

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 029 161**

51 Int. Cl.:

E01C 19/48 (2006.01)

E01C 19/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.03.2021** **E 21164220 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.03.2025** **EP 4063564**

54 Título: **Sistema de medición**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
23.06.2025

73 Titular/es:

MOBA MOBILE AUTOMATION AG (100.00%)
Kapellenstrasse 15
65555 Limburg, DE

72 Inventor/es:

KÖRNER, MATTHIAS;
FASEL, MICHAEL y
DÖRING, LUKAS

74 Agente/Representante:

PEREZ CID, Ana

ES 3 029 161 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

Sistema de medición

- 5 Los ejemplos de realización de la presente invención se refieren a un sistema de medición para una máquina de construcción. Los ejemplos de realización preferidos se refieren a un sistema de medición con un soporte que presenta una o varias secciones conectables. Otros ejemplos de realización se refieren a una máquina de construcción, en particular una máquina de construcción de carreteras, como una acabadora de carreteras o una fresadora de carreteras, con un sistema de medición correspondiente. En general, la solicitud pertenece al campo de la tecnología de medición para máquinas de construcción, en particular máquinas de construcción de carreteras, como acabadora de carreteras.

La figura 4 muestra una acabadora de carreteras conocida, tal como se describe, por ejemplo, en el documento EP 0 542 297 A1. La acabadora de carreteras se designa en su conjunto con la referencia 1 y comprende un chasis con orugas 2, con el que la acabadora de carreteras 1 se desplaza sobre el suelo preparado 4. En el extremo posterior de la acabadora de carreteras 1 visto en el sentido de marcha, está dispuesta una regla de altura ajustable 10, que está articulada mediante un brazo de tracción 12 en un punto de tracción 14 ZP a la acabadora de carreteras 1. La altura del punto de tracción 14 ZP puede ajustarse mediante el cilindro 14 (no representado). Delante de la regla 10 se encuentra una reserva 3 de material asfáltico, que se mantiene esencialmente constante a lo largo de toda la anchura de la regla 10 mediante la regulación correspondiente y de por sí conocida de la velocidad de un equipo de transporte a modo de tornillo sin fin 4. La regla 10 flota en el asfalto de la superficie de la carretera 16 que se va a construir. El espesor de la superficie de la carretera que se va a construir se ajusta antes de su compactación final mediante apisonadoras mediante regulación de la altura del borde posterior 10k de la regla 10. Esta regulación de altura se consigue modificando el ángulo de ataque de la regla 10 y normalmente se realiza mediante el control de los cilindros de accionamiento que engranan en los extremos delanteros de los brazos de tracción 12. La acabadora de carreteras comprende tres sensores ultrasónicos 5a, 5b, 5c, que están fijados en un portador 5h. El portador 5h está fijado en el brazo de tracción 12. Los tres sensores ultrasónicos 5a, 5b, 5c se utilizan para la exploración de una superficie de referencia, que puede estar formada, por ejemplo, por una calzada ya fabricada o antigua de la superficie de la carretera.

En el caso de las máquinas de construcción, como en particular las máquinas de construcción de carreteras, la distancia al suelo o a una referencia, como por ejemplo un cable tensado o un bordillo o una capa adyacente ya construida, se mide en uno o varios puntos, como se explica en relación con la figura 4. En los últimos años, se han impuesto en el mercado sensores ultrasónicos para este fin, que están fijados mediante brazos salientes, por ejemplo en una regla de la acabadora de carreteras, en un brazo de tracción de una acabadora de carreteras y/o en un chasis de la acabadora de carreteras. En algunas aplicaciones se utiliza el llamado Sonic-Ski, que combina varios cabezales de medición paralelos para formar un sensor de distancia.

En otra solución del estado de la técnica (Big Sonic-Ski o también denominado Big Ski para abreviar), una pluralidad de sensores de distancia, como por ejemplo cabezales de medición ultrasónicos o sensores basados en otro principio de medición, como por ejemplo el láser, se fijan mediante un varillaje conjunto en el brazo de tracción. El varillaje se extiende en el sentido de la marcha aproximadamente a lo largo de la longitud de la máquina o incluso más allá de esta y está dispuesto de tal forma que puede medirse una distancia al suelo en dos, tres o varios puntos de medición a lo largo de este varillaje o sentido de la marcha. Un sensor puede estar orientado, por ejemplo, hacia la capa aplicada, mientras que otro sensor está orientado hacia el suelo por debajo de la capa a aplicar. En este sentido están previstos por lo tanto dos o más cabezales de sensores, estando dispuesto un cabezal de sensor delante de la regla y un cabezal de sensor detrás de la regla.

