

Durmientes ferroviarios y métodos de los mismos

Antecedentes

[0001] Los durmientes ferroviarios representan uno de los diversos componentes de una red ferroviaria y, junto con el balasto y otros elementos de sujeción, promueven el anclaje correcto (fijación) de los rieles en los que se trasladan los vagones. Convencionalmente, la gran mayoría de los elementos están hechos de madera (alrededor del 90%), el resto son durmientes de acero, hormigón o plástico reciclado.

[0002] Un durmiente de madera tiene una vida útil estimada en unas pocas décadas; Después de este período, es necesario reemplazarlo. Se estima que más de 30 millones de durmientes de madera son reemplazados cada año en el mundo, y existen restricciones legales relacionadas con el uso de determinados tipos de materias primas, lo que hace que el sector busque alternativas a los durmientes de madera. En general, las alternativas se han concentrado en durmientes de madera, acero, concreto, madera de reforestación, plástico (ya sea reciclado o virgen).

[0003] El uso de durmientes hechos de plástico virgen ha mostrado un buen comportamiento. Sin embargo, el uso de este tipo de durmiente está restringido a los ferrocarriles de transporte de pasajeros, de vía estrecha, sujetos a esfuerzos distintos a los que resultan de un sistema de carga.

[0004] Los durmientes de plástico reciclado se utilizaron en algunas redes ferroviarias y mostraron problemas estructurales, tales como la propagación endémica de grietas, deformaciones y problemas de fijación. En particular, con un durmiente reciclado se hace difícil obtener homogeneidad en el material que forma el durmiente.

[0005] Los durmientes de hormigón, a pesar de estar diseminados en las redes ferroviarias en todo el mundo, no han demostrado ser la mejor solución para las características de los lechos ferroviarios y los balastos de las líneas existentes en algunos países (como Brasil y Estados Unidos), debido a la gran inercia y rigidez de los modelos comerciales que están más disponibles. Esto tiende a causar una gran rotura de balastos, lo que aumenta los costos de mantenimiento de las vías férreas y permite la ocurrencia de accidentes. Además, la instalación de durmientes de hormigón en países con clima de alta humedad es difícil debido a las características inherentes de absorción de agua del material.

[0006] Clasificados según su forma, los durmientes de hormigón pueden ser del tipo monobloque, formados por una sola pieza rígida y continua, y están sujetos a grandes momentos de flexión, que aparecen en diferentes secciones del durmiente. También hay durmientes de hormigón del tipo de dos bloques (durmientes mixtos), compuesto por dos bloques rígidos de hormigón armado dispuestos debajo de cada riel y unidos por una barra de acero flexible. Debido a la elasticidad de la viga, los dos bloques de concreto serán inmunes a la mayoría de las tensiones de flexión estática y flexión alterna, que los durmientes hechos de concreto pretensado apenas resisten.

[0007] Entre los durmientes de hormigón, también hay durmientes de dos bloques, en los que dos bloques de hormigón armado están dispuestos en los extremos junto con una pieza intermedia, también hecha de hormigón. Los bloques de los lados, así como el intermedio, están unidos por medio de varillas de acero que tienen un alto límite elástico, tensadas y ancladas en los extremos.

[0008] Por otro lado, el uso de durmientes de hormigón presenta algunas desventajas, tal como un mayor costo de transporte, debido al mayor peso de este durmiente en comparación con los de madera, así como la reutilización cuestionable del durmiente después de la ocurrencia de descarrilamiento.

5 Además, al usar durmientes de hormigón, los sistemas de sujeción no son ajustables al desgaste del riel y al ensanchamiento de la vía férrea. Además, existe la necesidad de equipos costosos para instalar y mantener las vías férreas, y en algunas situaciones, se puede causar daño al balasto debido al gran peso del durmiente.

10 **[0009]** Como ya se mencionó, además de los durmientes de hormigón y plástico, algunos durmientes también están hechos de acero. Los durmientes de acero exhiben un comportamiento satisfactorio cuando están en uso. Sin embargo, pueden tener costos altos e inciertos, ya que su costo depende directamente del precio del acero, que es extremadamente inestable. Además,

15 la fijación de este tipo de durmiente generalmente se realiza mediante tornillos y tuercas y necesita mantenimiento permanente. Además, la fijación por medio de un tornillo termina debilitando el durmiente debido a las perforaciones realizadas en el mismo.

[0010] Las ventajas de los durmientes de acero incluyen la posibilidad de

20 reciclaje, larga vida útil (aproximadamente 60 años), que son inertes y no tóxicos, bajo costo de instalación, transporte simple y son no inflamables en virtud de su material de fabricación. Sus desventajas incluyen que el uso de durmientes de acero requiere un mayor número de intervenciones y cambios en el área de apisonamiento. Además, este tipo de durmiente puede implicar la

interrupción del recorrido, debido al peligro de aislamiento y aún puede sufrir problemas de corrosión.

[0011] Con respecto a los durmientes de madera, estos deben tratarse previamente (químicamente) para que sean adecuados para su uso. Tal
5 tratamiento químico es dañino para el medio ambiente. Las estaciones de
tratamiento químico son responsables de almacenar los durmientes y aplicar
conservantes, con el fin de prolongar la vida útil del durmiente y prevenir la
proliferación de hongos e insectos. Además de ser un proceso largo que
comprende varios pasos, el proceso de tratamiento de durmientes puede
10 causar varios problemas ambientales, tal como la contaminación del aire,
debido a la ruptura de los tanques de almacenamiento, los cilindros de
tratamiento y los tubos que contienen los agentes conservantes. Además, no
es raro que los empleados puedan absorber, inhalar e ingerir accidentalmente
productos químicos. Además, el uso de herbicidas y pesticidas puede
15 contaminar el suelo y las corrientes, causando cambios en el comportamiento
de la fauna y la posibilidad de extinción de especies.

[0012] Además, es posible usar durmientes hechos de madera de
reforestación, este tipo de durmiente exhibe una resistencia significativamente
menor que la de la madera dura. Además, la imposibilidad (en algunos países)
20 de tratar a los durmientes con algunos productos (tal como la creosota) que son
muy agresivos para el medio ambiente permite que al durmiente se adhieran
agentes biológicos, tal como bacterias y hormigas blancas, lo que resulta en
una vida útil extremadamente corta (del orden de tres a cuatro años), que es
mucho más corta que la vida útil de los durmientes hechos de madera dura.

25 **Compendio**

[0013] Este resumen se proporciona para introducir una selección de conceptos que se describen más adelante en la descripción detallada. Este resumen no pretende identificar características clave o esenciales de la materia reivindicada, ni pretende ser utilizada como una ayuda para limitar el alcance

5 de la materia reivindicada.

