las partes laterales inferiores del revestimiento exterior 103.4. Junto con esta reducción en la divergencia de la distribución de la presión estática y en la formación de diferencias de impulso, se evita la formación de los vórtices de estela longitudinales pronunciados 108.1, 108.2 (habitualmente dominantes de otro modo en dichos extremos posteriores de vehículos de alta velocidad regularmente curvados como se muestra en la Figura 6).

Junto con esta modificación en la distribución de la presión estática, aguas abajo del borde de separación de flujo 103.9, se desarrolla un patrón de separación de flujo en el extremo posterior del vehículo 101 que es completamente diferente a los vórtices de estela longitudinales pronunciados 108.1, 108.2 producidos con diseños de sección de cabeza convencionales. Este patrón de separación de flujo está caracterizado por una "burbuja de estela" relativamente estable (indicada en la Figura 5 mediante el contorno de líneas y puntos 109) arrastrada junto con el vehículo 101. En el interior de la burbuja de estela 109 prevalece un flujo micro-turbulento relativamente tranquilo. La superficie exterior de la burbuja de estela 109 "continúa" sustancialmente el revestimiento exterior 103.4 del módulo de vehículo 102 bajo una continua reducción de la sección transversal de la burbuja de estela 109 en un plano perpendicular a la dirección longitudinal (eje x). De este modo, se consigue una "reunificación" regular de las partes 106.1, 106.2 del flujo de aire 106 que pasa por diferentes partes de la superficie del vehículo 103.4 (como la parte del techo y las partes laterales). La burbuja de estela 109 tiene una forma que es sustancialmente simétrica al plano longitudinal central 101.1 (que contiene el eje x y el eje z). Se apreciará que este patrón de flujo de burbuja de estela provoca considerablemente menos resistencia aerodinámica y considerablemente menos cargas aerodinámicas en la vía que los vórtices de estela longitudinales 108.1, 108.2 de los diseños de cabeza del vehículo convencionales.

Se apreciará en este contexto que las diferencias de distribución de la presión estática entre la parte de techo 106.1 del flujo de aire 106 y las partes laterales 106.2 del flujo de aire 106 dependen del grado de la denominada cola de barco de la sección de cabeza 103.2 del módulo de vehículo 102. La expresión "cola de barco" designa aquí un diseño con una curvatura pronunciada hacia dentro de las partes laterales de la superficie exterior 103.4 hacia el extremo

posterior del módulo de vehículo 102. En consecuencia, la extensión del dispositivo de separación de flujo 103.7 o la fracción de la parte del flujo de aire 106 que pasa por el dispositivo de separación de flujo 103.7, respectivamente, puede ser menor cuanto mayor sea el grado de la cola de barco seleccionado.

Asimismo, gracias al tamaño comparativamente pequeño del dispositivo de separación de flujo 103.7 (debido a su ubicación comparativamente baja cerca del extremo libre de la sección de morro 103.5, donde la sección de cabeza 103.2 ya ha se ha ahusado considerablemente) el dispositivo de separación de flujo 103.7, cuando se encuentra en el extremo anterior del vehículo, solo genera (como mucho) un aumento comparativamente moderado en la resistencia del tren 101. Este aumento moderado de la resistencia aerodinámica puede ser el resultado de una separación temporal del flujo (en este caso procedente del extremo libre de la sección de morro 103.5) del revestimiento exterior 103.4. En la medida en que la separación de flujo (en el extremo anterior del vehículo) no sea continua, es decir, en la medida en que el flujo se vuelva a unir con suficiente rapidez al revestimiento exterior 103.4 para mantener el aumento de la resistencia aerodinámica lo más bajo posible. Se apreciará además que la colocación del dispositivo de separación de flujo 103.7 en la mitad inferior del vehículo es particularmente beneficiosa en este contexto, dado que dicha separación del flujo en un punto muy temprano cerca del extremo anterior del vehículo 101 garantiza que las condiciones generales del flujo proporcionan una cantidad suficientemente alta de energía al flujo separado localmente favoreciendo una rápida nueva unión al revestimiento exterior 103.4. Por lo tanto, por último, cuando se encuentra en el extremo anterior del vehículo 101, como mucho solo se forma una burbuja de separación de flujo comparativamente pequeña en la zona de la cavidad de separación de flujo 103.6.

Dicho aumento en la resistencia aerodinámica en el extremo anterior, sin embargo, se compensa en gran medida por la reducción de la resistencia proporcionada por el dispositivo de separación de flujo (diseñado de manera idéntica en la realización mostrada) ubicado en el otro extremo posterior del tren 101. De este modo, en conjunto, puede conseguirse una reducción considerable de la resistencia total del tren 101. En el ejemplo presente, en comparación con el vehículo 107 de diseño idéntico que se muestra en la Figura 6, puede conseguirse una reducción total de entre el 1% y el 1,5% en la resistencia aerodinámica del tren 101. Esta situación también permite diseñar el dispositivo de separación de flujo 103.7 como un componente rígido, es decir, un dispositivo pasivo de eficacia permanente desde un punto de vista aerodinámico que reduce considerablemente la complejidad y, en consecuencia, el coste de dicha solución.

Como puede verse también en la Figura 3, el dispositivo de separación de flujo 103.7, más precisamente, el borde de separación de flujo 103.9 está pronunciadamente separado de un elemento de marco inferior de una ventana frontal 101.2 del vehículo así como del limpiaparabrisas asociado 101.3. Más precisamente, la distancia entre el dispositivo de separación de flujo 103.7 y la disposición de ventana frontal 101.2, 101.3 es más de la mitad de la distancia (en la dirección longitudinal) entre estos componentes y la punta del morro 103.10. Por lo tanto, las perturbaciones que puedan haber introducido estos componentes en el flujo 106.1 ya habrán desaparecido al alcanzar el dispositivo de separación de flujo 103.7, en particular, el borde de separación de flujo 103.9, para que se garantice una separación de flujo adecuada en el borde de separación de flujo 103.9.

Como puede verse mejor en la Figura 4, el dispositivo de separación de flujo 103.7 comprende una primera sección de rampa 103.11 y una segunda sección de rampa 103.12 del revestimiento exterior 103.4, estando formado el borde de separación de flujo 103.9 en una conjunción de la primera sección de rampa 103.11 y la segunda sección de rampa 103.12. La primera sección de rampa 103.11 forma la cavidad de separación de flujo 103.6 y está ubicada en el lado del borde de separación de flujo 103.9 orientado hacia fuera de la punta del morro 103.10 (es decir, ubicada aguas arriba del borde de separación de flujo 103.9 en caso de funcionamiento en el extremo posterior del vehículo 101). La segunda sección de rampa 103.12 desciende desde el borde de separación de flujo 103.9 y está ubicada en el lado del borde de separación de flujo 103.9 orientado hacia la punta del morro 103.10 (es decir, ubicada aguas abajo del borde de separación de flujo 103.9 en caso de funcionamiento en el extremo posterior del vehículo 101).

Asimismo, el revestimiento exterior 103.4 define una parte de avance 103.13 ubicada en un lado del dispositivo de separación de flujo orientado lejos de la punta del morro 103.10 que, en el plano longitudinal central 101.1, impone una dirección de flujo de avance FF sobre la fracción de flujo de aire 106.1 en la parte de avance del dispositivo de separación de flujo 103.7, que está inclinada con respecto a la dirección longitudinal (abajo hacia la vía) lo está en un ángulo de avance $FA = 45^\circ$.

Como puede verse en la Figura 4, en el presente ejemplo, la primera sección de rampa 103.11, en el plano longitudinal central 101.1, tiene un punto de inflexión IP en el que la curvatura del revestimiento exterior 103.4 (en el plano longitudinal central 101.1) cambia de signo para obtener la forma generalmente cóncava del revestimiento exterior. Dicho de otro modo, el punto de inflexión IP designa el inicio de la cavidad de separación de flujo 103.6.

El punto de inflexión IP se encuentra a una distancia de punto de inflexión IPD (en el plano longitudinal central 101.1) desde el borde de separación de flujo 103.9. Con el fin de obtener una longitud de flujo de tamaño suficiente para imponer el cambio de dirección deseado (en comparación con la dirección de flujo de avance FR) en una parte suficientemente grande de la capa límite de la fracción de flujo de aire superior 106.1 (catapultando la fracción de flujo de aire 106.1 lejos del revestimiento exterior 103.4 en el borde de separación de flujo 103.9), la distancia del punto de inflexión es $IPD = 380 \text{ mm}$, de manera que la distancia del punto de inflexión IPD es el 6,5% de la longitud de cabeza HL.

Como puede verse también en la Figura 4, en el presente ejemplo, la primera sección de rampa 103.11 tiene un punto de partida tangente TSP en el revestimiento exterior 103.4 que está ubicado entre el punto de inflexión IP y el borde de separación de flujo 103.9 a una distancia de $TD = 150 \text{ mm}$ desde el borde de separación de flujo 103.9. La primera sección de rampa 103.11 define una primera dirección tangencial T1 que comienza en el punto de partida tangente TSP, siendo tangente al borde de separación de flujo 103.9 y apuntando hacia la punta del morro 103.10.

Como puede verse también en la Figura 4, la primera dirección tangencial T1 está inclinada con respecto a la dirección longitudinal en un primer ángulo de inclinación $TA1 = +16^\circ$ (siendo el valor positivo del primer ángulo de inclinación TA1 representativo de la primera dirección tangencial T1 que tiene un componente abajo hacia la vía 105).

Como puede verse también en la Figura 4, la primera sección de rampa 103.11 es una superficie sustancialmente lisa y curvada regularmente casi sin irregularidades superficiales (macroscópicas perceptibles). Por lo tanto, la superficie de la propia primera sección de rampa 103.11 coincide con, o forma, una primera superficie media (como se ha definido anteriormente) de la primera sección de rampa 103.11. Esta superficie media, en el plano longitudinal central 101.1, en su transición al borde de separación de flujo 103.9, define una segunda dirección tangencial T2 que apunta hacia la punta del morro. La segunda dirección tangencial T2 está inclinada con respecto a la dirección longitudinal (eje x) en un segundo ángulo de inclinación $TA2 = +9^\circ$ (siendo el valor positivo del segundo ángulo de inclinación TA2 representativo de la segunda dirección tangencial T2 que tiene un componente abajo hacia la vía 105).

En el ejemplo presente, la primera dirección tangencial T1 coincide sustancialmente con la primera dirección de flujo FS1 que impone a la fracción de flujo de aire superior 106.1 la primera sección de rampa 103.11 inmediatamente al pasar el borde de separación de flujo 103.9 (a la velocidad nominal operativa VN), a lo largo del revestimiento exterior en una dirección paralela al plano longitudinal central hacia el extremo libre. Por lo tanto, en el presente ejemplo, la dirección del flujo FS1 está inclinada con respecto a la dirección longitudinal (eje x) en un tercer ángulo de inclinación $TA3 = TA1 = 16^\circ$ (siendo el valor positivo del tercer ángulo de inclinación TA3 nuevamente representativo de la dirección del flujo de aire FS1 que tiene un flujo componente abajo hacia la vía 105). Sin embargo, se apreciará que, con otras realizaciones de la invención, puede existir cierta desviación entre el primer y el tercer ángulo de inclinación TA1, TA3.

Se apreciará que, habitualmente, la diferencia entre el primer y el tercer ángulo de inclinación TA1, TA3 y el segundo ángulo de inclinación TA2 varía en función de la longitud de flujo de la primera sección de rampa 103.11 a lo largo de la cual prevalece el segundo ángulo de inclinación TA2. Cuanto mayor es esta longitud de flujo, menor es la desviación entre estos ángulos.

En el ejemplo presente, la segunda sección de rampa 103.12 es de manera similar una superficie sustancialmente lisa y curvada regularmente casi sin irregularidades superficiales (macroscópicas perceptibles). Por lo tanto, la superficie de la propia segunda sección de rampa 103.12 coincide con, o forma, una segunda superficie media (como se ha definido anteriormente) de la segunda sección de rampa 103.12. La segunda superficie media formada por la superficie de la segunda sección de rampa 103.12, en el plano longitudinal central 101.1, en su transición al borde de separación de flujo 103.9, define una tercera dirección tangencial T4 que apunta lejos del extremo libre de la sección de cabeza, estando la tercera dirección tangencial T4, en un sector orientado en la dirección de altura, inclinada con respecto a la primera dirección tangencial T1 en un ángulo de inclinación de 134° .

Asimismo, en el presente ejemplo, la segunda sección de rampa 103.12, en el plano longitudinal central 101.1, en el borde de separación de flujo 103.9, impone una segunda dirección de flujo FS2 sobre un segundo flujo de aire que fluye, a la velocidad operativa nominal, a lo largo del revestimiento exterior 103.4 en una dirección paralela al plano longitudinal central 101.1 lejos del extremo libre de la sección de cabeza (como es el caso durante el funcionamiento en el extremo anterior del vehículo 101). En el ejemplo presente, la segunda dirección de flujo FS2 coincide con la tercera dirección tangencial T4. Por lo tanto, la segunda dirección de flujo FS2, en un sector orientado en la dirección de altura, está inclinado con respecto a la primera dirección de flujo FS1 en el cuarto ángulo de inclinación $TA4 = 140^\circ$.