Esta aplicación llamada Big Sonic-Ski (o Big Ski) tiene una serie de ventajas, como por ejemplo el hecho de que las mediciones sistemáticamente incorrectas, por ejemplo por piedras en el suelo, pueden suprimirse o promediarse. La desventaja de este llamado Big Sonic-Ski es que el esfuerzo de montaje para el varillaje y los cabezales de sensores individuales es bastante elevado. Si se parte de que estos sistemas de medición se desmontan durante la noche para evitar eventuales robos, este esfuerzo de montaje no es despreciable en el flujo del trabajo diario. Por tanto, es necesario mejorar el planteamiento.

Como otro ejemplo del estado de la técnica cabe mencionar el documento EP 2597321 A1, que muestra una barra de luz.

El documento CN 201601836 U divulga una estructura de soporte que se fija en una acabadora de carreteras y está formada por segmentos alargados con sensores, estando conectados los segmentos individuales mecánicamente uno tras otro en sus extremos.

El objetivo de la presente invención es crear un concepto que permita la medición en al menos dos posiciones con respecto al suelo, ofreciendo en general un compromiso mejorado entre el esfuerzo de montaje, el rango de medición

(en el sentido de una gran distancia entre los puntos de medición individuales) y la fiabilidad.

El objetivo se consigue mediante la reivindicación independiente 1.

- 5 La invención crea un sistema de medición o una disposición de medición para una máquina de construcción, como por ejemplo una acabadora de carreteras o una fresadora. El sistema de medición comprende un soporte conectable con la máquina de construcción (o con un componente, como por ejemplo la regla o el brazo de tracción de la máquina de construcción), por ejemplo, de tal forma que el soporte se extiende a lo largo de un suelo. El soporte puede extenderse, por ejemplo, a lo largo de un eje longitudinal de la máquina de construcción, en el lateral de la misma. El
- 10 soporte comprende al menos una primera sección y una segunda sección, presentando la primera sección una pluralidad de cabezales de sensores fijados o integrados en la primera sección para la medición sin contacto con respecto a un suelo o en general una referencia. Estos están orientados por ejemplo en paralelo, es decir, tienen una zona de escaneo que se extiende en paralelo o esencialmente en paralelo. La primera sección presenta un segundo elemento conector en una segunda cara frontal, pudiendo conectarse el segundo elemento conector con un primer
- 15 elemento conector de tal manera que se forma tanto una conexión mecánica como también una eléctrica.

La segunda sección del soporte también presenta una pluralidad de cabezales de sensores fijados/integrados (en paralelo). La segunda sección presenta el primer elemento conector en una primera cara frontal, de modo que el

20 segundo elemento conector de la primera sección puede conectarse con el primer elemento conector de la segunda sección.

El primer y/o el segundo elemento conector presentan un gancho, de modo que el primer elemento conector y el segundo elemento conector pueden hacerse engranar mediante un movimiento de giro alrededor de un eje de rotación para formar la conexión mecánica. El primer elemento conector (en general: uno de los dos elementos conectores)

25 presenta un conector macho, presentando en este caso el segundo elemento conector (en general: el otro de los dos elementos conectores) un conector hembra. El conector macho y hembra forman juntos la conexión eléctrica; en este caso, el conector macho y/o hembra están configurados para ser inclinados y/o el conector macho y/o hembra presentan al menos parcialmente una forma cónica.

30 Según unos ejemplos de realización, una segunda sección puede presentar un segundo elemento conector en una segunda cara frontal y/o la primera sección puede presentar un primer elemento conector en una primera cara frontal. En este sentido, estas dos secciones pueden estar configuradas de la misma manera, de modo que no solo pueden conectarse dos secciones para formar un soporte, sino también una pluralidad de secciones.

35 Según un ejemplo de realización, el conector macho y/o hembra se extienden esencialmente a lo largo de una dirección longitudinal de la primera y/o segunda sección.

Los ejemplos de realización de la presente invención se basan en el descubrimiento de que, gracias al uso de conexiones enchufables, que por ejemplo en términos de su flexibilidad o geometría están adaptadas al movimiento

40 del primer y segundo soporte cuando se unen, la conexión mecánica y eléctrica puede estar configurada de manera segura y eficiente. Una variante en este sentido el alojar los conectores macho y/o hembra de forma flexible o suspendidos libremente. Si se parte, por ejemplo, de que los elementos conectores con los ganchos realizan un movimiento de rotación, la dirección de unión del conector macho y hembra discurre tangencialmente en un radio alrededor del eje de rotación del movimiento de rotación con el que se hacen engranar los dos elementos conectores.