[0014] En un aspecto, las realizaciones descritas en este documento se refieren a un durmiente ferroviario para la fijación de al menos un par de rieles de una red ferroviaria, donde el durmiente ferroviario incluye una superficie de contacto, en donde cada riel del par de rieles está fijo a la misma y espaciado

10 uno del otro; paredes de anclaje que se extienden hacia abajo desde la superficie de contacto y que tienen un punto de apoyo en la superficie inferior de las mismas, donde las paredes de anclaje tienen al menos un orificio formado en las mismas; y un hueco delimitado por la superficie de contacto y paredes de anclaje.

15 **[0015]** En otro aspecto, las realizaciones descritas en este documento se refieren a un bloque de sujeción para su uso con un durmiente ferroviario para fijar al menos un par de rieles de una red ferroviaria, donde el bloque de sujeción incluye al menos un orificio o espacio vacío formado en el mismo.

[0016] En aún otro aspecto, las realizaciones descritas en este

20 documento se refieren a un ensamblaje de estructura ferroviaria que incluye un durmiente ferroviario para la fijación de al menos un par de rieles de una red ferroviaria, comprendiendo el durmiente ferroviario: una superficie de contacto, en donde cada riel del par de rieles está fijo a la superficie de contacto y espaciado uno del otro; paredes de anclaje que se extienden hacia abajo desde

25 la superficie de contacto; y un espacio vacío delimitado por la superficie de

contacto y paredes de anclaje; y al menos un bloque de sujeción presente dentro del espacio vacío en una porción del durmiente ferroviario correspondiente a una ubicación de un riel, en donde al menos una de las paredes de anclaje o al menos un bloque de sujeción como orificios formados en el mismo o al menos un bloque de sujeción tiene un espacio vacío formado en el mismo.

[0017] Otros aspectos y ventajas de la materia reivindicada serán evidentes a partir de la siguiente descripción y las reivindicaciones adjuntas.

Breve descripción de los dibujos

10 **[0018]** La FIG. 1A es una representación superior de una red ferroviaria simple adecuado para recibir las estructuras ferroviarias de la presente divulgación;

[0019] FIG. 1B es una representación superior de a red ferroviaria de múltiples rieles adecuados para recibir las estructuras ferroviarias de la presente divulgación;

[0020] La FIG. 2 es una representación de la sección transversal de una realización de un durmiente ferroviario;

[0021] La FIG. 3 es una representación adicional de la sección transversal de una realización del durmiente ferroviario, que muestra sus dimensiones;

[0022] Las FIGs. 4A-4B es una representación de la sección transversal de una realización adicional del durmiente ferroviario;

[0023] La FIG. 5 es una representación de la sección transversal de una realización adicional del durmiente ferroviario;

[0024] La FIG. 6 es una representación de la sección transversal de la realización estructural del durmiente ferroviario que se muestra en la FIG. 5, que ilustra sus dimensiones;

[0025] La FIG. 7 es una representación de la sección transversal de una
5 realización adicional del durmiente ferroviario;

[0026] La FIG. 8 es una representación adicional de la sección transversal del durmiente ferroviario que se muestra en la FIG. 7, que ilustra sus dimensiones;

[0027] La FIG. 9 es una representación de una realización adicional del
10 durmiente ferroviario;

[0028] La FIG. 10 es una representación de una realización adicional del durmiente ferroviario;

[0029] La FIG. 11 es una representación de una realización adicional del durmiente ferroviario;

15 **[0030]** La FIG. 12 es una representación de una realización adicional del durmiente ferroviario;

[0031] La FIG. 13 es una representación de una realización adicional del durmiente ferroviario;

[0032] La FIG. 14 es una representación de la sección transversal de la
20 realización estructural del durmiente que se ilustra en la FIG. 13(c), que destaca sus dimensiones;

[0033] La FIG. 15 es una realización adicional del durmiente ferroviario;

[0034] La FIG. 16 es una representación de la sección transversal de una realización estructural del durmiente ferroviario, que destaca sus paredes
25 interiores y exteriores, y una capa intermedia;

- [0035]** La FIG. 17 es una representación de la sección transversal de una realización adicional del durmiente ferroviario;
- [0036]** FIG. 18 es una representación de perfil de una red ferroviaria que tiene un durmiente ferroviario con bloques de sujeción;
- 5 **[0037]** La FIG. 19 es una representación de la fijación de un durmiente ferroviario a un bloque de sujeción por un elemento de fijación dispuesto transversalmente sobre el durmiente;
- [0038]** Las FIGs. 20A-F ilustran realizaciones estructurales para los bloques de sujeción;
- 10 **[0039]** La FIG. 21A-B ilustran realizaciones adicionales para los bloques de sujeción para ser usadas junto con el durmiente ferroviario propuesto en la presente invención;
- [0040]** Las FIGs. 22A-B ilustran la fijación del durmiente ferroviario propuesto en la presente invención mediante placas metálicas;
- 15 **[0041]** Las FIGs. 23A-B muestran una vista en sección transversal y en perspectiva, respectivamente, de una realización adicional del durmiente ferroviario;
- [0042]** La FIG. 24 muestra una vista en sección transversal de una realización adicional del durmiente ferroviario;
- 20 **[0043]** La FIG. 25 muestra una vista en sección transversal de un durmiente ferroviario comparativo;
- [0044]** La FIG. 26 muestra un diseño de instalación para un durmiente y bloque de sujeción utilizado en una simulación;
- [0045]** La FIG. 27 muestra un diseño de instalación para un durmiente y
25 un bloque de sujeción comparativos utilizados en una simulación;

[0046] FIG. 28 muestra resultados de simulación de tensiones en el diseño de la instalación que se muestra en la FIG. 27;

[0047] La FIG. 29 muestra resultados de simulación de tensiones en el diseño de la instalación que se muestra en la FIG. 26; y

5 **[0048]** La FIG. 30 muestra los parámetros para medir el ancho de vía.

[0049] Las FIGs. 31-32 muestran realizaciones de los bloques de sujeción.

Descripción detallada

[0050] En un aspecto, las realizaciones descritas en este documento se
10 refieren a componentes de una red ferroviaria, específicamente a los durmientes ferroviarios (también denominados en algunos lugares como traviesas o durmientes ferroviarios) y bloques de sujeción que pueden, junto con el balasto y otros elementos de fijación, promover el anclaje correcto (fijación) de los rieles en los que se trasladan los vagones. Los durmientes
15 ferroviarios son los soportes rectangulares para los rieles en las vías ferroviarias, que generalmente se colocan perpendiculares a los rieles. Sirven para transferir cargas al balasto de la vía y plataforma de la vía, mantener los rieles en posición vertical y mantenerlos espaciados en el ancho de vía correcto. Como se analizó anteriormente, existen preocupaciones con los
20 diferentes tipos de materiales utilizados convencionalmente en los durmientes ferroviarios, algunos de los cuales limitan la vida útil de los durmientes y otros que limitan los tipos de líneas ferroviarias en las que se pueden usar los materiales. Las realizaciones descritas en este documento se refieren al uso de componentes ferroviarios que pueden usarse en líneas ferroviarias tanto en la
25 construcción como en la operación, para transportar cargas y/o pasajeros.