En el ejemplo presente, el dispositivo de separación de flujo 103.7 es sustancialmente simétrico con respecto al plano longitudinal central 101.1. El borde de separación de flujo 103.9, en una sola sección de borde, se extiende sobre toda la etapa de separación de flujo 103.7 (es decir, desde una superficie lateral a la superficie lateral opuesta del módulo de vehículo 102) y está diseñado como un borde marcado y pronunciado, consiguiendo así de manera sencilla el patrón de separación de flujo deseado con una forma aerodinámicamente ventajosa de la burbuja de estela 109. Sin embargo, se apreciará que el borde de separación de flujo, con otras realizaciones de la invención, también se puede proporcionar en una pluralidad de secciones de borde espacialmente distintas.

En toda su longitud (es decir, en toda la sección de borde), el borde de separación de flujo 103.9 define una dirección tangencial (en cada punto de la sección de borde). El borde de separación de flujo 103.9, en un plano seccional perpendicular a esta dirección tangencial, tiene un radio de curvatura de 5 mm que garantiza una separación de flujo continua de manera sencilla y eficiente.

Se apreciará que, en el presente ejemplo, una etapa de separación de flujo está formada por la primera sección de rampa 103.11 y la segunda sección de rampa 103.12 que, por un lado, provoca (en el extremo posterior del vehículo 101) un flujo que tiene una primera dirección de flujo FS1 en el borde de separación de flujo 103.9 y que, por otro lado,

tiene la segunda sección de rampa 103.12 ubicada (en esta primera dirección de flujo FS1) aguas abajo del borde de separación de flujo 103.9 y se pliega marcadamente con respecto a esta primera dirección de flujo FS1 40° de manera que la distancia transversal (es decir, la distancia en una dirección transversal a la primera dirección de flujo FS1) entre el flujo separado 106.1 y la segunda sección de rampa 103.12 aumenta rápidamente a medida que se propaga el flujo 106.1. Se apreciará en este contexto que la segunda sección de rampa 103.12 no tiene que ser necesariamente un elemento de pared curvado regularmente. Más bien, puede ser un elemento de pared recto y también curvado arbitrariamente (en una o dos direcciones) o puede ser una combinación (arbitraria) de secciones curvas y/o rectas.

Por lo tanto, con el diseño indicado anteriormente, de una manera muy sencilla se puede conseguir una configuración, donde se genere el cambio marcado, rápido y pronunciado en el curso del revestimiento exterior 103.4 como ha indicado anteriormente en el borde de separación de flujo 103.9, de manera que la fracción de flujo de aire superior 106.1 ya no pueda seguir este cambio en el curso del revestimiento exterior 103.4 y se separe de manera definida del revestimiento exterior 103.4 en el borde de separación de flujo 103.9.

En el ejemplo presente, se consigue una configuración particularmente aerodinámicamente beneficiosa porque el borde de separación de flujo 103.9, desde una superficie lateral a la otra superficie lateral de la carrocería del vagón 102, continúa sustancialmente sin discontinuidad bordes de separación de flujo de viento cruzado 110.1 de dos dispositivos de separación de flujo de viento cruzado 110 que se extienden lateralmente en la dirección longitudinal a lo largo del lado superior de la sección de cabeza 103.2 a lo largo de la ventana frontal 101.2 como los que se conocen gracias a la patente europea EP 2 383 161 A1 (cuya descripción completa se incorpora en la presente memoria por referencia). Por lo tanto, en el presente ejemplo, los bordes de separación de flujo 110.1 y 103.9 forman juntos un borde de separación de flujo generalmente en forma de U que enmarca sustancialmente la parte orientada hacia arriba del revestimiento exterior 103.4 de la sección de cabeza 103.2.

El borde de separación de flujo 103.9, en una proyección perpendicular sobre un plano transversal perpendicular a la dirección longitudinal, tiene un ancho de borde efectivo máximo $W_{s\text{máx}}$ en la dirección transversal (eje y) que está definida por los puntos donde una tangente al borde de separación de flujo 103.9 en un plano perpendicular a la dirección de altura alcanza una inclinación de 45° con respecto a la dirección transversal como se muestra en la Figura 3. En el ejemplo presente, el ancho de borde efectivo máximo es $W_{s\text{máx}} = 1825$ mm la dirección transversal, que corresponde al 64% del ancho máximo de la carrocería del vagón $W_{\text{máx}}$ de la carrocería del vagón 102 en el plano de transición 102.3. Por lo tanto, se obtiene un tamaño de la cavidad de separación de flujo 103.6, lo que genera un impacto en el flujo de aire 106.1 lo suficientemente grande como para catapultarlo lejos del revestimiento exterior 103.4.

Se apreciará que, en algunos casos, puede contemplarse que el dispositivo de separación de flujo 103.7, a pesar de ser un componente pasivo como se ha indicado anteriormente, se desactiva cuando se encuentra en el extremo anterior del vehículo 101 simplemente cubriendo la cavidad de separación de flujo 103.6 con una cubierta adecuada como indica el contorno discontinuo 111 en la Figura 4. En este caso, el dispositivo de separación de flujo 103.7 comprende preferiblemente una unidad de interfaz (no mostrada) configurada para montar el dispositivo de cubierta 111 en un estado desactivado del dispositivo de separación de flujo 103.7. Preferiblemente, como se muestra en la Figura 4, dicha cubierta 111 está conformada de manera que continúa sustancialmente la superficie regular del revestimiento exterior circundante 103.4 de la carrocería del vagón 102, evitando así potencialmente cualquier aumento de la resistencia aerodinámica en el extremo anterior del vehículo 101 debido al dispositivo de separación de flujo 103.7.

Segunda a quinta realización

Con referencia a las Figuras 7 a 10, se describirán ahora con mayor detalle otras realizaciones preferidas de un vehículo 201 a 501 según la presente invención. El respectivo vehículo 201 a 501, en su diseño y funcionalidad básicos, corresponde en gran medida al vehículo 101 de manera que solo se hará referencia principalmente a las diferencias. Además, componentes idénticos o similares reciben los mismos números de referencia aumentados de 100 a 400, respectivamente. A menos que se den explicaciones divergentes a continuación, aquí se hace referencia explícita a las explicaciones dadas anteriormente con respecto a las características y funciones de estos componentes.

Asimismo, con respecto a la ubicación y orientación de las dimensiones y los ángulos mencionados a continuación, se hace referencia explícita a las dimensiones y los ángulos correspondientes como se ha descrito y mostrado en los dibujos en el contexto de la primera realización.

La única diferencia del vehículo 201 con respecto al vehículo 101 radica en los parámetros de diseño específicos del dispositivo de separación de flujo 203.7 de la sección de morro 203.5 del módulo de vehículo 202 que, aparte de la sección de morro 203.5 mostrada en la Figura 7, es idéntica al módulo de vehículo 102. En particular, el vehículo 201 tiene la misma longitud de cabeza HL, altura de cabeza HH, ancho de la cabeza $W_{\text{máx}}$ y, ángulo de avance $FA = 45^\circ$ que el vehículo 101.

En la realización de la Figura 7, el dispositivo de separación de flujo 203.7, más precisamente, el borde de separación de flujo 203.9, en una zona transversalmente central de la carrocería del vagón, en particular, en el plano longitudinal central 101.1, tiene una altura de separación de flujo HS por encima del nivel de vía TOR de 1386 mm, lo que

corresponde de nuevo aproximadamente al 36% de la altura de cabeza HH.

Asimismo, el borde de separación de flujo 203.9, en el plano longitudinal central 101.1, tiene una distancia de morro ND en la dirección longitudinal desde la punta de morro 203.10 de la sección de cabeza 203.2, que es ND = 122 mm, y, por lo tanto, el 2% de la longitud de cabeza HL.

- 5 El punto de inflexión IP se encuentra a una distancia del punto de inflexión de IPD = 500 mm, de manera que la distancia del punto de inflexión IPD es el 8,4% de la longitud de cabeza HL.

La primera dirección tangencial T1 está inclinada con respecto a la dirección longitudinal en un primer ángulo de inclinación TA1 = +12°, mientras que el segundo ángulo de inclinación es TA2 = + 4°. De nuevo, el tercer ángulo de inclinación TA3 es igual al primer ángulo de inclinación TA1.

- 10 Por último, el ancho de borde efectivo máximo es $W_{sm\acute{a}x} = 1520$ mm en dirección transversal, que corresponde al 53% del ancho máximo de la carrocería del vagón $W_{m\acute{a}x}$ de la carrocería del vagón 202 en el plano de transición 102.3.

- 15 Por lo tanto, aquí también, se obtiene un diseño y un tamaño de la cavidad de separación de flujo 203.6, lo que genera un impacto en el flujo de aire 106.1 lo suficientemente grande como para catapultarlo lejos del revestimiento exterior 103.4. De nuevo, dicho diseño ocasiona un ligero aumento en la resistencia aerodinámica cuando el dispositivo de separación de flujo 203.7 está ubicado en el extremo anterior del vehículo 201. Sin embargo, aquí también, este efecto se compensa en gran medida por la reducción de la resistencia proporcionada por el dispositivo de separación de flujo 203.7 (diseñado de manera idéntica en la realización mostrada) ubicado en el otro extremo posterior del tren 201. De este modo, en conjunto, puede conseguirse una reducción considerable de la resistencia total del tren 201. En el ejemplo presente, en comparación con el vehículo 107 de diseño idéntico que se muestra en la Figura 6, puede conseguirse una reducción total de entre el 2% y el 2,5% en la resistencia aerodinámica del tren 201.

- 20 La única diferencia del vehículo 301 con respecto al vehículo 101 radica también en los parámetros de diseño específicos del dispositivo de separación de flujo 303.7 de la sección de morro 303.5 del módulo de vehículo 302 que, aparte de la sección de morro 303.5 mostrada en la Figura 8, es idéntica al módulo de vehículo 102. En particular, el vehículo 301 tiene nuevamente la misma longitud de cabeza HL, altura de cabeza HH, ancho de la cabeza $W_{m\acute{a}xY}$, ángulo de avance FA = 45° que el vehículo 101.

En la realización de la Figura 8, el dispositivo de separación de flujo 303.7, más precisamente, el borde de separación de flujo 303.9, en una zona transversalmente central de la carrocería del vagón, en particular, en el plano longitudinal central 101.1, tiene una altura de separación de flujo HS por encima del nivel de vía TOR de 1334 mm, lo que corresponde de nuevo aproximadamente al 35% de la altura de cabeza HH.

- 30 Asimismo, el borde de separación de flujo 303.9, en el plano longitudinal central 101.1, tiene una distancia de morro ND en la dirección longitudinal desde la punta de morro 303.10 de la sección de cabeza 303.2, que es ND = 90 mm, y, por lo tanto, el 1,5% de la longitud de cabeza HL.

El punto de inflexión IP se encuentra a una distancia del punto de inflexión de IPD = 275 mm, de manera que la distancia del punto de inflexión IPD es el 4,7% de la longitud de cabeza HL.

- 35 La primera dirección tangencial T1 está inclinada con respecto a la dirección longitudinal en un primer ángulo de inclinación TA1 = +6°, mientras que el segundo ángulo de inclinación es TA2 = + 4°. De nuevo, el tercer ángulo de inclinación TA3 es igual al primer ángulo de inclinación TA1.

Por último, el ancho de borde efectivo máximo es $W_{sm\acute{a}x} = 1500$ mm en dirección transversal, que corresponde al 53% del ancho máximo de la carrocería del vagón $W_{m\acute{a}x}$ de la carrocería del vagón 302 en el plano de transición 102.3.

- 40 Por lo tanto, aquí también, se obtiene un diseño y un tamaño de la cavidad de separación de flujo 303.6, lo que genera un impacto en el flujo de aire 106.1 lo suficientemente grande como para catapultarlo lejos del revestimiento exterior 103.4. De nuevo, dicho diseño ocasiona un ligero aumento en la resistencia aerodinámica cuando el dispositivo de separación de flujo 303.7 está ubicado en el extremo anterior del vehículo 301. Sin embargo, aquí también, este efecto se compensa en gran medida por la reducción de la resistencia proporcionada por el dispositivo de separación de flujo 303.7 (diseñado de manera idéntica en la realización mostrada) ubicado en el otro extremo posterior del tren 301. De este modo, en conjunto, puede conseguirse una reducción considerable de la resistencia total del tren 301. En el ejemplo presente, en comparación con el vehículo 107 de diseño idéntico que se muestra en la Figura 6, puede conseguirse una reducción total de entre el 2% y el 2,5% en la resistencia aerodinámica del tren 301.

- 50 La única diferencia del vehículo 401 con respecto al vehículo 101 radica también en los parámetros de diseño específicos del dispositivo de separación de flujo 403.7 de la sección de morro 403.5 del módulo de vehículo 402 que, aparte de la sección de morro 403.5 mostrada en la Figura 9, es idéntica al módulo de vehículo 102. En particular, el vehículo 401 tiene nuevamente la misma longitud de cabeza HL, altura de cabeza HH, ancho de la cabeza $W_{m\acute{a}xY}$, ángulo de avance FA = 45° que el vehículo 101.

En la realización de la Figura 9, el dispositivo de separación de flujo 403.7, más precisamente, el borde de separación

de flujo 403.9, en una zona transversalmente central de la carrocería del vagón, en particular, en el plano longitudinal central 101.1, tiene una altura de separación de flujo HS por encima del nivel de vía TOR de 1475 mm, lo que corresponde aproximadamente al 38% de la altura de cabeza HH.