45 Gracias al alojamiento flexible o giratorio es posible que varíe la orientación del conector macho y/o hembra durante el movimiento de rotación, de modo que no se produce un ladeo o atascamiento del conector macho y hembra por la trayectoria de unión curvada. En otras palabras, al unirse el conector macho y hembra, estos se orientan de tal manera que la unión también puede tener lugar a lo largo de una trayectoria de rotación. Esta orientación se realiza gracias a los grados de libertad del conector macho y/o hembra. Adicional o alternativamente, la geometría del conector macho

50 y/o hembra puede estar adaptada correspondientemente, de modo que, al unirse el conector macho y/o hembra a lo largo de una dirección de unión que discurre en una trayectoria circular, no se produce ningún atascamiento. Por ejemplo, sería concebible que el conector macho y/o hembra estén realizados de forma cónica o al menos parcialmente cónica. De este modo, se produce un centrado y un deslizamiento de uno al interior del otro entre el conector macho y/o hembra. Por ejemplo, el conector macho puede estar realizado de forma cónica en la zona delantera, de modo

55 que se presenta una especie de bisel. Con o sin el alojamiento flexible, la forma cónica puede garantizar ventajosamente que el conector macho y/o hembra puedan conectarse eléctricamente entre sí cuando la conexión mecánica se realiza a lo largo de un eje de rotación.

Según unos ejemplos de realización, cabe señalar que el conector macho puede presentar por ejemplo una punta

60 cónica o una punta que se estrecha o también un bisel. Según otros ejemplos de realización, la forma cónica también puede presentarse solo de forma parcial, es decir, no tiene que extenderse necesariamente a lo largo de toda la circunferencia del conector macho que es, por ejemplo, circular y/o a lo largo de toda su longitud. Según un ejemplo de realización, el conector hembra presenta una abertura cónica, es decir, que el diámetro de la misma se ensancha por ejemplo hacia la abertura.

Según unos ejemplos de realización, el conector macho y/o hembra pueden rotar alrededor de uno o varios ejes de rotación (por ejemplo, un eje de rotación del conector macho o un eje de rotación del conector hembra) para realizar el alojamiento flexible. Según un ejemplo de realización, los ejes de rotación pueden discurrir en paralelo al eje de rotación alrededor del cual tiene lugar el enganche mecánico.

Como ya se ha indicado anteriormente, puede producirse un autocentraje del conector macho y/o hembra. Este puede apoyarse, por ejemplo, mediante uno o varios imanes, que al unirse el conector macho y/o hembra guían los mismos o los orientan uno con respecto al otro de modo que se establece un contacto. La fuerza magnética tiene otra ventaja, concretamente que en este caso se mantiene el contacto, aunque se produzcan vibraciones o similares. En este sentido, los imanes están configurados para fijar el conector macho y hembra uno con respecto al otro.

Por lo que respecta al conector macho y/o hembra, cabe señalar que éstos comprenden polos o polos magnéticos a través de los cuales se forma la conexión eléctrica. Gracias al uso de una pluralidad de polos puede garantizarse que sea posible tanto una conexión eléctrica como una conexión de datos. Por supuesto, también es concebible que solo se produzca una conexión eléctrica en el sentido de un suministro de energía o solo una conexión de datos en el sentido de una comunicación de datos.

Según unos ejemplos de realización, el primer elemento conector y/o el segundo elemento conector presentan un mecanismo para la fijación mecánica del primer y del segundo elemento conector; el primer elemento conector puede presentar, por ejemplo, un mecanismo de palanca y/o un mecanismo de palanca con una excéntrica para fijar el primer elemento conector traslacionalmente con el segundo elemento conector.

Según unos ejemplos de realización, el gancho del primer y/o del segundo elemento conector o los ganchos del primer y/o del segundo elemento conector presentan una superficie de engrane, que está abierta esencialmente en la dirección perpendicular a la dirección longitudinal de la respectiva sección. Según unos ejemplos de realización, el movimiento de giro está definido por un tope final, que requiere un contacto de la primera y la segunda cara frontal.