[0051] Los durmientes diseñados con material compuesto de plástico (ya sean vírgenes o reciclados) conocidos de la técnica anterior no exhiben combinaciones optimizadas entre el peso de la pieza y el módulo de elasticidad. Las propuestas plásticas más conocidas para el durmiente imitan
5 exactamente la forma de un durmiente de madera, lo que hace que la pieza sea más pesada y consuma no solo más materia prima, sino también horas de trabajo y horas de máquina significativas para hacer las piezas. Tales factores hacen que el proceso de producción sea lento y aumentan el precio final de los durmientes.

10 **[0052]** Sin embargo, las realizaciones descritas en el presente documento están dirigidas a un durmiente ferroviario, hecho de un material de poliolefina, tal como por ejemplo polipropileno con fibra de vidrio, fabricado a partir de un proceso de alta productividad, preferiblemente extrusión, y que además tiene una forma estructural que permite a uno lograr una rigidez
15 cercana a la de los durmientes de madera dura, así como costos competitivos. Las realizaciones divulgadas en el presente documento también están dirigidas a un proceso para fabricar un durmiente ferroviario mediante un proceso de extrusión que permite la compactación de la composición utilizada para fabricar el durmiente dentro del calibrador de la máquina extrusora, así como un
20 enfriamiento homogéneo de todo el espesor del durmiente que está siendo producido.

[0053] Ventajosamente, el durmiente de la presente divulgación puede tener un precio final reducido, lo que facilita el transporte y la instalación de la pieza. Los durmientes descritos actualmente también permiten el uso de
25 dispositivos de fijación estándar utilizados en durmientes de madera, utilizan

máquinas estándar empleadas para la instalación y mantenimiento de durmientes y, debido a su material de fabricación, permiten reciclar el producto al final de la vida útil del durmiente.

[0054] Estructuralmente, el durmiente ferroviario propuesto forma una
5 forma de U invertida (sector perforado), que actúa como un diferencial importante para la función y característica del anclaje en el balasto. Debido a su forma propuesta, el balasto utilizado en la vía férrea penetrará en el durmiente, convirtiéndose así en un cuerpo integral. Además, con la compactación del balasto dentro del durmiente, se generará una mayor rigidez
10 para el sistema balasto/durmiente, y el momento final de inercia será la suma del momento de inercia del durmiente y la capa de balasto dispuesta en su interior.

[0055] Además, debido a la forma propuesta del durmiente ferroviario, las realizaciones están dirigidas a un durmiente liviano que es fácil de instalar y
15 mantener, fácil de transportar por dos trabajadores y adecuado para ser transportado acoplando una pieza a otra (de un durmiente a otro), lo que resulta en muchas ventajas logísticas, particularmente en comparación con los durmientes convencionales que tienen una alta rigidez y peso en los durmientes de hormigón, que dañan las capas de balasto, que tienen una vida
20 útil corta en cuanto a los durmientes de madera de baja calidad, que tienen conductividad eléctrica en durmientes de acero, y que tienen problemas de confiabilidad en durmientes que usan resinas recicladas.

[0056] Como se mencionó anteriormente, las realizaciones de la presente divulgación están dirigidas a estructuras ferroviarias de alto
25 rendimiento (durmientes y/o bloques de sujeción), producidas a partir de una

composición de poliolefina que incluye, por ejemplo, polipropileno y fibra de vidrio, en donde el contenido de fibra de vidrio en la composición puede variar del 5 al 40% en peso de la composición, y puede fabricarse ventajosamente mediante un proceso de extrusión. En una o más realizaciones, los durmientes
5 pueden comprender una capa externa de polipropileno (es decir, sin otras especies de polímeros principales o fibra de vidrio, pero que incluyen aditivos comunes tal como antioxidantes, agentes anti-UV, etc.) como una envoltura alrededor de una capa de una composición de polipropileno y fibra de vidrio, aplicada mediante un proceso de coextrusión. En una o más realizaciones, las
10 estructuras ferroviarias de la presente descripción pueden formarse con uno o más orificios o espacios estructurales contenidos en ellas. La inclusión de dichos orificios o espacios estructurales puede ser sin sacrificar las propiedades mecánicas de los componentes, a pesar de estar formados con menos material que los diseños sin los orificios. El durmiente ferroviario
15 descrito actualmente puede exhibir un alto módulo elástico y un rendimiento cercano al de la madera, permitiendo así la aplicación en vías férreas para transportar carga y pasajeros.

[0057] Volviendo a las figuras incluidas, las FIGs. 2 a 16, 23A-B, y 24 ilustran realizaciones estructurales del durmiente ferroviario 1, todas ellas con
20 un hueco 4, además de formarse a partir de las poliolefinas descritas en este documento. El hueco 4 puede permitir que el balasto utilizado en la red ferroviaria penetre y se compacte en el durmiente 1, aumentando así la rigidez del ensamblaje de durmiente/balasto. También se muestra en las figuras la inclusión de orificios o espacios estructurales 6 dentro de las paredes laterales
25 del durmiente 1, que se analizan en más detalles a continuación.

[0058] Haciendo referencia ahora a las FIGs. 1ª y 1B, la FIG. 1A es una representación superior de una red ferroviaria simple adecuada para recibir las estructuras ferroviarias de la presente divulgación y la FIG. 1B representa una red ferroviaria de múltiples rieles. Como se muestra en la FIG. 1A y 1B, el durmiente 1 puede usarse para fijar al menos un par de rieles 2,2' de una vía férrea sobre la superficie de contacto 3 (preferiblemente una superficie plana) del durmiente 1. Se prevé que el durmiente 1 sea adecuado para su uso en redes ferroviarias simples, provistas con un par de rieles 2, 2', como se muestra en la FIG. 1A, o aún se puede usar en el punto de la red ferroviaria que comprende varios rieles 2, 2', como se muestra en la FIG. 1B.

[0059] Haciendo referencia ahora a la FIG. 2, la FIG. 2 ilustra una vista en sección transversal de una primera realización estructural del durmiente ferroviario que se ilustra en la FIGS. 1A-B. Como se muestra, el durmiente 1 puede formarse en forma de U invertida, que forma una superficie superior de contacto 3, preferiblemente plana, desde la cual las paredes de anclaje o laterales 5 y 5' se extienden hacia abajo, definiendo así el hueco 4 (mencionado anteriormente) entre ellas. En una o más realizaciones, las paredes de anclaje o laterales 5 y 5' son paralelas. En otras realizaciones, las paredes de anclaje o laterales 5 y 5' son ortogonales con respecto a la superficie superior de contacto 3.