- 5 Asimismo, el borde de separación de flujo 403.9, en el plano longitudinal central 101.1, tiene una distancia de morro ND en la dirección longitudinal desde la punta de morro 403.10 de la sección de cabeza 403.2, que es ND = 209 mm, y, por lo tanto, el 3,5% de la longitud de cabeza HL.

El punto de inflexión IP se encuentra a una distancia del punto de inflexión de IPD = 150 mm, de manera que la distancia del punto de inflexión IPD es el 2,5% de la longitud de cabeza HL.

- 10 La primera dirección tangencial T1 está inclinada con respecto a la dirección longitudinal en un primer ángulo de inclinación TA1 = +1°, mientras que el segundo ángulo de inclinación aquí también es TA2 = +1°. De nuevo, el tercer ángulo de inclinación TA3 es igual al primer ángulo de inclinación TA1.

Por último, el ancho de borde efectivo máximo es $W_{s\text{máx}} = 1500$ mm en dirección transversal, que corresponde al 53% del ancho máximo de la carrocería del vagón $W_{\text{máx}}$ de la carrocería del vagón 402 en el plano de transición 102.3.

- 15 Por lo tanto, aquí también, se obtiene un diseño y un tamaño de la cavidad de separación de flujo 403.6, lo que genera un impacto en el flujo de aire 106.1 lo suficientemente grande como para catapultarlo lejos del revestimiento exterior 103.4. De nuevo, dicho diseño ocasiona un ligero aumento en la resistencia aerodinámica cuando el dispositivo de separación de flujo 403.7 está ubicado en el extremo anterior del vehículo 401. Sin embargo, aquí también, este efecto se compensa en gran medida por la reducción de la resistencia proporcionada por el dispositivo de separación de flujo 403.7 (diseñado de manera idéntica en la realización mostrada) ubicado en el otro extremo posterior del tren 401. De este modo, en conjunto, puede conseguirse una reducción considerable de la resistencia total del tren 401. En el ejemplo presente, en comparación con el vehículo 107 de diseño idéntico que se muestra en la Figura 6, puede conseguirse una reducción total de entre el 2% y el 2,5% en la resistencia aerodinámica del tren 401 aquí también.

- 25 La única diferencia del vehículo 501 con respecto al vehículo 101 radica también en los parámetros de diseño específicos del dispositivo de separación de flujo 503.7 de la sección de morro 503.5 del módulo de vehículo 502 que, aparte de la sección de morro 503.5 mostrada en la Figura 10, es idéntica al módulo de vehículo 102. En particular, el vehículo 501 tiene nuevamente la misma longitud de cabeza HL, altura de cabeza HH, ancho de la cabeza $W_{\text{máx}}$, ángulo de avance FA = 45° que el vehículo 101.

- 30 En la realización de la Figura 10, el dispositivo de separación de flujo 503.7, más precisamente, el borde de separación de flujo 503.9, en una zona transversalmente central de la carrocería del vagón, en particular, en el plano longitudinal central 101.1, tiene una altura de separación de flujo HS por encima del nivel de vía TOR de 1386 mm, lo que corresponde aproximadamente al 36% de la altura de cabeza HH.

Asimismo, el borde de separación de flujo 503.9, en el plano longitudinal central 101.1, tiene una distancia de morro ND en la dirección longitudinal desde la punta de morro 503.10 de la sección de cabeza 503.2, que es ND = 122 mm, y, por lo tanto, el 2% de la longitud de cabeza HL.

- 35 El punto de inflexión IP se encuentra a una distancia del punto de inflexión de IPD = 219 mm, de manera que la distancia del punto de inflexión IPD es el 3,7% de la longitud de cabeza HL.

La primera dirección tangencial T1 está inclinada con respecto a la dirección longitudinal en un primer ángulo de inclinación TA1 = +12°, mientras que el segundo ángulo de inclinación aquí es TA2 = + 4°. De nuevo, el tercer ángulo de inclinación TA3 es igual al primer ángulo de inclinación TA1.

- 40 Por último, el ancho de borde efectivo máximo es $W_{s\text{máx}} = 1520$ mm en dirección transversal, que corresponde al 53% del ancho máximo de la carrocería del vagón $W_{\text{máx}}$ de la carrocería del vagón 502 en el plano de transición 102.3.

- 45 Por lo tanto, aquí también, se obtiene un diseño y un tamaño de la cavidad de separación de flujo 503.6, lo que genera un impacto en el flujo de aire 106.1 lo suficientemente grande como para catapultarlo lejos del revestimiento exterior 103.4. De nuevo, dicho diseño ocasiona un ligero aumento en la resistencia aerodinámica cuando el dispositivo de separación de flujo 503.7 está ubicado en el extremo anterior del vehículo 501. Sin embargo, aquí también, este efecto se compensa en gran medida por la reducción de la resistencia proporcionada por el dispositivo de separación de flujo 503.7 (diseñado de manera idéntica en la realización mostrada) ubicado en el otro extremo posterior del tren 501. De este modo, en conjunto, puede conseguirse una reducción considerable de la resistencia total del tren 501. En el ejemplo presente, en comparación con el vehículo 107 de diseño idéntico que se muestra en la Figura 6, puede conseguirse una reducción total de entre el 2% y el 2,5% en la resistencia aerodinámica del tren 501 aquí también.

Se apreciará que cualquiera de las secciones de morro 203.5 a 503.5, en las realizaciones anteriores, simplemente reemplazan la sección de morro 103.5 del vehículo 101 para formar el respectivo vehículo 201 a 501.

Sexta realización

Con referencia a las Figuras 11 y 12, se describirá ahora con mayor detalle otra realización preferida de un vehículo 601 según la presente invención. El vehículo 601, en su diseño y funcionalidad básicos, corresponde en gran medida al vehículo 101 de manera que solo se hará referencia principalmente a las diferencias. Además, componentes idénticos o similares reciben los mismos números de referencia aumentados en 500. A menos que se den explicaciones divergentes a continuación, aquí se hace referencia explícita a las explicaciones dadas anteriormente con respecto a las características y funciones de estos componentes.

En particular, con respecto a la ubicación y orientación de las dimensiones y los ángulos mencionados a continuación, se hace referencia explícita a las dimensiones y los ángulos correspondientes como se ha descrito y mostrado en los dibujos en el contexto de la primera realización.

La única diferencia del vehículo 601 con respecto al vehículo 101 radica en el diseño específico del dispositivo de separación de flujo 603.7 de la sección de morro 603.5 del módulo de vehículo 602 que, aparte de la sección de morro 603.5 mostrada en las Figuras 11 y 12, es idéntica al módulo de vehículo 102. En particular, el vehículo 601 tiene la misma longitud de cabeza HL, altura de cabeza HH, ancho de la cabeza $W_{m\acute{a}x}$, ángulo de avance $FA = 45^\circ$ que el vehículo 101. Se apreciará que la sección de morro 603.5 simplemente reemplaza la sección de morro 103.5 del vehículo 101.

En la realización de las Figuras 11 y 12, el dispositivo de separación de flujo 603.7 es un dispositivo activable selectivamente en forma de elemento retráctil generalmente en forma de placa, que forma el borde de separación de flujo 603.9 en su extremo libre orientado lejos del revestimiento exterior 103.4. El dispositivo de separación de flujo 603.7, en su estado desactivado (no mostrado) está completamente retraído detrás del revestimiento exterior 103.4 en la dirección longitudinal, de manera que el borde de separación de flujo 603.9 está completamente nivelado con el revestimiento exterior circundante 103.4. En este caso, cuando la sección de cabeza 603.2 forma el extremo anterior del vehículo 601, el dispositivo de separación de flujo 603.7 completamente retraído y, por lo tanto, desactivado aerodinámicamente no provoca ninguna resistencia.

Como puede verse en las Figuras 11 y 12, en esta realización, el punto de inflexión IP se forma en la intersección entre el dispositivo de separación de flujo en forma de placa 603.7 y el revestimiento exterior, de manera que aquí también se forma una sección de separación de flujo de separación de flujo generalmente cóncava 603.6, que proporciona el cambio necesario en la dirección de la fracción de flujo de aire 106.1 necesario para separarse continuamente del revestimiento exterior 104.3 y proporcionar el patrón de flujo de estela deseado como se ha descrito en el contexto de la primera realización (en particular, en el contexto de la Figura 5).

Al igual que en la primera realización, el dispositivo de separación de flujo 603.7 forma una primera sección de rampa 603.11 aguas arriba del borde de separación de flujo 603.9 que proporciona el cambio deseado en la dirección de la fracción de flujo de aire 106.1. Debido al hecho de que el dispositivo de separación de flujo 603.7 es un elemento sencillo generalmente en forma de placa, la fracción de flujo de aire 106.1, después de pasar el borde de separación de flujo 603.9, se separa continuamente del revestimiento exterior 104.3 en la medida en que haya suficiente distancia entre el extremo libre de la placa 603.7 con el borde de separación de flujo 603.9 y la parte adyacente del revestimiento exterior.

En el ejemplo presente, el dispositivo de separación de flujo 603.7, más precisamente, el borde de separación de flujo 603.9, en una zona transversalmente central de la carrocería del vagón, en particular, en el plano longitudinal central 101.1, tiene una altura de separación de flujo HS por encima del nivel de vía TOR de 1768 mm, lo que corresponde aproximadamente al 46% de la altura de cabeza HH.

Asimismo, el borde de separación de flujo 603.9, en el plano longitudinal central 101.1, tiene una distancia de morro ND en la dirección longitudinal desde la punta de morro 603.10 de la sección de cabeza 603.2, que es $ND = 47$ mm, y, por lo tanto, el 0,7% de la longitud de cabeza HL.

El punto de inflexión IP se encuentra a una distancia del punto de inflexión de $IPD = 630$ mm, de manera que la distancia del punto de inflexión IPD es el 10,7% de la longitud de cabeza HL.

La primera dirección tangencial T1 está inclinada con respecto a la dirección longitudinal en un primer ángulo de inclinación $TA1 = + -5^\circ$, mientras que el segundo ángulo de inclinación es $TA2 = + -6^\circ$. De nuevo, el tercer ángulo de inclinación TA3 es igual al primer ángulo de inclinación TA1.

Por último, el ancho de borde efectivo máximo corresponde obviamente al ancho de la placa 603.7 en la dirección transversal y es $W_{Sm\acute{a}x} = 800$ mm, que corresponde al 28% del ancho máximo de la carrocería del vagón $W_{m\acute{a}x}$ de la carrocería del vagón 602 en el plano de transición 102.3.

Por lo tanto, aquí también, se obtiene un diseño y un tamaño de la cavidad de separación de flujo 603.6, lo que genera un impacto en el flujo de aire 106.1 lo suficientemente grande como para catapultarlo lejos del revestimiento exterior 103.4. Además, dado que el dispositivo de separación de flujo 603.7 puede retraerse completamente, es decir, desactivarse, dicho diseño evita cualquier aumento en la resistencia aerodinámica cuando el dispositivo de separación

de flujo 603.7 está ubicado en el extremo anterior del vehículo 601. De este modo, en conjunto, puede conseguirse una reducción considerable de la resistencia total del tren 601. En el ejemplo presente, en comparación con el vehículo 107 de diseño idéntico que se muestra en la Figura 6, puede conseguirse una reducción total de entre el 2% y el 2,5% en la resistencia aerodinámica del tren 601.

- 5 Se apreciará que el dispositivo de separación de flujo 606.7 que se puede usar se establece a diferentes extensiones desde el revestimiento exterior 103.4 y/o a diferentes ángulos de inclinación con respecto al revestimiento exterior 103.4. A continuación se facilitarán ejemplos correspondientes.

En una primera variación, la altura de separación de flujo se establece en $HS = 1631$ mm (es decir, el 42% de la altura de cabeza HH). La distancia del morro se establece en $ND = 70$ mm (es decir, el 1,1% de la longitud de cabeza HL). La distancia del punto de inflexión se establece en $IPD = 610$ mm (es decir, el 10,7% de la longitud de cabeza HL). El primer ángulo de inclinación se establece en $TA1 = +10^\circ$, mientras que el segundo ángulo de inclinación también es $TA2 = +10^\circ$. De nuevo, el tercer ángulo de inclinación $TA3$ es igual al primer ángulo de inclinación $TA1$. Por último, el ancho de borde efectivo máximo es de nuevo obviamente $W_{s\text{máx}} = 800$ mm (es decir, el 28% del ancho máximo de la carrocería del vagón $W_{\text{máx}}$). En esta variante, en comparación con el vehículo 107 de diseño idéntico que se muestra en la Figura 6, también puede conseguirse una reducción total de entre el 2% y el 2,5% en la resistencia aerodinámica del tren 601.