Según otros ejemplos de realización, el sistema de medición presenta un elemento de fijación. Este puede conectarse con la máquina de construcción o un componente de la máquina de construcción y presenta para ello de un primer y/o un segundo elemento conector. Esto puede realizarse, por ejemplo, de tal forma que la primera sección puede conectarse con la máquina de construcción o con el componente de la máquina de construcción.

Según unos ejemplos de realización, la primera y/o la segunda sección pueden presentar en un lado longitudinal cabezales de sensores orientados en la dirección perpendicular al eje longitudinal de la primera y la segunda sección. En otras palabras, los cabezales de sensores están orientados hacia el suelo (en el estado montado), es decir, los cabezales de sensores están orientados hacia la capa ya aplicada o hacia el suelo para la capa a aplicar. Como ya se ha explicado anteriormente, los cabezales de sensores están fijados o integrados, estando fijados/integrados para cada sección una pluralidad, es decir, al menos tres cabezales de sensores. Cuanto mayor sea el número o la densidad de sensores, mejor se compensarán los desniveles de una determinada longitud de onda, por ejemplo 5 m.

Según otros ejemplos de realización, el sistema de medición puede presentar al menos un primer otro cabezal de sensor para cada primera y/o segunda sección o para cada soporte, estando orientado el mismo en paralelo al eje longitudinal y/o estando dispuesto en la primera y/o segunda cara frontal; y/o estando configurado el primer otro cabezal de sensor para realizar una medición de referencia. En este caso, según unos ejemplos de realización, el sistema de medición puede presentar un segundo cabezal de sensor para cada primera y/o segunda sección, que está dispuesto a lo largo del eje longitudinal de la respectiva primera y/o segunda sección o del soporte y está situado en la cara frontal opuesta al primer otro cabezal de sensor. Según otros ejemplos de realización, para determinar la referencia, el sistema de medición puede presentar un reflector (por ejemplo, paralelo al eje longitudinal) o un reflector inclinado (por ejemplo, inclinado 135° con respecto al eje longitudinal) en la primera y/o segunda cara frontal. El reflector también puede estar integrado/configurado en el alojamiento de uno y/o varios cabezales de sensores. Según otros ejemplos de realización, también sería concebible que el sistema de medición presentara al menos un cabezal de sensor adicional para cada primera y/o segunda sección o para cada soporte, que esté orientado en paralelo al eje longitudinal y/o que está dispuesto en la primera y/o segunda cara frontal; el cabezal de sensor adicional está configurado para determinar una distancia a un objeto que realiza un movimiento relativo con respecto a la máquina de construcción o a un componente de la máquina de construcción.

Otro ejemplo de realización se refiere a una máquina de construcción, como por ejemplo una máquina de construcción de carreteras con un sistema de medición que se ha descrito anteriormente.

Los ejemplos de realización de la presente invención se explican con referencia a las siguientes figuras. Muestran:

la figura 1a una representación esquemática de una sección con cabezales de sensores para una disposición de medición según ejemplos;

- la figura 1b un diagrama esquemático para ilustrar la conexión en cascada de varios soportes en una disposición de medición según otros ejemplos;
- las figuras 1c - 1e una representación esquemática de la aplicación de la disposición de medición en una acabadora de carreteras según otros ejemplos;
- 5 la figura 1f una representación esquemática de una sección en detalle según ejemplos;
- la figura 1g una representación esquemática de un cabezal de sensor para la integración según ejemplos;
- las figuras 1h - 1j representaciones esquemáticas de las posibilidades de conexión entre secciones o conectores y una sección;
- las figuras 1w - 1z representaciones esquemáticas de una posibilidad de conexión preferida basada en un gancho según ejemplos de realización de la presente invención;
- 10 las figuras 1k - 1n una representación esquemática de distancias entre cabezales de sensores en una sección;
- las figuras 1o y 1p representaciones esquemáticas de las ondulaciones resultantes en capas aplicadas para ilustrar diferentes números de sensores;
- las figuras 1q a 1v representaciones esquemáticas de disposiciones para la medición de referencia;
- 15 la figura 2a una representación esquemática de un sistema de medición del espesor de capa utilizando una recta de regresión según un ejemplo;
- la figura 2b una representación esquemática del espacio tridimensional para explicar la determinación de una recta de regresión en caso de una pluralidad de puntos de distancia;
- las figuras 2c a 2e un diagrama esquemático para ilustrar un sistema de medición del espesor de capa basado en la determinación de rectas de regresión;
- 20 la figura 3a una representación esquemática de un circuito de regulación habituales para nivelar la regla;
- la figura 3b una representación esquemática del tramo de regulación en el sistema regla-brazo de tracción;
- la figura 3c una representación esquemática de una estructura de circuito de regulación nivelar la regla según un ejemplo;
- 25 la figura 3d una representación esquemática de una estructura de circuito de regulación para nivelar la regla según ejemplos ampliados;
- la figura 3e una representación esquemática de la ilustración de las magnitudes perturbadoras que actúan sobre el sistema regla-brazo de tracción para explicar ejemplos;
- la figura 3f una representación esquemática de una situación de montaje de calzada al lado de calzada;
- 30 la figura 3g una representación esquemática de una exploración de cable con dos sensores;
- la figura 3h una exploración de cable con sensor de regla y Big Sonic-Ski para la regulación del punto de tracción;
- la figura 3i una representación esquemática de la estructura de un sistema 3D con estación total y Big Sonic-Ski;
- 35 la figura 3j una representación esquemática de una nivelación con una estación total y dos prismas;
- la figura 3k una representación esquemática de una nivelación con láser; y
- la figura 4 una acabadora de carreteras conocida.