[0060] Después de la instalación, el hueco 4 puede llenarse con balasto (no mostrado). Las porciones inferiores de las paredes de anclaje 5, 5', es decir, la porción que soporta el durmiente 1 sobre el suelo, se denominan puntos de apoyo 7, 7', siendo dichos puntos de apoyo 7, 7' opuestos a los puntos de asociación entre la superficie de contacto 3 y las paredes de anclaje

5, 5'. Dentro de las paredes de anclaje 5, 5' (que también pueden denominarse paredes laterales), puede haber uno o más orificios 6 formados. Los orificios 6 pueden reflejar un espacio estructural o ausencia de material en las paredes de anclaje 5, 5' y pueden ser numerados, dimensionados y tener una forma geométrica para mantener las propiedades mecánicas de las paredes de anclaje 5, 5' aunque forman paredes de anclaje 5, 5' con una cantidad reducida de un material a base de propileno. Como se muestra, hay un par de orificios 6 en cada pared de anclaje 5, 5', cada uno con forma de cilindro semi-elíptico. Sin embargo, se prevén otras formas geométricas tal como circular, elíptica, rectangular y similares. Además, el tamaño de la forma puede seleccionarse de modo que la cantidad de material que forma las paredes de anclaje 5, 5' pueda reducirse sin afectar negativamente las propiedades mecánicas del durmiente 1 (o solo en una medida que sea aceptable para el durmiente en uso en una red ferroviaria).

15 **[0061]** Con referencia a las FIGs. 2 y 3, las paredes de anclaje 5, 5' (mostradas como que contienen orificios 6) delimitan un primer ancho L1 del durmiente ferroviario 1 descrito aquí. Como se muestra en la FIG. 3, y considerando un espesor E para las paredes de anclaje 5, 5', el primer ancho L1 está delimitado por las porciones más externas (paredes exteriores) de las paredes de anclaje 5, 5', es decir, las porciones que no están orientadas al hueco 4. La realización que se muestra en las FIGs. 2 y 3 muestran puntos de apoyo simples 7, 7', en donde el espesor de contacto del durmiente 1 con el suelo es el espesor E de las paredes de anclaje 5, 5'.

25 **[0062]** Por otro lado, la realización que se muestra en la FIG. 4A incluye pies de soporte 8,8' que sobresalen lateralmente de las paredes de anclaje 5,5',

proporcionando un mayor soporte que los puntos de apoyo 7, 7'. Por lo tanto, el espesor de contacto del durmiente 1 con el suelo exhibe dimensiones mayores que el espesor E que se muestra en la FIGS. 2 y 3. Los diferentes espesores de la superficie de soporte dan como resultado un ancho diferente del durmiente 1, donde L1 se define como la distancia entre las paredes exteriores de las paredes de anclaje 5, 5' y L2 (que se muestran en la FIG. 4B) se define como la distancia entre la extensión más amplia del durmiente 1, incluidos los pies de soporte sobresalientes 8,8'. Así, en la realización en la que se usan los puntos de apoyo simples 7, 7', el primer ancho L1 tiene dimensiones iguales a las del segundo ancho L2, como se muestra en la FIG. 3. Por otro lado, en la realización en la que se usan los pies de soporte que sobresalen lateralmente 8, 8', el primer ancho L1 es más pequeño que el segundo ancho L2, como se muestra en la FIG. 4B.

[0063] Las FIGs. 5 y 6 ilustran otra realización para el durmiente 1 actualmente descrito. En esta realización, el durmiente 1 incluye la superficie de contacto 3 y paredes de anclaje 5, 5' según lo descrito más arriba (incluidos los orificios 6 formados en el mismo). La realización que se muestra en la FIG. 5 incluye puntos de apoyo simples 7, 7', estableciendo así dimensiones iguales para los anchos primero y segundo L1 y L2, respectivamente (como se muestra en la FIG. 6). También está presente en el durmiente 1 que se muestra en las FIGs. 5 y 6 una saliente de soporte opcional 9 (o pata de soporte) que se extiende desde la superficie de contacto 3 entre las paredes de anclaje 5, 5', formando así dos espacios vacíos 4. La saliente de soporte 9 puede potenciar el soporte del durmiente ferroviario 1 descrito aquí. Además, también se prevé

que la saliente de soporte 9 también puede incluir orificios 6 (como los descritos anteriormente) en la misma.

[0064] Haciendo referencia ahora a la FIG. 7, la FIG. 7 ilustra otra realización para el durmiente ferroviario 1 que tiene orificios formados en el mismo, según lo descrito más arriba. Además, en la realización ilustrada, el durmiente 1 incluye pies de soporte 8, 8' que sobresalen lateralmente descritos en las FIGs. 4A y 4B, y una saliente de soporte 9 que tiene orificios 6 formados en le miso, como se describe en las FIGs. 5 y 6.

[0065] Como se ilustra, la saliente de soporte 9 puede sobresalir a través de toda la altura del hueco 4 (es decir, terminando a la misma distancia que las paredes de anclaje 5, 5'), como se ilustra en las realizaciones que se muestran en las FIGs. 6 y 7, o, alternativamente, la saliente de soporte 9 puede sobresalir libremente de la superficie de contacto 3 y hacia el hueco 4, como se muestra en la FIG. 9, pero menos que la altura de las paredes de anclaje. Si bien la saliente de soporte 9 no se extiende en la misma medida que las paredes de anclaje en la realización que se muestra en la FIG. 9, la saliente de soporte 9 todavía puede proporcionar soporte al durmiente 1 a través de la transferencia de carga al balasto (no mostrado) cargada dentro del hueco 4, después de la instalación. Además, comparando la FIG. 9 con las figuras anteriores, se observa que la transición entre la superficie de contacto 3 y las paredes de anclaje 5,5' es una transición elíptica en la FIG. 9, mientras que una transición en ángulo está presente en las realizaciones descritas anteriormente. Además, como se muestra en la FIGS. 23A-B, La transición entre las paredes de anclaje 5, 5' y los pies de soporte que sobresalen lateralmente 8, 8' también puede ser elíptica o puede tener una intersección aguda (no se muestra). En

particular, como se muestra en la FIGS. 23A-B, cualquier transición (y en realizaciones particulares, cada una) entre superficies, tal como entre la superficie de contacto 3 y las paredes de anclaje 5, 5', entre las paredes de anclaje 5, 5' y los pies de soporte que sobresalen lateralmente 8,8' (en las superficies externas de las paredes 5, 5'), en la extensión más lateral de los pies de soporte que sobresalen lateralmente 8,8', y entre una base de los pies de soporte que sobresalen lateralmente 8,8' y la superficie interna de las paredes de anclaje 5, 5' (hueco adyacente 4) puede ser elíptica. Además, también se prevé que los orificios 6 puedan formarse también con transiciones
5
10 suaves.

[0066] Como se ilustra en la FIG. 10, en otra realización, además de las salientes de soporte 9 que sobresalen de la superficie de contacto 3, el durmiente 1 también incluye las salientes de soporte 9 que sobresalen de al menos una de las paredes de anclaje 5, 5' lateralmente hacia el hueco 4 del durmiente ferroviario 1. Además, si bien la FIG. 10 ilustra las salientes de soporte 9 que se extienden desde ambas superficies de contacto 3 y las paredes de anclaje 5,5', se prevé que las salientes de soporte 9 se pueden proporcionar desde una u otra, o de ambas. Además, el número de salientes de soporte 9 que se muestran en las figuras no debe considerarse una limitación
15
20 de la presente descripción.