En una segunda variación, la altura de separación de flujo se establece en $HS = 1835$ mm (es decir, el 47% de la altura de cabeza HH). La distancia del morro se establece en $ND = 185$ mm (es decir, el 3,1% de la longitud de cabeza HL). La distancia del punto de inflexión se establece en $IPD = 505$ mm (es decir, el 8,6% de la longitud de cabeza HL). El primer ángulo de inclinación se establece en $TA1 = +20^\circ$, mientras que el segundo ángulo de inclinación también es $TA2 = +24^\circ$. De nuevo, el tercer ángulo de inclinación $TA3$ es igual al primer ángulo de inclinación $TA1$. Por último, el ancho de borde efectivo máximo es de nuevo obviamente $W_{s\text{máx}} = 800$ mm (es decir, el 28% del ancho máximo de la carrocería del vagón $W_{\text{máx}}$). En esta variante, en comparación con el vehículo 107 de diseño idéntico que se muestra en la Figura 6, puede conseguirse una reducción total de entre el 1,5% y el 2,0% en la resistencia aerodinámica del tren 601.

En una tercera variación, la altura de separación de flujo se establece en $HS = 1785$ mm (es decir, el 46% de la altura de cabeza HH). La distancia del morro se establece en $ND = 370$ mm (es decir, el 6,3% de la longitud de cabeza HL). La distancia del punto de inflexión se establece en $IPD = 324$ mm (es decir, el 5,5% de la longitud de cabeza HL). El primer ángulo de inclinación se establece en $TA1 = -15^\circ$, mientras que el segundo ángulo de inclinación también es $TA2 = +23^\circ$. De nuevo, el tercer ángulo de inclinación $TA3$ es igual al primer ángulo de inclinación $TA1$. Por último, el ancho de borde efectivo máximo es de nuevo obviamente $W_{s\text{máx}} = 800$ mm (es decir, el 28% del ancho máximo de la carrocería del vagón $W_{\text{máx}}$). En esta variante, en comparación con el vehículo 107 de diseño idéntico que se muestra en la Figura 6, puede conseguirse una reducción total de entre el 1,5% y el 2,0% en la resistencia aerodinámica del tren 601 aquí también.

Por último, en una cuarta variación, la altura de separación de flujo se establece en $HS = 1760$ mm (es decir, el 45% de la altura de cabeza HH). La distancia del morro se establece en $ND = 368$ mm (es decir, el 6,3% de la longitud de cabeza HL). La distancia del punto de inflexión se establece en $IPD = 310$ mm (es decir, el 5,3% de la longitud de cabeza HL). El primer ángulo de inclinación se establece en $TA1 = +5^\circ$, mientras que el segundo ángulo de inclinación también es $TA2 = +7^\circ$. De nuevo, el tercer ángulo de inclinación $TA3$ es igual al primer ángulo de inclinación $TA1$. Por último, el ancho de borde efectivo máximo es de nuevo obviamente $W_{s\text{máx}} = 800$ mm (es decir, el 28% del ancho máximo de la carrocería del vagón $W_{\text{máx}}$). En esta variante, en comparación con el vehículo 107 de diseño idéntico que se muestra en la Figura 6, puede conseguirse una reducción total de entre el 1,5% y el 2,0% en la resistencia aerodinámica del tren 601 aquí también.

Séptima realización

45 Con referencia a las Figuras 13 y 14, se describirá ahora con mayor detalle una realización preferida adicional de un vehículo 701 según la presente invención. El vehículo 701, en su diseño y funcionalidad básicos, corresponde en gran medida al vehículo 101 de manera que solo se hará referencia principalmente a las diferencias. Además, componentes idénticos o similares reciben los mismos números de referencia aumentados en 600. A menos que se den explicaciones divergentes a continuación, aquí se hace referencia explícita a las explicaciones dadas anteriormente con respecto a las características y funciones de estos componentes.

En particular, con respecto a la ubicación y orientación de las dimensiones y los ángulos mencionados a continuación, se hace referencia explícita a las dimensiones y los ángulos correspondientes como se ha descrito y mostrado en los dibujos en el contexto de la primera realización.

55 La única diferencia del vehículo 701 con respecto al vehículo 101 radica en el diseño específico del dispositivo de separación de flujo 703.7 de la sección de morro 703.5 del módulo de vehículo 702 que, aparte de la sección de morro 703.5 mostrada en las Figuras 13 y 14, es idéntica al módulo de vehículo 102. En particular, el vehículo 701 tiene la misma longitud de cabeza HL, altura de cabeza HH, ancho de la cabeza $W_{\text{máx}}$, ángulo de avance $FA = 45^\circ$ que el vehículo 101. Se apreciará que la sección de morro 703.5 simplemente reemplaza la sección de morro 103.5 del

vehículo 101.

En la realización de las Figuras 10 y 11, el dispositivo de separación de flujo 703.7 es un dispositivo activable selectivamente en forma de elemento pivotante generalmente en forma de placa, que forma el borde de separación de flujo 703.9 en su extremo libre orientado lejos del revestimiento exterior 103.4. El dispositivo de separación de flujo 703.7, en su estado desactivado (no mostrado) es pivotado alrededor de un eje de pivote que se extiende en la dirección transversal, de manera que la superficie superior del dispositivo de separación de flujo 703.7 está completamente nivelada con el revestimiento exterior circundante 103.4. En este caso, cuando la sección de cabeza 703.2 forma el extremo anterior del vehículo 701, el completamente retraído y, por lo tanto, el dispositivo de separación de flujo desactivado aerodinámicamente 703.7 no provoca ninguna resistencia.

Como puede verse en las Figuras 11 y 12, en esta realización, el punto de inflexión IP se forma en la intersección entre el dispositivo de separación de flujo en forma de placa 703.7 y el revestimiento exterior, de manera que aquí también se forma una sección de separación de flujo de separación de flujo generalmente cóncava 703.6, que proporciona el cambio necesario en la dirección de la fracción de flujo de aire 106.1 necesario para separarse continuamente del revestimiento exterior 104.3 y proporcionar el patrón de flujo de estela deseado como se ha descrito en el contexto de la primera realización (en particular, en el contexto de la Figura 5).

Al igual que en la primera realización, el dispositivo de separación de flujo 703.7 forma una primera sección de rampa 703.11 aguas arriba del borde de separación de flujo 703.9 que proporciona el cambio deseado en la dirección de la fracción de flujo de aire 106.1. Debido al hecho de que el dispositivo de separación de flujo 703.7 es un elemento sencillo generalmente en forma de placa, la fracción de flujo de aire 106.1, después de pasar el borde de separación de flujo 703.9, se separa continuamente del revestimiento exterior 104.3 en la medida en que haya suficiente distancia entre el extremo libre de la placa 703.7 con el borde de separación de flujo 703.9 y la parte adyacente del revestimiento exterior.

En el ejemplo presente, el dispositivo de separación de flujo 703.7, más precisamente, el punto de inflexión IP, en una zona transversalmente central de la carrocería del vagón, en particular, en el plano longitudinal central 101.1, tiene una altura por encima del nivel de la vía TOR de 2235 mm que corresponde aproximadamente al 57% de la altura de cabeza HH. El borde de separación de flujo 703.9 tiene una altura por encima del nivel de vía TOR de 2475 mm, lo que corresponde aproximadamente al 63% de la altura de cabeza HH. Sin embargo, el punto decisivo del inicio del dispositivo de separación de flujo 703.7 formado por el punto de inflexión IP sigue por debajo del 60% de la altura de cabeza HH.

Asimismo, el borde de separación de flujo 703.9, en el plano longitudinal central 101.1, tiene una distancia de morro ND en la dirección longitudinal desde la punta de morro 703.10 de la sección de cabeza 703.2, que es ND = 596 mm, y, por lo tanto, el 10,1% de la longitud de cabeza HL.

El punto de inflexión IP se encuentra a una distancia del punto de inflexión de IPD = 700 mm, de manera que la distancia del punto de inflexión IPD es el 11,9% de la longitud de cabeza HL.

La primera dirección tangencial T1 está inclinada con respecto a la dirección longitudinal en un primer ángulo de inclinación TA1 = + -20°, mientras que el segundo ángulo de inclinación también es TA2 = + -20°. De nuevo, el tercer ángulo de inclinación TA3 es igual al primer ángulo de inclinación TA1.

Por último, el ancho de borde efectivo máximo corresponde obviamente al ancho de la placa 703.7 en la dirección transversal y es $W_{s\text{máx}} = 852$ mm, que corresponde al 30% del ancho máximo de la carrocería del vagón $W_{\text{máx}}$ de la carrocería del vagón 702 en el plano de transición 102.3.

Por lo tanto, aquí también, se obtiene un diseño y un tamaño de la cavidad de separación de flujo 703.6, lo que genera un impacto en el flujo de aire 106.1 lo suficientemente grande como para catapultarlo lejos del revestimiento exterior 103.4. Además, dado que el dispositivo de separación de flujo 703.7 puede retraerse completamente, es decir, desactivarse, dicho diseño evita cualquier aumento en la resistencia aerodinámica cuando el dispositivo de separación de flujo 703.7 está ubicado en el extremo anterior del vehículo 701. De este modo, en conjunto, puede conseguirse una reducción considerable de la resistencia total del tren 701. En el ejemplo presente, en comparación con el vehículo 107 de diseño idéntico que se muestra en la Figura 6, puede conseguirse una reducción total de entre el 1,5% y el 2,0% en la resistencia aerodinámica del tren 701.

Aunque la presente invención en lo que antecede solo se ha descrito en el contexto de vehículos ferroviarios de un solo piso, se apreciará que también se puede aplicar a cualquier otro tipo de vehículo, en particular, vehículos ferroviarios de dos pisos con el fin de superar problemas similares con respecto al comportamiento de resistencia y rebufo del vehículo.

REIVINDICACIONES

1. Un vehículo, en particular, un vehículo ferroviario, para un funcionamiento bidireccional a una velocidad de desplazamiento nominal, en particular, por encima de 160 km/h hasta 200 km/h, en una respectiva dirección de desplazamiento, que comprende

- 5 - al menos un módulo de vehículo (102; 202; 302; 402) con una carrocería de vagón (103; 203; 303; 403) que está soportada sobre un tren de rodaje (104) configurado para circular sobre una vía (105) que define un nivel de vía;
- definiendo dicho módulo de vehículo (102; 202; 302; 402) una dirección longitudinal, una dirección transversal y una dirección de altura;
- 10 - teniendo dicha carrocería de vagón (103; 203; 303; 403) un revestimiento exterior (103.4; 203.4; 303.4; 403.4) que define una sección de carrocería generalmente prismática y una sección de cabeza ahusada lateralmente no prismática (103.2; 203.2; 303.2; 403.2) ubicada en uno de sus extremos;
- teniendo dicho módulo de vehículo (102; 202; 302; 402), en una transición entre dicha sección de carrocería y dicha sección de cabeza, una dimensión de altura del vehículo máxima por encima de dicho nivel de vía en dicha dirección de altura;
- 15 - teniendo dicha carrocería de vagón (103; 203; 303; 403), en una parte orientada hacia arriba de dicha sección de cabeza, una sección de separación de flujo (103.6; 203.6; 303.6; 403.6) que comprende un dispositivo de separación de flujo (103.7; 203.7; 303.7; 403.7), en particular, un borde de separación de flujo (103.9; 203.9; 303.9; 403.9);
- estando dicho dispositivo de separación de flujo (103.7; 203.7; 303.7; 403.7), en particular, dicho borde de separación de flujo, en una zona transversalmente central de dicha carrocería de vagón (103; 203; 303; 403) y al menos en un estado activado, ubicado a una altura de separación de flujo en dicha dirección de altura del vehículo;
- 20 - proporcionando dicho dispositivo de separación de flujo (103.7; 203.7; 303.7; 403.7) una separación continua de una fracción superior de un flujo de aire (106) desde dicho revestimiento exterior (103.4; 203.4; 303.4; 403.4) de dicha carrocería de vagón (103; 203; 303; 403) cuando dicho módulo de vehículo (102; 202; 302; 402) circula a dicha velocidad de desplazamiento con dicha sección de cabeza (103.2; 203.2; 303.2; 403.2) formando un extremo posterior de dicho módulo de vehículo (102; 202; 302; 402);
caracterizado por que
- dicho dispositivo de separación de flujo (103.7; 203.7; 303.7; 403.7), al menos en dicho estado activado, define una sección de separación de flujo generalmente cóncava de dicho revestimiento exterior,
- 30 - dicha altura de separación de flujo varía hasta entre el 50% y el 65% de dicha dimensión de altura del vehículo máxima, preferiblemente entre el 25% y el 50% de dicha dimensión de altura del vehículo máxima, más preferiblemente entre el 30% y el 46% de dicha dimensión de altura del vehículo máxima, más preferiblemente incluso entre el 33% y el 39% de dicha dimensión de altura del vehículo máxima.