40 A continuación, se explican unos ejemplos de realización de la presente invención mediante los dibujos adjuntos. En este sentido, los elementos y estructuras que actúan de la misma manera están provistos de la misma referencia, de modo que la descripción de los mismos puede aplicarse uno a otro o es intercambiable.

Aspecto inicial

45 A continuación, se explica una disposición de sensores 100 con referencia a un primer aspecto. En su realización más sencilla, esta comprende un soporte 110, que comprende al menos una sección 111. En esta sección 111 están integrados (en general fijados) al menos dos sensores 121, 122. Estos sensores están dispuestos unos a distancia de otros. Además, el soporte 110 comprende un segundo elemento conector 132, que puede conectarse con un primer elemento conector (no representado). El elemento conector 132, así como el primer elemento conector no representado, están configurados para configurar, en primer lugar, una conexión mecánica y, en segundo lugar, una conexión eléctrica. Por conexión eléctrica se entiende, por ejemplo, una conexión por contacto, una conexión sin contacto, como por ejemplo una conexión por inducción. El soporte 110 y, por tanto, también la sección 111 pueden presentar, por ejemplo, una forma cuadrada (véase la sección de soporte 111 de la figura 1f). Como puede verse en particular en la figura 1f, los elementos sensores 121, 122 y siguientes integrados están integrados en el soporte y están orientados todos ellos en la misma dirección.

Si se parte de una situación de montaje del soporte 110 paralela al suelo y, además, se supone que la disposición de sensores 100 debe utilizarse para medir una distancia al suelo, todos los cabezales de sensores 121, 122 y siguientes están orientados hacia el suelo. En otras palabras, tienen un alcance de exploración que se extiende perpendicularmente al eje longitudinal del soporte 110 o de la sección 111.

Gracias a la integración de los sensores 121 y 122, entendiendo por integración que estos pueden estar completamente empotrados en el tubo de la sección 111 o también pueden estar simplemente conectados con este, se reduce considerablemente el esfuerzo de montaje, puesto que en la obra ya solo se monta la sección 111 y ya no

los cabezales de sensores individuales. En otras palabras, esto significa que los cabezales de sensores 121 y 122 pueden transportarse junto con la sección 111. La sección 111 del soporte puede conectarse a través de la interfaz 132 o bien con un dispositivo de alojamiento en la máquina de construcción o con otra sección, como se muestra, por ejemplo, en la figura 1b.

5

La figura 1b muestra un soporte 110' con una sección 111 y una sección 112. Cada sección comprende cabezales de sensores 121 y 122 empotrados. La conexión entre las dos secciones 111 y 112 se realiza mediante los elementos conectores 131 y 132, que son compatibles entre sí y están dispuestos respectivamente en la cara frontal. Para completar, cabe señalar que, según ejemplos opcionales, cada sección 111 y 112 también puede presentar otros elementos conectores 131 y 132 en la cara frontal respectivamente opuesta.

10

Con referencia a las figuras 1a y 1b, cabe señalar que el soporte 110 puede estar formado, por ejemplo, por una sección 111 o también por una pluralidad de secciones 111 y 112. A continuación se explican diferentes situaciones de montaje con referencia a las figuras 1c y 1d.