[0067] Haciendo referencia ahora a la FIG. 11, se muestra otra realización del durmiente 1. Como se muestra, el durmiente 1 incluye, en una superficie exterior de las paredes de anclaje 5, 5', una pluralidad de dientes de anclaje 12; sin embargo, también se prevé que tales dientes podrían incluirse
25 también en una superficie de la pared interna o en lugar de la pared de la

superficie externa. Como se puede ver en la FIG. 11, los dientes de anclaje 12 están configurados como recesos (canales) que pueden abarcar toda la longitud del durmiente 1. En general, los dientes de anclaje 12 no interfieren en las características mecánicas del durmiente 1, sino que se considera que los

5 dientes 12 pueden proporcionar un mayor anclaje del durmiente 1 al balasto (no mostrado), permitiendo que el balasto penetre en cada uno de los dientes de anclaje 12. Además, la disposición de los dientes de anclaje 12 puede proporcionar ventajosamente una reducción de material y optimización en la fabricación del durmiente 1.

10 **[0068]** Haciendo referencia ahora a la FIG. 12, una o más realizaciones pueden estar dirigidas a un durmiente ferroviario 1 que tiene una superficie de contacto 3 que sobresale más allá de las paredes de anclaje 5, 5'. Además, también se pretende que el durmiente 1 que tiene una superficie de contacto 3 que se extiende lateralmente también pueda incluir una o más de las

15 características que se muestran anteriormente, que incluyen pies de soporte que se extienden lateralmente 8,8', así como una o más salientes de soporte (no mostradas) , dientes (no mostrados), etc.

[0069] Haciendo referencia ahora a la FIG. 24, si bien las realizaciones descritas anteriormente muestran dos orificios 6 en cada pared de anclaje 5, 5',

20 una o más realizaciones pueden estar dirigidas a un durmiente ferroviario 1 que tiene más de dos orificios 6 en cada pared de anclaje 5, 5'. En particular, como se ilustra, cada pared de anclaje 5, 5' tiene cuatro orificios 6. Los orificios superior e inferior 6', 6'' tienen extremos arqueados en sus extremos superior e inferior, respectivamente, mientras que los orificios medias 6''' son

25 generalmente rectangulares con esquinas elípticas.

[0070] En las realizaciones en las que el durmiente ferroviario 1 comprende pies de soporte que se extienden lateralmente 8, 8', tales pies 8, 8' pueden sobresalir del hueco 4 (como se muestra en la FIG. 12), o alternativamente tales pies 8, 8' pueden sobresalir tanto lejos del hueco 4 y hacia el mismo, como se muestra en la FIG. 13. En otra realización alternativa, los pies 8, 8' podrían sobresalir solo hacia el hueco 4. En este caso, el segundo ancho L2 del durmiente asumiría una dimensión igual al primer ancho L1.

[0071] En las realizaciones descritas anteriormente (y con referencia específica a la FIG. 14, por conveniencia), el espesor E de las paredes de anclaje 5,5' puede variar de 1 a 4 centímetros. En las realizaciones en las que el durmiente 1 comprende dientes de anclaje 12, dichos dientes comprenden un espesor E1 que varía de 0,2 a 0,5 cm (que se muestra en la FIG. 11) y una altura h1 que varía de 0,5 a 2,0 cm.

[0072] Para cualquiera de las realizaciones descritas aquí para el durmiente ferroviario 1, el primer ancho L1 puede variar de 18 a 30 cm. En las realizaciones que usan pies de soporte extendidos lateralmente 8,8', pueden tener un segundo ancho preferido L2 que varía de 19 a 48, siempre que obviamente el segundo ancho L2 (pies de soporte extendidos) sea mayor que el primer ancho L1 (puntos de apoyo simples). En las realizaciones en las que los pies de soporte 8, 8' sobresalen solo hacia el hueco 4, el segundo ancho L2 asumirá un valor igual al primer ancho L1.

[0073] Con respecto al ancho de los pies de soporte 8, 8', denominado tercer ancho L3 (Figuras 4B, 8, 11 y 14), el ancho puede variar de 1,5 a 12 cm. En el caso de la realización que se muestra en la FIG. 14, hay un tercer ancho preferido L3 que varía de 2 a 20 cm.

[0074] En cuanto a la altura del durmiente ferroviario 1 descrita en este documento, se denomina primera altura H que puede variar, por ejemplo, de 14 a 20 cm. En las realizaciones que hacen uso de las salientes de soporte 9, dicho elemento sobresale desde la superficie de contacto 3 en valores en el
5 rango de 0,5 a 19 cm, siendo el máximo la altura de las paredes de anclaje. El ancho de la saliente de anclaje 9, que sobresale de las paredes de anclaje, denominado L4, puede variar de 0,5 a 3,0 cm.

[0075] La transición entre las paredes de anclaje 5, 5' y la superficie de contacto 3 y/o los pies de soporte 8, 8' puede realizarse ortogonalmente o en
10 ángulo, como se muestra en las figuras anteriores, alternativamente puede llevarse a cabo por segmentos en curvatura o con una transición elíptica, como en la realización que se muestra en la FIG. 15. Dichas transiciones pueden incluirse con cualquier tipo de transición.

[0076] En una o más realizaciones, los orificios 6 pueden tener un ancho
15 (medido en el punto más ancho del mismo) hasta el 50% del espesor E o el 40% del espesor E, y una longitud total (como la suma de las longitudes de todos los orificios) hasta el 80% de la altura H o el 70% de la altura H. En particular, en una o más realizaciones, los orificios 6 pueden tener un ancho que varía del 20 al 40% del espesor E y una longitud total que varía del 50 al
20 70% de la altura H.

[0077] Como se mencionó anteriormente, para que el durmiente 1 sea capaz de soportar las tensiones de su campo de aplicación, puede estar hecho de un material que tenga un alto módulo elástico (alta rigidez), que también tenga una alta resistencia al impacto, resistencia a la fatiga y alta disponibilidad
25 del mercado. Más específicamente, en una o más realizaciones, un durmiente

puede estar formado por un material singular, sin embargo, en otras realizaciones, un durmiente puede ser un producto de múltiples capas que tiene una pared interna 13 (representada por una línea discontinua) y una pared externa 14 (representada por una línea continua), como se muestra en la FIG. 16. Si bien se pretende específicamente que la totalidad del durmiente 1 pueda estar formada por un solo material, otras realizaciones pueden incluir una construcción de múltiples capas, donde las superficies exteriores (paredes 13 y 14) están formadas por un primer material, y la porción intermedia o interior 15 del durmiente 1 está formada por un segundo material. Por ejemplo, el material único o el segundo material pueden incluir una composición que comprende polipropileno y fibra de vidrio. En una o más realizaciones, el contenido en peso de la fibra de vidrio puede variar de 5% en peso a 40% en peso de la composición o de 33% en peso a 37% en peso de la composición en otras realizaciones.