2. El vehículo según la reivindicación 1, en donde

- 35 - dicha altura de separación de flujo varía hasta 2500 mm, preferiblemente entre 900 mm y 1850 mm, más preferiblemente entre 1150 mm y 1650 mm, incluso más preferiblemente entre 1275 mm y 1750 mm, siendo dicho dispositivo de separación de flujo, en particular, un dispositivo pasivo de eficacia permanente, y variando dicha altura de separación de flujo entre 1100 mm y 1700 mm, preferiblemente entre 1200 mm y 1500 mm, más preferiblemente entre 1300 mm y 1400 mm, o siendo dicho dispositivo de separación de flujo, en particular, un dispositivo activable selectivamente, en particular, un dispositivo generalmente en forma de placa, y variando dicha altura de separación de flujo entre 900 mm y 2500 mm, preferiblemente entre 1300 mm y 1900 mm, más preferiblemente entre 1600 mm y 1750 mm;
- 40 y/o
- dicho dispositivo de separación de flujo, en particular, dicho borde de separación de flujo, en un plano longitudinal central perpendicular a dicha dirección transversal, tiene una distancia de morro en dicha dirección longitudinal desde un extremo libre de dicha sección de cabeza, y dicha sección de cabeza tiene una longitud máxima en dicha dirección longitudinal;
- 45 - dicha distancia del morro varía entre 0 mm y 600 mm, preferiblemente entre 30 mm y 350 mm, más preferiblemente entre 50 mm y 200 mm, siendo dicho dispositivo de separación de flujo, en particular, un dispositivo pasivo de eficacia permanente, y variando dicha distancia del morro entre 0 mm y 400 mm, preferiblemente entre 90 mm y 200 mm, más preferiblemente entre 90 mm y 150 mm, o siendo dicho dispositivo de separación de flujo, en particular, un dispositivo activable selectivamente, en particular, un dispositivo generalmente en forma de placa, y variando dicha distancia del morro entre 0 mm y 600 mm, preferiblemente entre 20 mm y 350 mm, más preferiblemente entre 40 mm y 200 mm;
- 50

y/o

- dicha distancia del morro varía entre el 0% y el 11%, preferiblemente entre el 0% y el 6%, más preferiblemente entre el 1,0% y el 3,5%, de dicha longitud máxima, siendo dicho dispositivo de separación de flujo, en particular, un dispositivo pasivo de eficacia permanente y variando dicha distancia del morro entre el 0% y el 7%, preferiblemente entre el 1% y el 4,5%, más preferiblemente entre el 1,5% y el 3,5%, de dicha longitud máxima, o siendo dicho dispositivo de separación de flujo, en particular, un dispositivo activable selectivamente, en particular, un dispositivo generalmente en forma de placa, y variando dicha distancia del morro entre el 0% y el 12%, preferiblemente entre el 0% y el 6%, más preferiblemente entre el 0,5% y el 3,5% de dicha longitud máxima.

3. El vehículo según la reivindicación 1 o 2, en donde

- una parte de avance de dicho revestimiento exterior ubicada en un lado de dicho dispositivo de separación de flujo orientado lejos de un extremo libre de dicha sección de cabeza, en un plano longitudinal central perpendicular a dicha dirección transversal, impone una dirección de flujo de avance sobre dicho flujo de aire, que está inclinado con respecto a dicha dirección longitudinal entre 20° y 60°, preferiblemente entre 30° y 50°, más preferiblemente entre 35° y 45°; y

- dicho dispositivo de separación de flujo (103.7; 203.7; 303.7; 403.7), al menos en dicho estado activado, comprende una primera sección de rampa ubicada adyacente a dicho borde de separación de flujo (103.9; 203.9; 303.9; 403.9) en un lado de dicho borde de separación de flujo orientado lejos de un extremo libre de dicha sección de cabeza;

en donde

- dicha primera sección de rampa, en un plano longitudinal central perpendicular a dicha dirección transversal, tiene un punto de partida tangente en dicho revestimiento exterior ubicado a una distancia de 150 mm desde dicho borde de separación de flujo y define una primera dirección tangencial que comienza en dicho punto de partida tangente, siendo tangente a dicho borde de separación de flujo y apuntando hacia un extremo libre de dicha sección de cabeza, estando dicha primera dirección tangencial inclinada con respecto a dicha dirección longitudinal en un primer ángulo de inclinación, variando dicho primer ángulo de inclinación entre -25° y +25°, preferiblemente entre -15° y +20°, más preferiblemente entre 0° y +15°, siendo un valor positivo de dicho primer ángulo de inclinación representativo de dicha primera dirección tangencial que tiene un componente hacia dicha vía;

y/o en donde

- dicho revestimiento exterior define una primera superficie media de dicha primera sección de rampa y dicha primera superficie media, en un plano longitudinal central perpendicular a dicha dirección transversal, en su transición a dicho borde de separación de flujo, definiendo una segunda dirección tangencial que apunta hacia un extremo libre de dicha sección de cabeza, estando dicha segunda dirección tangencial inclinada con respecto a dicha dirección longitudinal en un segundo ángulo de inclinación, variando dicho segundo ángulo de inclinación entre -25° y +25°, preferiblemente entre -10° y +15°, más preferiblemente entre -5° y +10°, siendo un valor positivo de dicho segundo ángulo de inclinación representativo de dicha segunda dirección tangencial que tiene un componente hacia dicha vía;

y/o en donde

- dicha primera sección de rampa, en un plano longitudinal central perpendicular a dicha dirección transversal, está configurada para imponer, en dicho borde de separación de flujo, una primera dirección de flujo sobre un primer flujo de aire que fluye, a dicha velocidad operativa nominal, a lo largo de dicho revestimiento exterior en una dirección paralela a dicho plano longitudinal central hacia dicho extremo libre, estando dicha primera dirección tangencial inclinada con respecto a dicha dirección longitudinal en un tercer ángulo de inclinación, variando dicho tercer ángulo de inclinación entre -25° y +25°, preferiblemente entre -15° y +20°, más preferiblemente entre 0° y +15°, siendo un valor positivo de dicho tercer ángulo de inclinación representativo de dicho primer flujo de aire que tiene un componente de flujo hacia dicha vía.

4. El vehículo según la reivindicación 3, en donde

- dicho dispositivo de separación de flujo es un dispositivo pasivo de eficacia permanente, variando dicho primer ángulo de inclinación y/o dicho tercer ángulo de inclinación entre -5° y +25°, preferiblemente entre 0° y +20°, más preferiblemente entre +1° y +15°, y/o variando dicho segundo ángulo de inclinación entre -5° y +15°, preferiblemente entre 0° y +10°, más preferiblemente entre +1° y +5°;

o

- dicho dispositivo de separación de flujo es un dispositivo activable selectivamente, en particular, un dispositivo generalmente en forma de placa, variando dicho primer ángulo de inclinación y/o dicho segundo ángulo de inclinación y/o dicho tercer ángulo de inclinación entre -30° y +20°, preferiblemente entre -20° y +15°, más preferiblemente entre -10° y +10°.

5. El vehículo según la reivindicación 3 o 4, en donde

- dicho dispositivo de separación de flujo (103.7; 203.7; 303.7; 403.7) comprende una segunda sección de rampa ubicada adyacente a dicho borde de separación de flujo en un lado de dicho borde de separación de flujo orientado hacia dicho extremo libre de dicha sección de cabeza;

5 en donde

- dicho revestimiento exterior define una segunda superficie media de dicha segunda sección de rampa y dicha segunda superficie media, en dicho plano longitudinal central, en su transición a dicho borde de separación de flujo, define una tercera dirección tangencial que apunta lejos de dicho extremo libre de dicha sección de cabeza, estando dicha tercera dirección tangencial, en un sector orientado en dicha dirección de altura, inclinada con respecto a dicha primera dirección tangencial entre 80° y 160°, preferiblemente entre 90° y 150°, más preferiblemente entre 110° y 140°;

y/o en donde

- dicho segunda sección de rampa, en dicho plano longitudinal central, está configurada para imponer, en dicho borde de separación de flujo, una segunda dirección de flujo hacia un segundo flujo de aire que fluye, a dicha velocidad operativa nominal, a lo largo de dicho revestimiento exterior en una dirección paralela a dicho plano longitudinal central desde dicho extremo libre de dicha sección de cabeza, estando dicha segunda dirección de flujo, en un sector orientado en dicha dirección de altura, inclinada con respecto a dicha primera dirección de flujo entre 60° y 160°, preferiblemente entre 90° y 150°, más preferiblemente entre 110° y 140°.

6. El vehículo según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde

- dicha sección de separación de flujo, en un plano longitudinal central perpendicular a dicha dirección transversal, tiene un punto de inflexión en el que, en particular, una curvatura de dicho revestimiento exterior cambia de signo y/o en la que se forma un acodamiento en dicho revestimiento exterior;

- teniendo dicho punto de inflexión, en dicho plano longitudinal central, una distancia del punto de inflexión desde dicho borde de separación de flujo, y

- teniendo dicha sección de cabeza una longitud de cabeza máxima en dicha dirección longitudinal; en donde

- dicha distancia del punto de inflexión varía de 50 mm a 900 mm, preferiblemente entre 150 mm y 800 mm, más preferiblemente entre 150 mm y 500 mm;

- siendo dicho dispositivo de separación de flujo, en particular, un dispositivo pasivo de eficacia permanente, y variando dicha distancia del punto de inflexión entre 50 mm y 700 mm, preferiblemente entre 120 mm y 600 mm, más preferiblemente entre 150 mm y 500 mm; o siendo dicho dispositivo de separación de flujo, en particular, un dispositivo activable selectivamente, en particular, un dispositivo generalmente en forma de placa, y variando dicha distancia del punto de inflexión entre 50 mm y 900 mm, preferiblemente entre 250 mm y 800 mm, más preferiblemente entre 300 mm y 600 mm;

y/o en donde

- dicha distancia del punto de inflexión varía entre el 0,7% y el 15%, preferiblemente entre el 2,5% y el 13,5%, más preferiblemente entre el 2,5% y el 8,5%, de dicha longitud de cabeza máxima;

- siendo dicho dispositivo de separación de flujo, en particular, un dispositivo pasivo de eficacia permanente, y variando dicha distancia del punto de inflexión entre el 0,7% y el 12%, preferiblemente entre el 2% y el 10%, más preferiblemente entre el 2,5% y el 8,5%, de dicha longitud de cabeza máxima, o siendo dicho dispositivo de separación de flujo, en particular, un dispositivo activable selectivamente, en particular, un dispositivo generalmente en forma de placa, y variando dicha distancia del punto de inflexión entre el 0,5% y el 15%, preferiblemente entre el 4% y el 13,5%, más preferiblemente entre el 5% y el 10% de dicha longitud de cabeza máxima.

7. El vehículo según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde

- dicho dispositivo de separación de flujo (103.7; 203.7; 303.7; 403.7) comprende un borde de separación de flujo marcado (103.9; 203.9; 303.9; 403.9);

- teniendo dicho borde de separación de flujo (103.9; 203.9; 303.9; 403.9) al menos una sección de borde que define una dirección tangencial en cada punto de dicha sección de borde;

- teniendo dicho borde de separación de flujo (103.9; 203.9; 303.9; 403.9), en dicha sección de borde y en un plano seccional perpendicular a dicha dirección tangencial, un radio de curvatura de menos de 15 mm, preferiblemente de menos de 10 mm, más preferiblemente de menos de 5 mm;

- extendiéndose dicha sección de borde, en particular, sobre al menos el 60% de dicho borde de separación de flujo (103.9; 203.9; 303.9; 403.9), preferiblemente sobre al menos el 80% de dicho borde de separación de flujo (103.9; 203.9; 303.9; 403.9), más preferiblemente sobre sustancialmente el 100% de dicho borde de separación de flujo (103.9; 203.9; 303.9; 403.9).

5 8. El vehículo según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde

- dicho borde de separación de flujo (103.7; 203.7; 303.7; 403.7) se extiende, en particular se extiende de manera sustancialmente continua, desde una superficie lateral a una superficie lateral opuesta de dicha carrocería de vagón (103; 203; 303; 403),

10 - dicho borde de separación de flujo, en particular, continúa, en particular continúa sustancialmente sin discontinuidad, extendiéndose al menos un borde de separación de flujo de viento cruzado en dicha dirección longitudinal a lo largo de al menos una de dichas superficies laterales de dicha carrocería;

- extendiéndose dicho al menos un borde de separación de flujo de viento cruzado, en dicha dirección longitudinal, a lo largo de una ventana frontal de dicho vehículo, en particular, hasta una sección de techo de dicha carrocería del vagón;

15 - siendo dicho dispositivo de separación de flujo (103.7; 203.7; 303.7; 403.7), en particular, sustancialmente simétrico con respecto a un plano longitudinal central perpendicular a dicha dirección transversal.

9. El vehículo según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde

20 - una proyección perpendicular de dicho borde de separación de flujo (103.9; 203.9; 303.9; 403.9) sobre un plano transversal perpendicular a dicha dirección longitudinal, tiene un ancho de borde máximo $W_{S_{m\acute{a}x}}$ en dicha dirección transversal que varía entre 500 mm y 2500 mm, preferiblemente entre 700 mm y 1900 mm, más preferiblemente entre 800 mm y 1850 mm; siendo dicho dispositivo de separación de flujo, en particular, un dispositivo pasivo de eficacia permanente, y variando dicho ancho de borde máximo $W_{S_{m\acute{a}x}}$ entre 500 mm y 2500 mm, preferiblemente entre 1200 mm y 1900 mm, más preferiblemente entre 1300 mm y 1850 mm; o siendo dicho dispositivo de separación de flujo, en particular, un dispositivo activable selectivamente, en particular, un dispositivo generalmente en forma de placa, y variando dicho ancho de borde máximo $W_{S_{m\acute{a}x}}$ entre 500 mm y 1100 mm, preferiblemente entre 700 mm y 1000 mm, más preferiblemente entre 750 mm y 900 mm;

y/o

30 una proyección perpendicular de dicho borde de separación de flujo (103.9; 203.9; 303.9; 403.9) sobre un plano transversal perpendicular a dicha dirección longitudinal tiene un ancho de borde máximo $W_{S_{m\acute{a}x}}$ en dicha dirección transversal y dicho revestimiento exterior (103.4; 203.4; 303.4; 403.4), en dicha dirección transversal, tiene un ancho de carrocería del vagón máximo $W_{m\acute{a}x}$, variando dicho ancho de borde máximo $W_{S_{m\acute{a}x}}$ entre el 15% y el 70%, preferiblemente entre el 25% y el 65%, más preferiblemente entre el 45% y el 65% de dicho ancho de carrocería del vagón máximo $W_{m\acute{a}x}$, siendo dicho dispositivo de separación de flujo, en particular, un dispositivo pasivo de eficacia permanente, y variando dicho ancho de borde máximo $W_{S_{m\acute{a}x}}$ entre el 15% y el 70%, preferiblemente entre el 40% y el 65%, más preferiblemente entre el 45% y el 60%, de dicho ancho de carrocería del vagón máximo $W_{m\acute{a}x}$, o siendo dicho dispositivo de separación de flujo, en particular, un dispositivo activable selectivamente, en particular, un dispositivo en forma de placa, y variando dicho ancho de borde máximo $W_{S_{m\acute{a}x}}$ entre el 15% y el 40%, preferiblemente entre el 25% y el 35%, más preferiblemente entre el 27% y el 32% de dicho ancho de carrocería del vagón máximo $W_{m\acute{a}x}$.