15

La figura 1c muestra la sección 111, que comprende en este caso el elemento conector 131. El elemento conector 131 está conectado con un conector 135, que presenta el elemento conector 132. El conector 135 está acoplado a la máquina. En este ejemplo con la regla 10. En este ejemplo, el conector 135 se extiende en forma de S por debajo del estribo 10t de la regla 10, longitudinalmente hacia atrás en el sentido de la marcha. Los cabezales de sensores 121 y 122 están representados a modo de ejemplo. Como puede verse, estos están orientados de tal manera que se realiza una exploración del suelo 16' o, en este caso, de la capa de material 16' aplicada.

20

Por ejemplo, la sección 111 puede tener una longitud de uno o dos metros o, en general, entre 50 y 300 cm. Para poder explorar en total una zona más larga, según otros ejemplos es posible una conexión en cascada del soporte 110 mediante la conexión de dos secciones 111 y 112. Esto se muestra en la figura 1d.

25

La figura 1d muestra una sección 111 que está conectada de manera alineada con una sección 112. Las dos secciones 111 y 112 forman juntas el soporte 110 de la disposición de sensores. La disposición de sensores 110 está conectada a la regla 10 mediante un conector 135', de modo que la disposición de sensores 110 se extiende aproximadamente en el sentido de marcha desde la regla hacia atrás. Gracias a la combinación de dos secciones 111 y 112, puede explorarse una zona más larga, lo que quedando optimizada la manipulación, en particular en el montaje y desmontaje. Esto se consigue gracias a que las secciones 111 y 112 pueden separarse unas de otras y, por tanto, pueden colocarse por separado. Cuando se construye una disposición de sensores 110 tan larga, solo es necesario conectar la sección 111 con el elemento 135 y la sección 112 con la sección 111. Como ya se ha explicado en relación con las figuras 1a y 1b, los elementos conectores 131 y 132 están adaptados de tal manera que, además de la conexión mecánica, también se establece una conexión eléctrica. Esto significa que no son necesarios cableados adicionales para establecer el contacto con la sección 112, lo que reduce significativamente el esfuerzo de montaje.

30

35

La figura 1d muestra a modo de ejemplo otra situación de montaje en el brazo de tracción 12. En el brazo de tracción 12 está dispuesto otro portador 135', que presenta tanto un primer elemento conector 131 como un segundo elemento conector 132. La disposición de sensores 110' comprende a su vez dos secciones 111 y 112, estando conectada tanto la sección 111 mediante su elemento conector 132 con el conector 135' como también la sección 112 con su elemento conector 131. En otras palabras, el elemento 135', que está conectado fijamente con la máquina o con el brazo de tracción 12 de la máquina, está situado entre las dos secciones 111 y 112 del soporte. Al igual que en la disposición de sensores 110 de la figura 1d, las dos secciones están orientadas de la misma manera, de modo que se realiza una exploración del suelo o la capa aplicada.

40

45

Por lo tanto, este ejemplo ha demostrado que no solo es posible una conexión en cascada mediante conexión en serie como en la disposición 110, sino también una conexión en cascada mediante una conexión conjunta con un conector 135' común. Mediante esta conexión en cascada, naturalmente también es posible que el sistema de medición presente una tercera sección, que está dispuesta, por ejemplo, en serie. Además, este ejemplo ha demostrado que son posibles diferentes posiciones de montaje, por ejemplo, en la regla propiamente dicha 10 o en el brazo de tracción 12. Es importante que el elemento 135' esté conectado respectivamente de manera fija con la regla 10 o con el brazo de tracción 12. Para este fin son adecuadas uniones atornilladas, soldadas u otras conexiones. Por ejemplo, este elemento 135' puede permanecer conectado directamente con la máquina, mientras que se desmonta por la noche los elementos sensores/secciones 111 y 112 que portan la tecnología. El elemento 135' de la disposición de sensores 110' está representado en la figura 1e. La figura 1e muestra el elemento 135', en el que la sección 111 está conectada en el primer lado y la sección 112 está conectada en el segundo lado. En este ejemplo, el elemento conector 135 está conformado a modo de manguito, cuya forma de sección transversal corresponde a la sección transversal de los perfiles 111 y 112 (en este caso rectangular, alternativamente otra sección transversal, por ejemplo redonda), estando formado el dimensionado, en particular el dimensionado interior del manguito del elemento 135' de tal manera que pueden insertarse los elementos 111 y 112. Mediante los tornillos 135s' representados en este caso puede realizarse una fijación de los elementos 111 y 112. La conexión eléctrica no está representada.