[0078] En otras realizaciones que tienen una estructura de múltiples capas, la pared interna 13 y la pared externa 14 pueden fabricarse con una composición que comprende poliolefinas tales como polipropileno (que es igual o diferente del polipropileno de la capa interna) y la capa intermedia 15 puede fabricarse a partir de un segundo material. Por ejemplo, se puede usar polipropileno en la capa superficial externa y se puede usar una composición que comprende polipropileno y fibra de vidrio en la capa intermedia de los durmientes.

[0079] Se observa que el uso de la composición de polipropileno con fibra de vidrio como material único o en la capa intermedia 15 es una realización de la presente divulgación, y que en otras realizaciones cualquier

material o composición que tenga un módulo de flexión, según se determine de acuerdo con según el estándar ISO 178, se puede utilizar un valor superior o igual a 5000 MPad.

[0080] Haciendo referencia ahora a la FIG. 19, para la fijación del durmiente 1 propuesto a los rieles 2, 2', los bloques de sujeción 10 pueden estar dispuestos en el hueco 4 del durmiente 1. Estos bloques tienen la función principal de permitir la instalación de los tirafondos y la instalación de los dispositivos de fijación que sujetan los rieles 2, 2' al durmiente 1. Más específicamente, tales bloques 10 impiden los movimientos laterales de la vía férrea y pueden estar dispuestos en la porción del durmiente 1 que está debajo de los rieles 2, 2' o, en otras palabras, en la porción del durmiente 1 opuesta al punto de disposición de las vías en la superficie de contacto 3.

[0081] La FIG. 18 ilustra una vista de perfil de una red ferroviaria en la que se usa el durmiente 1 descrito aquí. En esta figura, cada uno de los rieles 2, 2' se fijan a la superficie de contacto 3 del durmiente 1 por medio de las placas de soporte 20 y los tirafondos 21. En el hueco 4 del durmiente 1, que, cuando se fija a una red ferroviaria, permite que el balasto del ferrocarril penetre en el hueco 4 y, con la compactación del balasto en el hueco 4, se logrará una mayor rigidez del sistema balasto/durmiente.

[0082] Se observa además en la FIG. 18 que los bloques de sujeción 10 están dispuestos debajo de cada uno de los rieles 2, 2', dichos bloques 10 están configurados como bloques sólidos y pueden estar hechos de madera, material reciclado, hormigón, polietileno, polipropileno, y aún pueden estar hechos del mismo material utilizado en la fabricación del durmiente 1, una composición que comprende polipropileno y fibra de vidrio. En realizaciones

particulares, los bloques de fijación 10 están hechos de polietileno. En realizaciones particulares, el bloque de sujeción puede producirse a partir de polietileno virgen, polietileno de base biológica tal como polietileno de la familia l'm Green™ de Braskem, resina reciclada, resina posterior al consumo y combinaciones de los mismos. En realizaciones particulares, el bloque de sujeción está hecho de un polietileno de alta densidad.

[0083] Dicho bloque de sujeción 10 puede fabricarse mediante diferentes procesos, tales como moldeo por extrusión, pultrusión, moldeo por inyección y procesos de mecanizado que utilizan bloques masivos para obtener la forma final de la pieza. Además, en una o más realizaciones particulares, los bloques de sujeción, como en los durmientes descritos aquí, puede incluir uno o más orificios 16 o espacios estructurales que reducen la cantidad de material necesario para formar el bloque de sujeción 10 sin afectar negativamente las propiedades mecánicas de bloque de sujeción 10, o con un impacto en las propiedades mecánicas que aún permite el uso de esos bloques en la estructura del durmiente, como se muestra en la FIG. 20D. En una o más realizaciones, dichos orificios 16 pueden tener un ancho de hasta 50% o 40% del ancho del bloque de sujeción 10. Por ejemplo, el ancho del orificio 16 puede variar de 20 a 40% del ancho del bloque de sujeción 10. En una o más realizaciones, los orificios 16 pueden tener una altura de hasta el 80% o 70% de la altura del bloque de sujeción. Por ejemplo, la altura del orificio 16 puede variar del 40 al 70% del bloque de sujeción. Se entiende que también pueden usarse orificios más pequeños (o una pluralidad de orificios) pero pueden no ofrecer tanto porcentaje de reducción de peso como se logra con los orificios más grandes.

[0084] Para una mejor fijación de los bloques 10 al durmiente 1, los elementos de fijación, preferiblemente configurados como tornillos hexagonales 26, podrían estar dispuestos transversalmente al durmiente 1, como se representa preferiblemente en la FIG. 19. Las FIGs. 20A-F, 21A-B, y 31-32
5 ilustran formas propuestas para los bloques de sujeción 10. Se entiende que cualquiera de las realizaciones estructurales propuestas para el durmiente ferroviario 1 puede usarse en combinación con cualquiera de las realizaciones de los bloques de sujeción 10.

[0085] Las realizaciones que se ilustran en las FIGs. 20E y 20F
10 proporcionan bloques de sujeción 10 hechos por proceso de inyección. Se observa que los bloques 10 ilustrados en tales figuras comprenden varias estructuras de nervaduras 27 diseñadas para soportar cargas referidas a la disposición de los vagones de ferrocarril.

[0086] Por lo tanto, las estructuras de nervadura 27 combinan resistencia
15 y ligereza y establecen una nueva posibilidad de disponer los bloques de sujeción 10. Además, los bloques 10 pueden comprender otros agujeros 28 diseñados para la disposición de tornillos apropiados. Debe señalarse que la disposición y la forma de las estructuras 27 no deben limitarse a las realizaciones que se muestran en la FIG. 20E y 20F.

[0087] Como se muestra en las FIGs. 21A-B y 31-32, los bloques de
20 sujeción 10 también pueden incluir uno o más espacios vacíos 24. En las realizaciones que se muestran en las FIGs. 21A-B, el espacio vacío 24 da como resultado que el bloque de sujeción tome una forma similar a la forma de U invertida descrita con respecto a los durmientes 1. En las realizaciones que
25 se muestran en las FIGs. 31-32, cada bloque de sujeción 10 incluye dos

espacios vacíos 24, dando como resultado que el bloque de sujeción 10 tome una forma de H. En una o más realizaciones, los espacios vacíos 24 pueden tener un ancho de hasta 50% o 40% del ancho del bloque de sujeción 10. Un ancho ilustrativo del espacio vacío 24 puede variar de 15-40% del ancho del
5 bloque de sujeción 10. En una o más realizaciones, los espacios vacíos 24 pueden tener una altura total (la suma de todas las alturas) de hasta el 75% o hasta el 65% de la altura del bloque de sujeción 10. Un ejemplo de altura total del espacio vacío 24 puede variar del 50 al 70% de la altura del bloque de sujeción 10. Mientras que algunas realizaciones de bloques de sujeción 10
10 pueden tener bordes generalmente afilados (con un radio pequeño), como se muestra en las FIGs. 20A-D y 21A-B, también se prevé que los bloques de sujeción puedan tener bordes elípticos más grandes. Además, también preveía que las superficies superior e inferior de los bloques de sujeción 10 pueden sobresalir más que las superficies verticales de los bloques de sujeción, como
15 se muestra en la FIG. 32 (y similar a las salientes mostradas en la realización del durmiente que se muestra en la FIG. 12).