40 10. El vehículo según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde

- dicho borde de separación de flujo (103.9; 203.9; 303.9; 403.9) está formado al menos en parte por un componente permanentemente activo desde un punto de vista aerodinámico de dicho dispositivo de separación de flujo (103.7; 203.7; 303.7; 403.7);

y/o

45 - dicho borde de separación de flujo, al menos en parte, está formado por una parte sustancialmente rígida de dicho revestimiento exterior;

y/o

- dicho dispositivo de separación de flujo, al menos en parte, está formado por una depresión en dicho revestimiento exterior, teniendo dicha depresión, en particular, sustancialmente forma de hoz,

50 y/o

- dicho dispositivo de separación de flujo comprende una unidad de interfaz configurada para montar un dispositivo de cubierta configurado para cubrir dicho dispositivo de separación de flujo en un estado desactivado.

11. El vehículo según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde

- dicho dispositivo de separación de flujo es un componente activable selectivamente que es eficaz desde un punto de vista aerodinámico en su estado activado;

5 - dicho dispositivo de separación de flujo, en particular, comprende una unidad de solapa pivotante, teniendo dicha unidad de solapa pivotante un estado activado y un estado desactivado, formando dicha unidad de solapa pivotante, en dicho estado desactivado, una parte de dicho revestimiento exterior sustancialmente nivelado con partes adyacentes de dicho revestimiento exterior, y sobresaliendo dicha unidad de solapa pivotante, en dicho estado activado, de dicho revestimiento exterior para formar, en un extremo libre, un borde de separación de flujo de dicho dispositivo de separación de flujo;

10 y/o

- dicho dispositivo de separación de flujo, en particular, comprende una unidad retráctil, teniendo dicha unidad retráctil un estado activado y un estado desactivado, estando dicha unidad retráctil, en dicho estado desactivado, retraída, en particular, retraída sustancialmente del todo, en dicho revestimiento exterior, en particular, retraída de manera que un revestimiento exterior sustancialmente nivelado se forma en una zona de dicho dispositivo de separación de flujo desactivado, y sobresaliendo dicha unidad retráctil, en dicho estado activado, de dicho revestimiento exterior para formar, en un extremo libre, un borde de separación de flujo de dicho dispositivo de separación de flujo, comprendiendo dicha unidad retráctil, en particular, un elemento de separación de flujo sustancialmente en forma de placa; formando dicho elemento de separación de flujo, en particular, una superficie de guía de flujo al menos plana en sección y/o al menos curva en sección.

12. El vehículo según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde

- dicho dispositivo de separación de flujo (103.7; 203.7; 303.7; 403.7) está dispuesto de manera que dicha separación continua de un primer flujo de aire (106.1) desde dicho revestimiento exterior (103.4; 203.4; 303.4; 403.4) de dicha carrocería de vagón (103.8; 203.8; 303.8; 403.8) se extiende sobre una zona de separación de flujo de dicho revestimiento exterior (103.4; 203.4; 303.4; 403.4);

25 - dicha zona de separación de flujo es de tamaño suficiente para generar un primer aumento en una distribución de presión estática dentro de dicho primer flujo de aire separado (106.1) y para al menos reducir, en particular evitar sustancialmente, la formación de dos vórtices de estela longitudinales pronunciados en una estela de la carrocería del vagón (103; 203; 303; 403);

30 - dicho primer aumento en dicha distribución de presión estática dentro de dicho flujo de aire separado (106.1), en particular, se selecciona en función de una distribución de presión estática en un segundo flujo de aire lateral adyacente (106.2) sobre una parte lateral de dicho revestimiento exterior (103.4; 203.4; 303.4; 403.4) de dicha carrocería de vagón (103; 203; 303; 403) ubicada adyacente a dicho dispositivo de separación de flujo (103.7; 203.7; 303.7; 403.7);

13. El vehículo según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde

35 - dicho dispositivo de separación de flujo (103.7; 203.7; 303.7; 403.7) es un primer dispositivo de separación de flujo ubicado en un primer extremo de dicho vehículo;

- un segundo dispositivo de separación de flujo está ubicado en un segundo extremo opuesto de dicho vehículo,

- comprendiendo dicho vehículo, en particular, una pluralidad de módulos de vehículo separados articulados entre sí, estando dicho primer dispositivo de separación de flujo ubicado en un primer módulo de vehículo y estando dicho segundo dispositivo de separación de flujo ubicado en un segundo módulo de vehículo opuesto;

40 - dicho segundo dispositivo de separación de flujo, en particular, es sustancialmente idéntico a dicho primer dispositivo de separación de flujo (103.7; 203.7; 303.7; 403.7).

14. El vehículo según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde

- dicha carrocería de vagón (103; 203; 303; 403) es una carrocería de vagón de uno o dos pisos

y/o

45 - dicho vehículo comprende una pluralidad de módulos de vehículo separados articulados entre sí

y/o

- dicha sección de cabeza es una sección de cabeza delgada y alargada

y/o

- dicha sección de cabeza, en dicha dirección longitudinal, tiene una longitud de cabeza máxima, siendo dicha longitud

de cabeza máxima de al menos el 100%, preferiblemente al menos el 125%, más preferiblemente al menos el 150%, más preferiblemente entre el 125% y el 175%, de dicha dimensión de altura del vehículo máxima

y/o

- 5 - dicha sección de cabeza comprende una unidad de ventana frontal que comprende una unidad de marco de ventana frontal, comprendiendo dicha unidad del marco de ventana frontal, en particular, una unidad de limpiaparabrisas, estando dicho dispositivo de separación de flujo separado de dicha unidad de ventana frontal, en particular, de dicha unidad de limpiaparabrisas, estando dicho dispositivo de separación de flujo, en particular, en dicha dirección de altura, ubicado debajo de dicha unidad de ventana frontal, en particular, debajo de dicha unidad de limpiaparabrisas, y/o
- 10 estando ubicada entre dicha unidad de ventana frontal, en particular, dicha unidad de limpiaparabrisas, y un extremo libre de dicha carrocería del vagón.

15. Un método de funcionamiento de un vehículo según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes,

que comprende

- hacer funcionar dicho vehículo en una primera dirección de desplazamiento, siendo dicho dispositivo de separación de flujo (103.7; 203.7; 303.7; 403.7) activado y ubicado en un extremo posterior de dicho vehículo,

- 15 y/o

- desactivar dicho dispositivo de separación de flujo y hacer funcionar dicho vehículo en una segunda dirección de desplazamiento, en donde dicho dispositivo de separación de flujo (103.7; 203.7; 303.7; 403.7) se encuentra en un extremo anterior de dicho vehículo.