50

55

60

Según unos ejemplos, el elemento 135' se gira o se puede hacer girar con respecto al brazo de tracción 12 para orientar la disposición de sensores 110 o 110' en paralelo al suelo. En este punto cabe señalar que esto no es imprescindible, ya que el principio de utilizar una recta de regresión, que se explicará en relación con el aspecto 2, también en este caso es posible realizar correcciones mediante tecnología computacional.

5

Según unos ejemplos, las secciones 111 y 112 discurren tanto en la disposición de sensores 110 como en la disposición de sensores 110' de manera esencialmente alineada, de modo que todos los sensores 121 y 122 presentan un lóbulo de exploración esencialmente paralelo.

10

Con referencia a la figura 1f, se explica una sección 111 con su disposición de sensores. La sección 111 puede presentar una pluralidad de cabezales de sensores 121 y 122, como por ejemplo seis cabezales de sensores en este caso. Están designados con las referencias 121 a 126. Por ejemplo, la disposición puede ser equidistante, siendo recomendable también otra disposición, como se explicará más adelante con referencia a la figura 1m. El número también puede variar correspondientemente (véanse las explicaciones en relación con las figuras 1k y 1l).

15

Los cabezales de sensores 121 a 126 están empotrados en un lado del perfil en este caso rectangular, como se muestra en las figura 1f y figura 1g. La figura 1g muestra a modo de ejemplo un perfil de 60 x 80 mm, estando empotrado en el lado más estrecho 60 un cabezal de sensor 126. Este, por ejemplo, se puede encajar o también atornillar. Según unos ejemplos, la cabeza de sensor 126 termina aproximadamente a ras, es decir, +/- 3 mm o +/- 10

20

Según unos ejemplos, el cabezal de sensor es un sensor ultrasónico, pudiendo utilizarse, no obstante, también otras tecnologías de sensores, como por ejemplo láser o sensores capacitivos. También pueden utilizarse principios de medición diferentes en los distintos cabezales de sensores de cada sección 111 o de cada disposición de sensores 110.

25

La figura 1h muestra las dos secciones 111 y 112, que están conectadas entre sí por un conector 138. Las secciones 111 y 112 son perfiles simples que se insertan en el conector 138 y se conectan en cada lado mediante la excéntrica 138e. Los perfiles presentan los elementos conectores 131 y 132 en las caras frontales correspondientes, en las que se realiza la conexión con el conector 138, por lo que el conector 138 tiene las piezas antagónicas correspondientes para formar además de la conexión mecánica también la conexión eléctrica. En este ejemplo, el conector eléctrico puede estar realizado, por ejemplo, por un conector macho integrado en el conector 138, que se cierra en la dirección longitudinal de las secciones 111 y 112.

30

35

Otro ejemplo de conector insertable se muestra en la figura 1i. En este caso está representado un elemento conector 138' modificado con la excéntrica 138e, en el que está insertada la sección 111. El elemento conector 138' puede, por ejemplo, pertenecer a la otra sección del soporte o también puede estar conectado fijamente con la máquina.

40

Según otro ejemplo, también sería concebible que en lugar de la excéntrica 138e se utilizara una unión atornillada con un tornillo moleteado, como está representado en la figura 1e. Una característica común es que el perfil 111 o 112 se inserta y se fija mediante otro medio, como por ejemplo una excéntrica o un tornillo. También sería posible un tipo de cierre rápido, como es habitual en bicicletas, o un cierre de bayoneta. Cabe señalar en este punto que la sección 111 puede estar realizada, por ejemplo, con un tapón de cierre 111v en una cara frontal.

45

La figura 1j representa un concepto de conexión de acuerdo con la presente invención. En este ejemplo, la sección 112 presenta como elemento conector 131' una especie de gancho 131h', de modo que el gancho puede conectarse a una sección de engrane del elemento conector 132'. La sección de engrane del elemento 132' está provista de la referencia 132e'. Estos dos elementos establecen una conexión mecánica, realizándose un movimiento rotatorio de la sección 112 con respecto al otro elemento con el que ha de conectarse la sección 112. Con esta conexión rotatoria también puede estar realizada la conexión eléctrica, por ejemplo, por contacto en las caras frontales. La cara frontal limita el movimiento rotatorio.

50

El elemento 112 presenta a su vez un tapón en la cara frontal opuesta. El tapón lleva la referencia 112v.