[0088] En una o más realizaciones, los bloques de sujeción 10 descritos en las FIGs. 20A-F, 21A-B y 31-32 pueden usarse en combinación con cualquiera de los durmientes 1 descritos con respecto a las FIGs. 2-17 y 23-24;
20 sin embargo, también se pretende que los bloques de sujeción 10 descritos actualmente se puedan usar en combinación con otros durmientes, sin orificios, tal como los descritos en la Publicación de Patente Estadounidense No. 2018/0327977, que se incorpora aquí como referencia en su totalidad.

[0089] En una o más realizaciones, cualquiera de los bloques de
25 sujeción 10 analizados en la presente divulgación y divulgados en las FIGs.

20A-D, 21A-B y 31-32 pueden hacerse mediante un proceso de inyección, configurando así un bloque estructurado (con o dentro de las estructuras de nervadura 27). En otras realizaciones, los bloques de sujeción 10 analizados en la presente divulgación y descritos en las FIGs. 20A-D, 21A-B, y 31-32 pueden
5 hacerse mediante un proceso de moldeo por extrusión, teniendo así una superficie continua, sin las estructuras de nervadura 27.

[0090] En una o más realizaciones, como alternativa al uso de bloques de sujeción con durmientes, también se prevé que los durmientes 1 de la presente descripción se puedan fijar por medio de las placas de hierro fundido
10 ya existentes 25 y aún por medio de las placas metálicas 22 (preferiblemente hechas de acero) fijadas a las placas existentes (placa 25) por medio del elemento de fijación convencional 23, tal como tornillos, arandelas de presión y tuercas, que se inserta a través de los agujeros (que se muestra en la FIG. 23B como agujeros 29).

15 **[0091]** Tal forma de fijación se ilustra en las FIGs. 22A y 22B, en donde la FIG. 22A muestra placas metálicas 22 de menor tamaño en comparación con la representada en la FIG. 22B. La realización que se muestra en la FIG. 22B, que está completamente dispuesta entre los rieles de la red ferroviaria, termina aumentando la resistencia del durmiente 1. Se señala además que el número
20 de placas metálicas 22 utilizadas no debe limitarse al número que se muestra en las FIGs. 22A-B.

[0092] Haciendo referencia ahora a la FIG. 17, también se prevé que el durmiente de la presente divulgación no forme una forma de U invertida. Por ejemplo, como se muestra en la FIG. 17, un durmiente ferroviario 1' incluye una
25 superficie de contacto 3 (en la cual los rieles entran en contacto), así como una

superficie de soporte 3' opuesta a la superficie de contacto 3 (y que también se extiende entre las paredes de anclaje 5, 5' en la base del durmiente 1'. En tal realización, el hueco 4 es en realidad una porción hueca del durmiente definida por la superficie de contacto 3, paredes de anclaje 5,5' y la superficie de soporte 3'. Cabe señalar que las otras características y realización propuestas para el durmiente ferroviario 1 en las realizaciones descritas en el presente documento también son válidas para la realización del durmiente ferroviario 1' que se muestra en la FIG. 17 y que comprende la superficie de soporte 3'. Además, también se pretende que paredes de anclaje 5, 5' en el durmiente 1' también puedan incluir los orificios 6 descritos anteriormente.

[0093] Las formas estructurales del durmiente ferroviario 1, 1' aquí descritas pueden obtenerse preferiblemente mediante un proceso de extrusión/coextrusión. Tal proceso se lleva a cabo por medio de una máquina extrusora convencional, provista, por ejemplo, de un punto de alimentación, cañón con rosca, matriz, calibrador y reductor de velocidad.

[0094] En términos generales, durante el proceso de extrusión, se permite la compactación de la composición (estructura que forma el durmiente 1,1') que ocurre cuando el polímero fundido pasa a través de la placa de matriz y dentro del calibrador con un enfriamiento y vacío homogéneos por el perfil completo de la pieza.

[0095] El proceso descrito en el presente documento comprende una etapa inicial de añadir la composición utilizada (preferiblemente polipropileno con fibra de vidrio) al alimentador de la máquina extrusora y luego regular las temperaturas de todas las zonas de fusión de la extrusora y en la placa de matriz para cumplir con las características del material.

[0096] En realizaciones que usan un durmiente de múltiples capas, junto con el paso anterior, el primer material polimérico (polipropileno con fibra de vidrio) se puede agregar a una máquina extrusora, y en una coextrusión conectada antes de la placa de matriz, se pueden agregar otras resinas tales como polipropileno puro, polipropileno con lote maestro negro o polipropileno con aditivos junto con la composición de polipropileno y fibra de vidrio.

[0097] Por lo tanto, la composición de polipropileno con fibra de vidrio puede recubrirse con polipropileno (sin fibra de vidrio, tal como polipropileno puro o polipropileno con otros aditivos), estableciendo así una estructura con la disposición de las paredes interna 13 y externa 14 en polipropileno (sin fibra de vidrio) y la capa intermedia 15 en polipropileno y fibra de vidrio. Por lo tanto, se forma una estructura similar al proceso de extrusión conocido como ABA, en el que la primera capa (capa A) consiste en un material determinado (en este caso, polipropileno), la capa intermedia (capa B) consiste en otro material (en este caso una composición de polipropileno con fibra de vidrio), y la tercera capa consiste nuevamente en el material A (polipropileno). También se prevé que solo una capa interna 13 o externa 14 se coextruya con la capa intermedia 15, formando así una estructura de múltiples capas AB o BA.

[0098] Debe señalarse que la fabricación de las paredes interna 13 y externa 14 a partir del mismo material utilizado para hacer la capa intermedia 15 (en este caso, polipropileno sin fibra de vidrio) es solo un ejemplo de realización. Por lo tanto, las paredes 13 y 14 podrían estar hechas de un material diferente al usado en la capa 15, siempre que obviamente proporcione la adherencia necesaria a la pieza. También se prevé que solo una

composición que comprende polipropileno y fibra de vidrio se puede agregar a la extrusora para realizaciones que usan una sola estructura de material.

[0099] Siguiendo la descripción de los pasos mencionados anteriormente, después de fundir la estructura dentro del cañón y el tornillo de la máquina extrusora, la estructura fundida se extruye dentro de la matriz, teniendo dicha matriz la función principal de conformar la estructura a la deseada forma.

[00100] Posteriormente, la estructura, al salir de la matriz, pasa a través del calibrador provisto de un sistema de enfriamiento a base de agua. Dicho sistema de enfriamiento tiene como objetivo mantener la estructura fundida en su forma final, además de ayudar a enfriar la pieza.