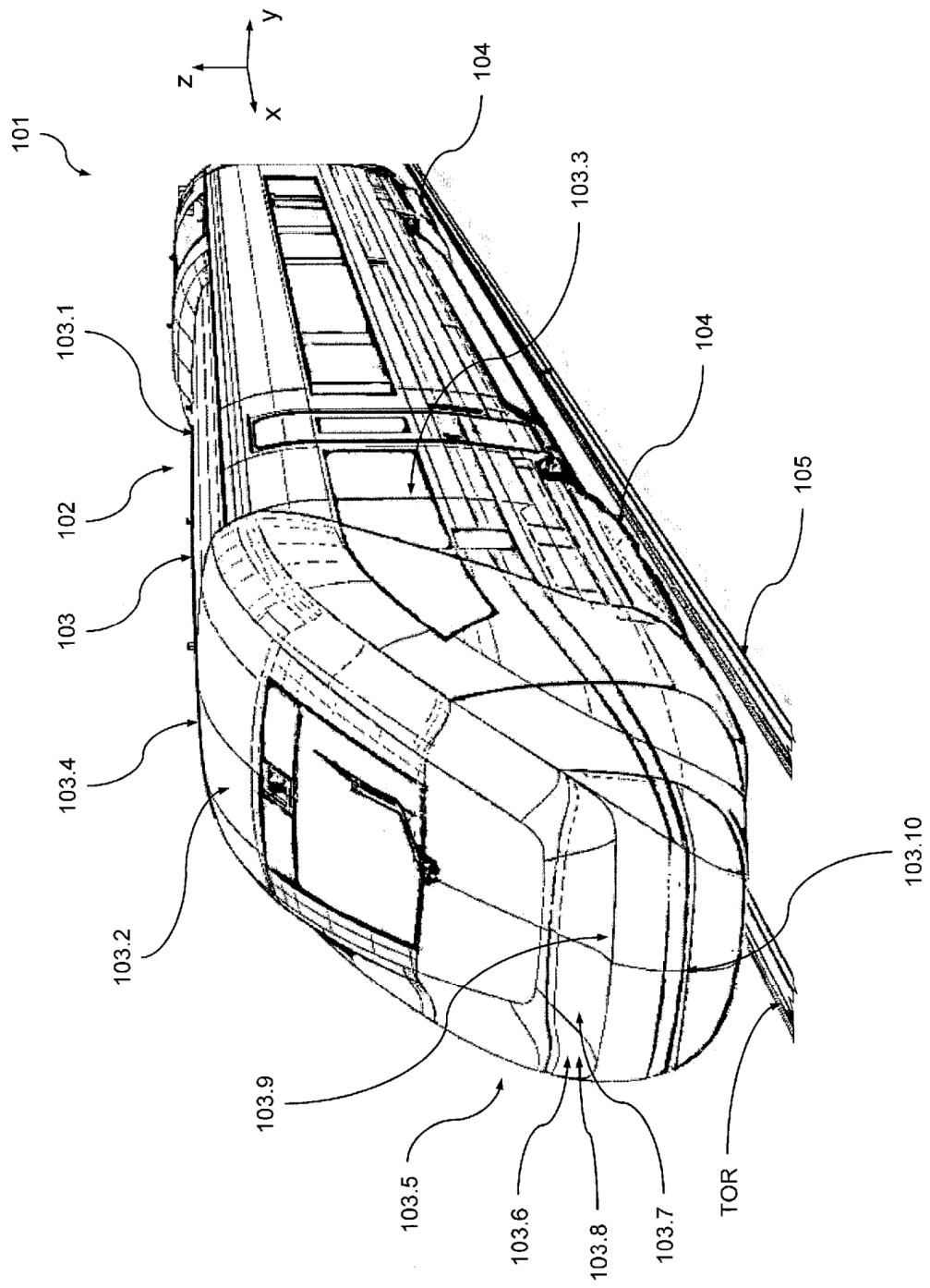


Fig. 1

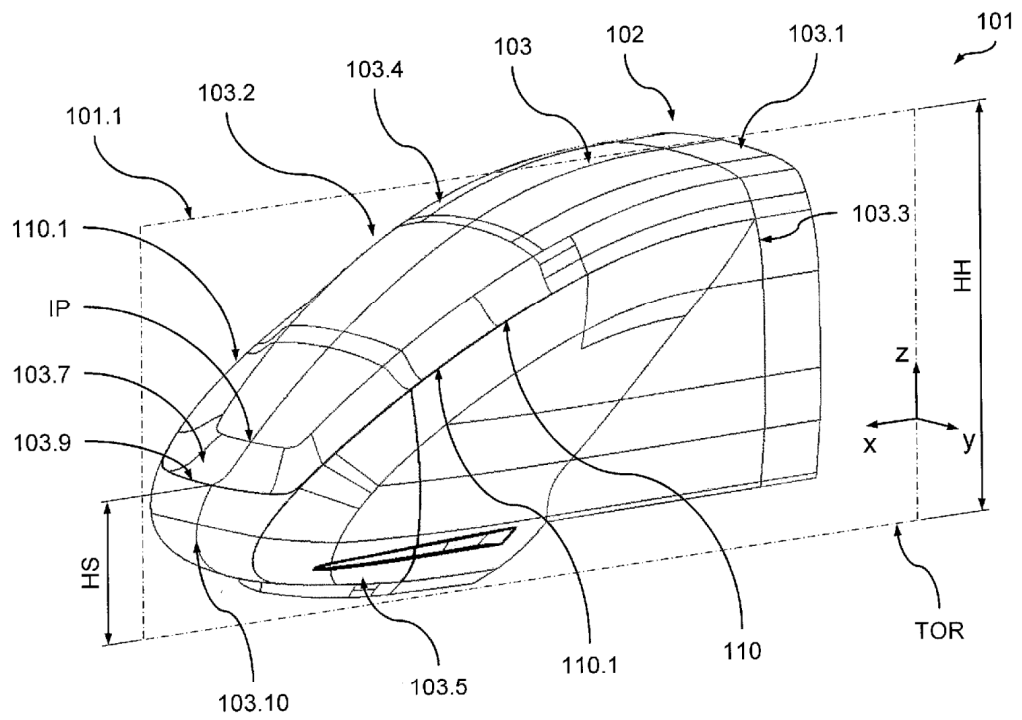


Fig. 2

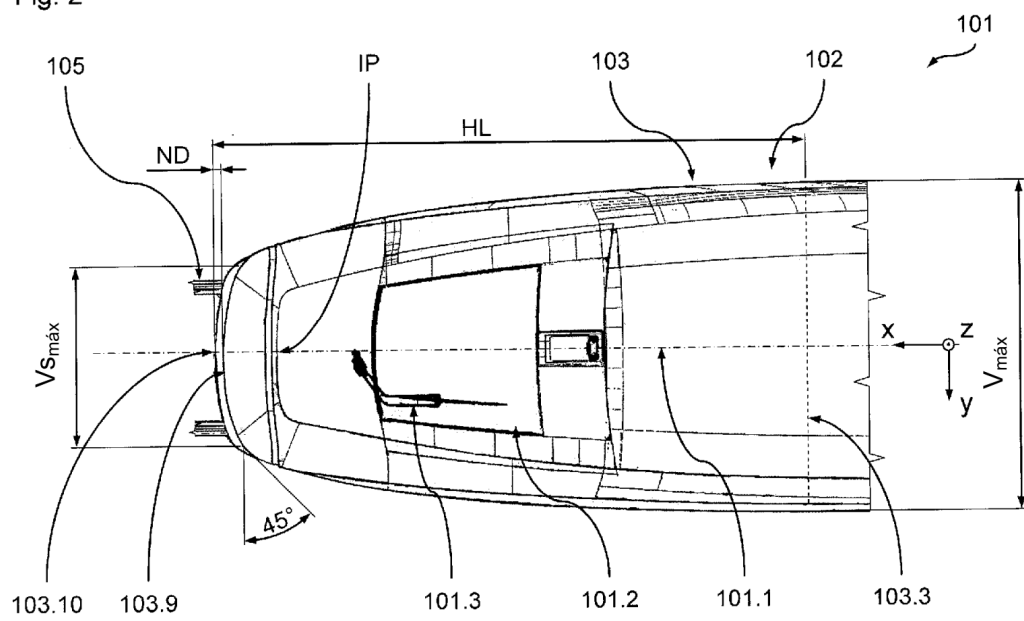


Fig. 3

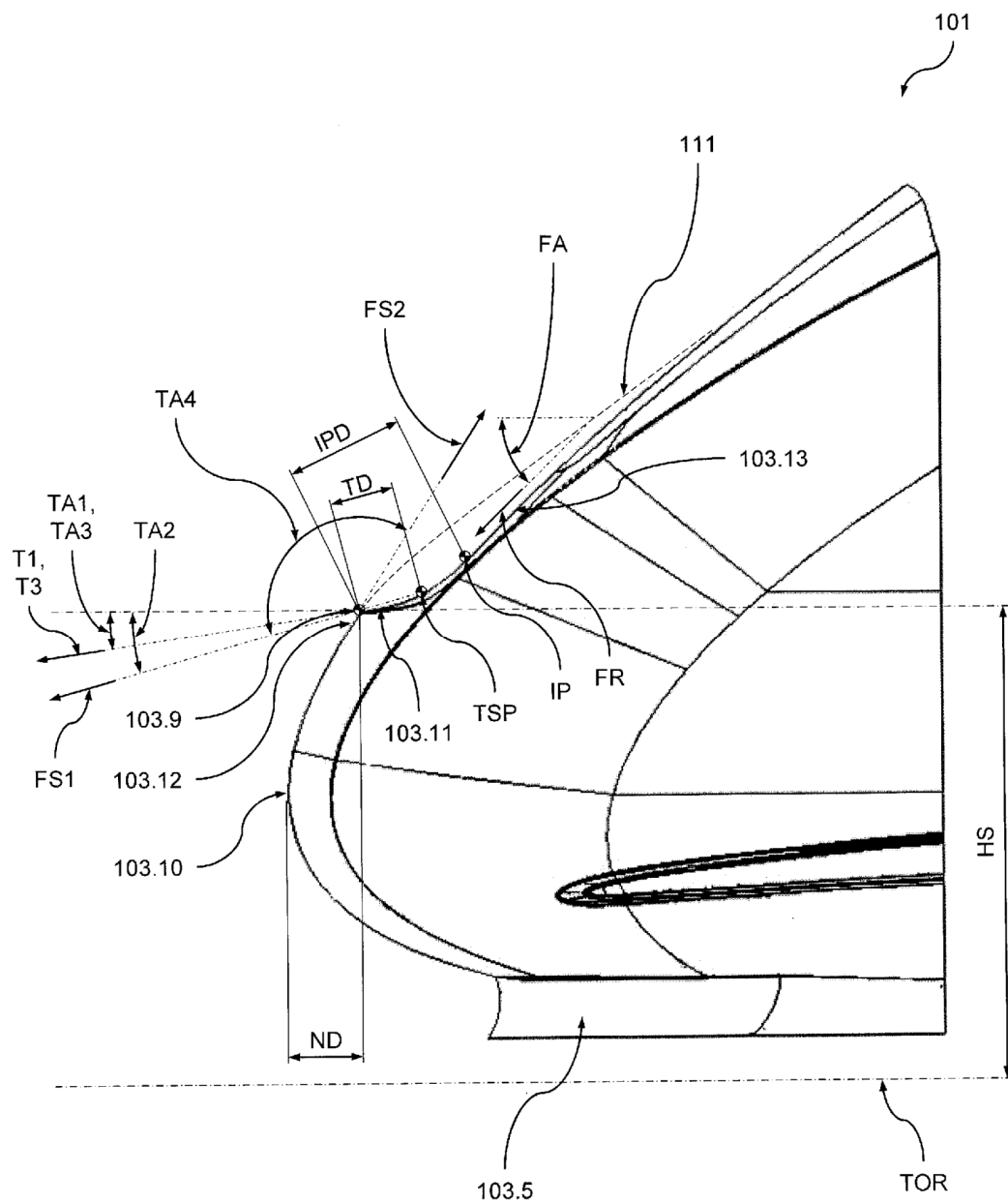


Fig. 4

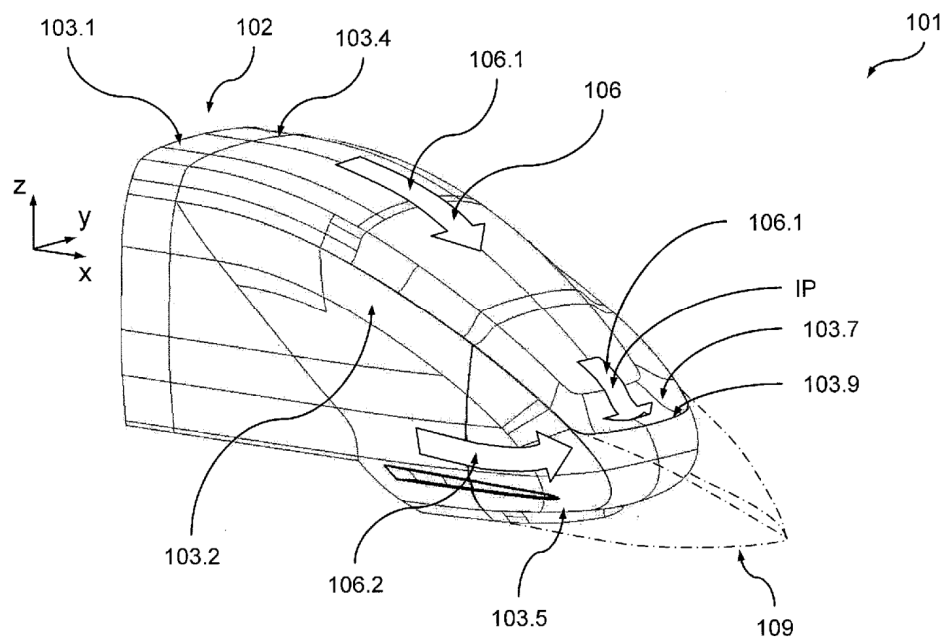


Fig. 5

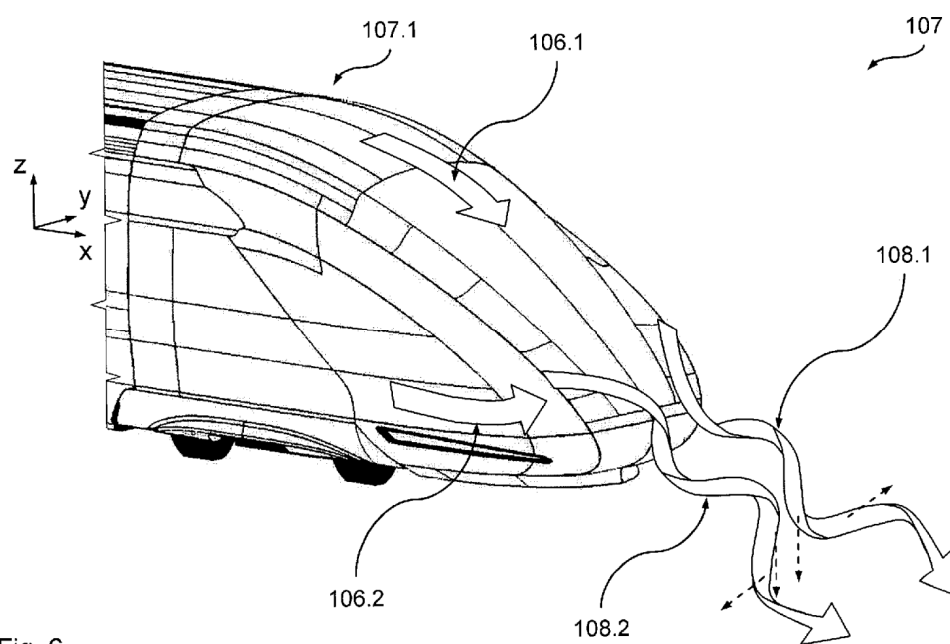


Fig. 6

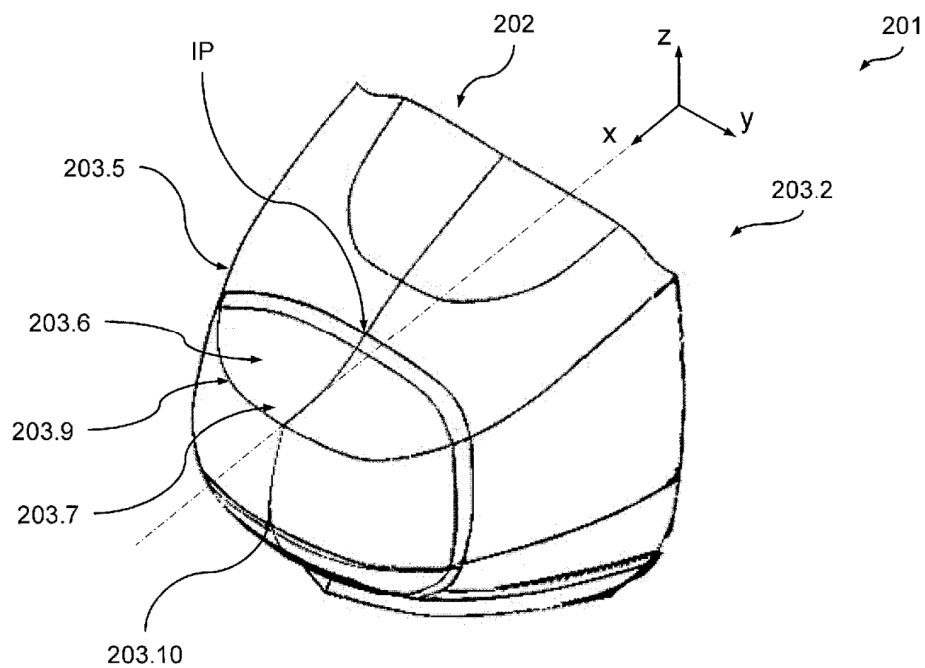


Fig. 7