[00101] Al salir del calibrador, la pieza se introduce en un sistema para controlar la velocidad de la máquina extrusora, limitando así el caudal del proceso y permitiendo la compactación de la estructura dentro del calibrador, evitando así las burbujas y la pérdida de material. Finalmente, la estructura fundida se corta en un tamaño deseado.

[00102] Dependiendo de la forma deseada para el durmiente ferroviario 1, 1', el calibrador de la extrusora puede configurarse como un calibrador con o sin vacío. En los calibradores sin vacío, una longitud ilustrativa puede variar de 0,3 a 0,5 metros, mientras que en un calibrador con vacío, la longitud puede variar entre 1 y 4 metros y el vacío de la cámara de enfriamiento de 0 a 0,4 bar.

[00103] Se señala que un calibrador sin vacío puede ser particularmente deseable para conformar el durmiente ferroviario 1 que contiene un hueco abierto (que se muestra en la FIG. 2-16). Por otro lado, puede usarse un

calibrador con vacío para conformar el durmiente 1' cuyo hueco 4 está delimitado por la superficie de soporte 3'.

[00104] Además, pueden usarse los siguientes parámetros preferidos para la máquina extrusora:

- 5 • temperatura de la extrusora que varía preferiblemente de 220°C a 250°C;
- amperaje de la extrusora que varía de 25 a 350 A;
- presión de cabeza de 5 a 70 bar;
- velocidad de la máquina extrusora (velocidad de la línea) que varía
- 10 de 0,1 a 0,5 metros/minuto; y
- Rotación del tornillo que preferiblemente varía de 10 a 45 rotaciones por minuto (rpm).

[00105] Aunque el proceso de conformación del durmiente ferroviario 1, 1' se ha denominado proceso de extrusión, uno debe entender que tal

15 característica es solo una realización preferida, de modo que otros procesos podrían usarse para la conformación estructural de las propuestas de durmiente 1, como un proceso de intrusión, moldeo por inyección o pultrusión.

[00106] En una o más realizaciones, la composición que comprende polipropileno y fibra de vidrio contiene fibra de vidrio en el intervalo de 5% en

20 peso a 40% en peso de la composición, y más particularmente de 33% en peso a 37% en peso de la composición.

[00107] EJEMPLO

[00108] Un durmiente (S1) del tipo que se muestra en la FIG. 24 (con orificios) se comparó con un durmiente comparativo (S2) del tipo que se

25 muestra en la FIG. 25 (sin orificios) a través de una simulación utilizando

ABAQUS (un software de análisis de elementos finitos disponible de Dassault Systemes). En la simulación, los diseños de durmiente S1 y S2 se combinaron con bloques de sujeción, como se muestra en las FIGs. 26-27, respectivamente, balasto y un riel. El bloque de sujeción utilizado con el diseño S1 es del tipo que se muestra en la FIG. 20D (contiene un orificio o espacio estructural a lo largo de su longitud), mientras que el bloque de sujeción utilizado con el diseño S2 es un bloque sólido que omite dicho orificio. Se observa en las FIGs. 24-25 que las áreas proyectadas (dirección vertical) se mantienen, y así se preserva el área de contacto entre los dos diseños. En particular, el diseño S1 tenía dimensiones de 2,60 m, 170 mm y 15 mm. El diseño S2 tenía dimensiones de 2,8 m, 190 mm y 20 mm. Los pesos de los diseños se muestran en la Tabla 1 a continuación:

	S1	S2
Durmiente	25,5 kg	42,1 kg
Bloque	12,4 kg (unidad)	15,6 kg (unidad)
Masa total (durmiente + bloque x 2)	50,3 kg	73,3 kg

[00109] Los estudios realizados para el diseño de S2 revelaron bajos niveles de tensión en la región central de la sección durmiente, como se muestra en la FIG. 28. La tensión predominante en el durmiente se debe a la flexión. Estas tensiones requieren regiones más alejadas de la línea neutral y mantienen niveles de tensión más bajos en esta región. Los estudios de simulación numérica del modelo S1 muestran que los niveles de tensión (12,2 MPa) permanecen por debajo de las tensiones de ruptura de 70 MPa (FIG. 29).

- [00110]** Como la rigidez de S1 es menor que S2, se probó el efecto de esta rigidez en el ancho de vía del ferrocarril. Aplicando una carga característica (vertical y horizontal) en una vía férrea regular, como se muestra en la FIG. 30, la abertura del ancho de vía ($X1 + X2$) en la instalación S2 es de 3,58 mm, y la abertura del ancho de vía en la instalación S1 es de 3,94 mm. Las simulaciones demuestran que la presencia de orificios, lo que conduce a un ensamblaje de durmiente más liviano, todavía permite su uso en estructuras ferroviarias a medida que cumple con el criterio de compensación de límite del 1% del ancho de vía (16,8 mm).
- 10 **[00111]** Ventajosamente, los durmientes ferroviarios descritos en la presente divulgación pueden tener uno o más de los siguientes:
- disponibilidad y confiabilidad de la materia prima para satisfacer las necesidades a gran escala del mercado;
 - buen aislante eléctrico;
 - 15 • alto módulo elástico;
 - capacidad de reciclado;
 - instalación, fijación y mantenimiento iguales a los de los durmientes de madera, empleando las mismas herramientas y equipos;
 - mayor facilidad de transporte y mantenimiento, reduciendo los costos
 - 20 logísticos;
 - inerte e impermeable;
 - permite el uso de los sistemas de fijación empleados actualmente en durmientes de madera; y
 - permite la producción de diferentes longitudes y formas de durmiente
 - 25 para satisfacer diferentes anchos e desvíos ferroviarios.

[00112] Aunque solo se han descrito algunas realizaciones ilustrativas en detalle anteriormente, los expertos en la materia apreciarán fácilmente que son posibles muchas modificaciones en las realizaciones ilustrativas sin apartarse materialmente de esta invención. En consecuencia, todas estas modificaciones

5 están destinadas a ser incluidas dentro del alcance de esta divulgación como se define en las siguientes reivindicaciones. En las reivindicaciones, las cláusulas de medios más funciones están destinadas a cubrir las estructuras descritas en el presente documento que ejecutan la función mencionada y no solo equivalentes estructurales, sino también estructuras equivalentes. Por lo

10 tanto, aunque un clavo y un tornillo pueden no ser equivalentes estructurales en el sentido de que un clavo emplea una superficie cilíndrica para asegurar las piezas de madera, mientras que un tornillo emplea una superficie helicoidal, en el entorno de la fijación de piezas de madera, un clavo y un tornillo pueden ser estructuras equivalentes. Es la intención expresa del solicitante no invocar 35

15 U.S.C. § 112, párrafo 6 para cualquier limitación de cualquiera de las reivindicaciones en este documento, excepto aquellas en las que la reivindicación usa expresamente las palabras "medios para" junto con una función asociada.