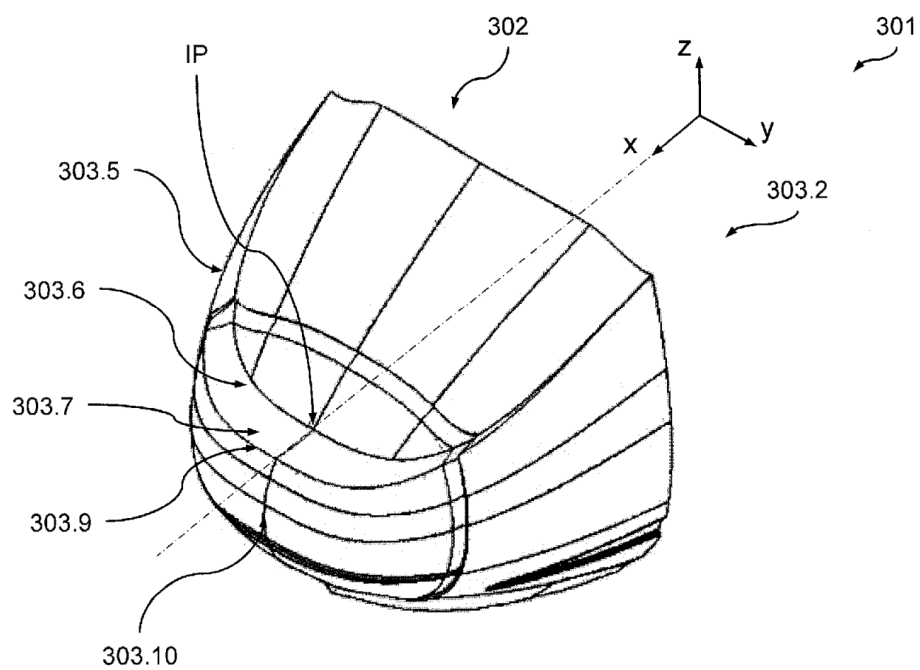


Fig. 8

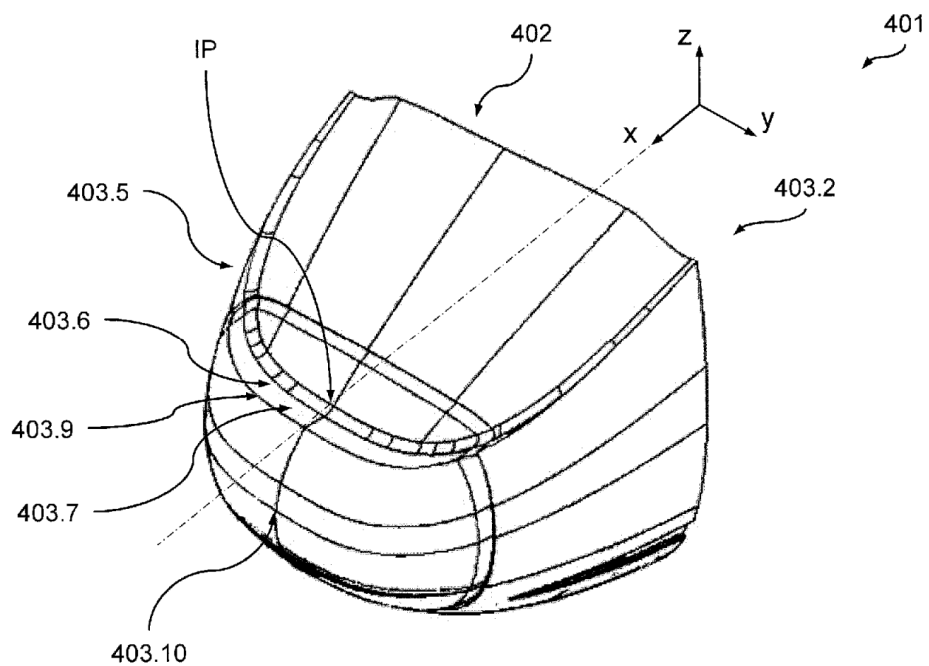


Fig. 9

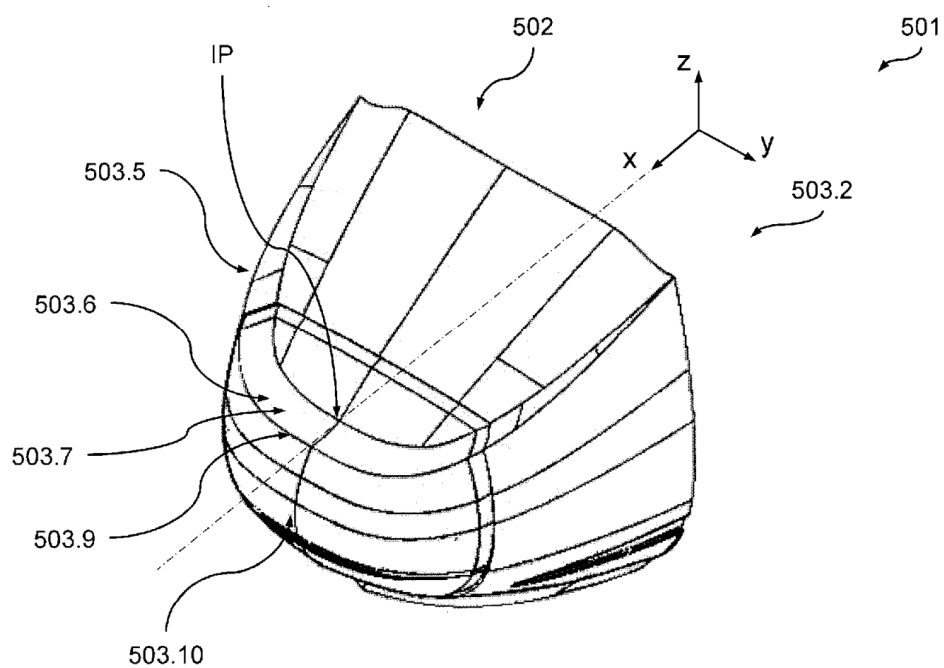


Fig. 10

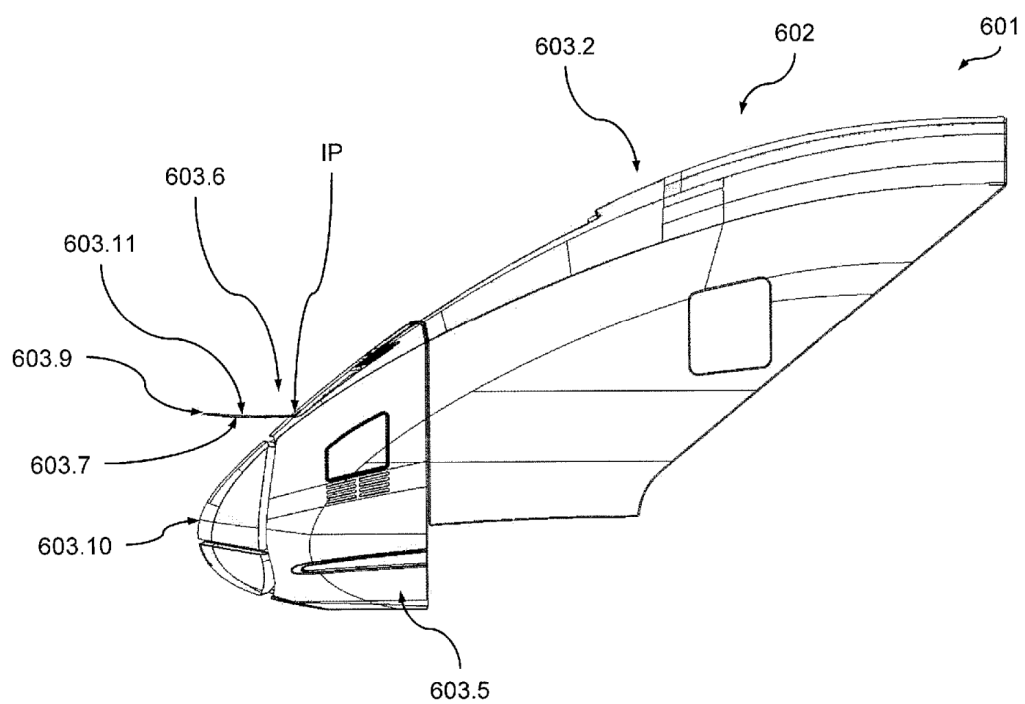


Fig. 11

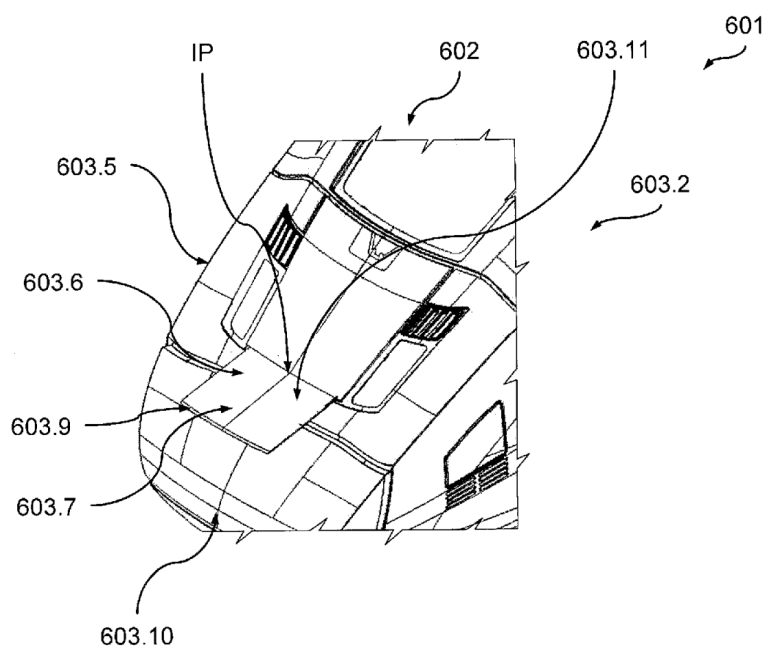


Fig. 12

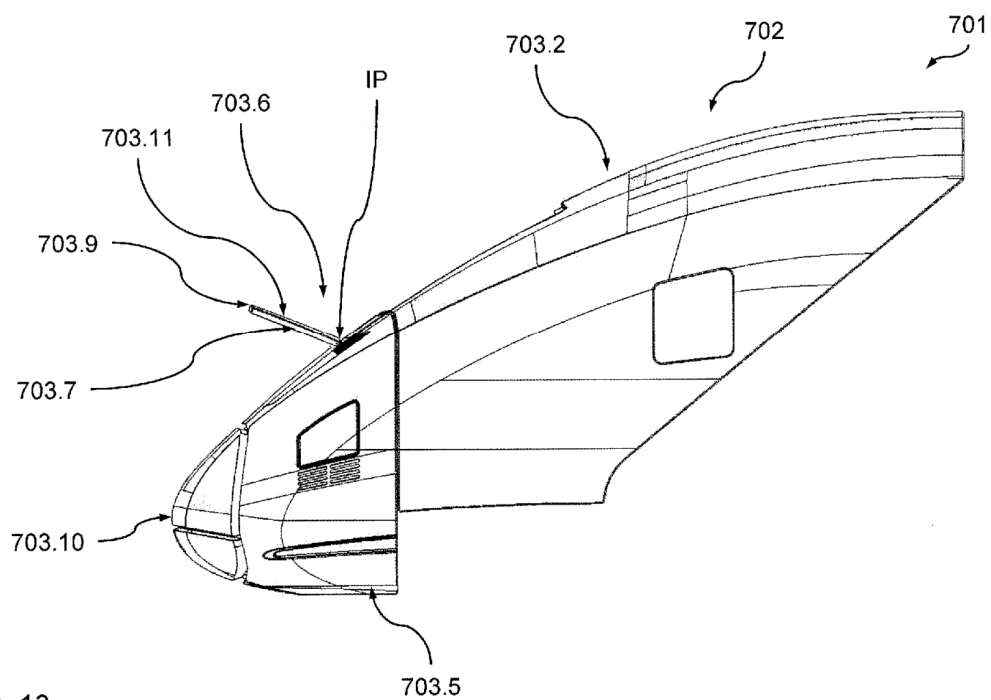


Fig. 13

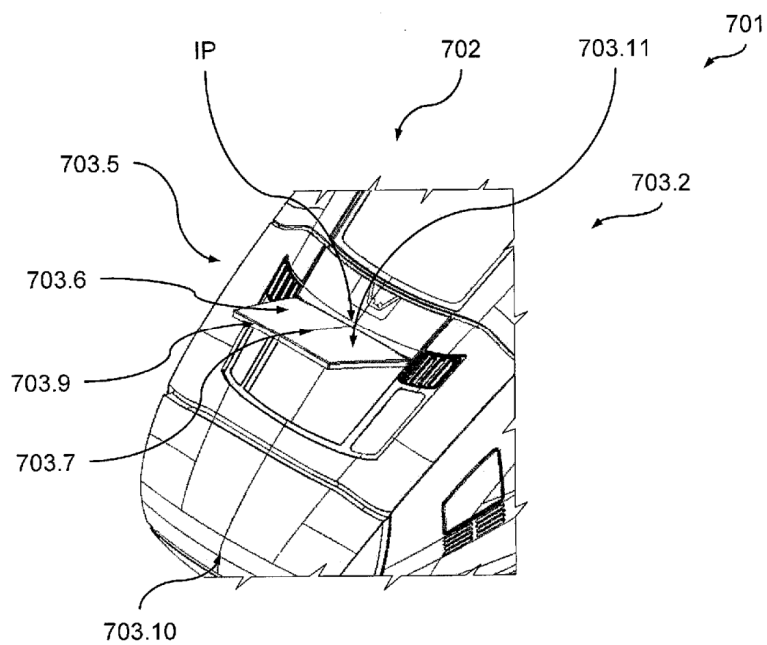


Fig. 14