55

Aspecto principal

Partiendo del concepto de conexión de la figura 1j, se explica ahora un ejemplo de realización de la presente invención con referencia a las figuras 1w, 1x, 1ya), 1yb) y 1z.

60

Las figuras 1w y 1x representan un soporte 110 con dos secciones 111 y 112. Las dos secciones pueden conectarse entre sí, concretamente mediante elementos conectores. Estos están provistos de las referencias 131 y 132. El primer elemento conector 131 presenta un gancho 131h que engrana en una sección de engrane 132 h, por ejemplo, una sobreelevación 132e. Este engrane está representado en la figura 1w. Cada una de estas zonas de engrane 131 y 132 presenta una superficie frontal en la cara frontal, que sirve como una especie de tope, de modo que después del

enganche, los elementos 111 y 112 están conectados entre sí, como está representado en la figura 1x. En este sentido, las caras frontales de los elementos conectores 131 y 132 quedan dispuestas una encima de la otra, de modo que esto forma un tope para el movimiento de unión V alrededor del eje de rotación 132r. Si se engancha, por ejemplo, el gancho 131h de la barra de sensores 112 en primer lugar en el portador 132e, la barra de sensores 112 puede fijarse / unirse en este caso mediante un movimiento o un movimiento de giro V hacia abajo.

Puesto que el elemento 131h está enganchado en la sección de engrane 132e, puede transmitirse una fuerza transversal, al menos a lo largo de un grado de libertad. El elemento 112 y su peso 112g son apoyados por la sección de engrane 132e. Del mismo modo, un par resultante del peso 112g es apoyado por la sección de engrane 132e en combinación con el tope de la cara frontal. Por consiguiente, las secciones 111 y 112 se extienden de manera alineada/longitudinalmente y forman juntas el soporte 110. Para poder suministrar energía eléctrica a los cabezales de sensores 121 y 122 de las respectivas secciones 111 y 112 o para poder transmitir datos de los mismos, cada elemento conector 131 y 132 presenta elementos conectores eléctricos que se ajustan unos a otros. Estos están configurados en este caso a modo de una pareja de conector macho-hembra. El conector macho está provisto de la referencia 132s, el conector hembra de la referencia 132b. El tapón 132s puede estar dispuesto tanto en el lado del gancho 131h como en el lado de la sección de engrane 132e. De manera análoga a esto, el conector hembra está previsto o bien en el lado de la sección de engrane 132e o bien en el lado del gancho 131h. Tanto el conector macho como el conector hembra están previstos, por ejemplo, en la respectiva cara frontal de los elementos conectores 131 y 132 y están orientados de tal manera que se abren en la dirección longitudinal o esencialmente en la dirección longitudinal. Esto significa por lo tanto que el conector macho 132s sobresale de la cara frontal en la dirección longitudinal, mientras que el conector hembra 132b sobresale de la cara frontal en la dirección longitudinal asomándose al interior del elemento 111. Geométricamente, estos están dispuestos de tal manera que durante el movimiento de unión V alrededor del eje de rotación 132r, las dos direcciones de extensión del conector macho y/o hembra 132s y 132b están orientados uno con respecto a otro o están alineadas, de manera que es posible una buena unión entre dos elementos 132s y 132b.

Puesto que la dirección de movimiento del conector macho 132s discurre alrededor del eje de rotación 132r a lo largo de una trayectoria circular al enganchar el elemento 112 (o, en general, al unirse los elementos 111 y 112, los elementos 132s y 132b se unen a lo largo de una trayectoria circular), es importante que se evite un laqueo del conector macho 132s con respecto al conector hembra 132b cuando se establece la conexión eléctrica. El motivo es que, debido al movimiento de giro, no es posible realizar una conexión eléctrica con los sistemas conocidos de conector macho/hembra estándar, ya que, por lo general, estos solo funcionan bien si el conector macho y el conector hembra están orientados exactamente en línea recta uno hacia el otro cuando se unen (es decir, el conector macho y el conector hembra deben estar alineados entre sí). En el caso de los componentes estándar, los tamaños del conector macho y hembra presentan por regla general una forma cilíndrica y solo encajan entre sí cuando son guiados o se unen de manera exactamente alineada. Cuando se unen de manera (ligeramente) girada uno con respecto al otro, se dificulta un acoplamiento mecánico entre el conector macho y hembra. Por lo tanto, no siempre sería posible una conexión eléctrica segura en el caso de usar componentes estándar. Por tanto, es necesario mejorar el planteamiento.

El planteamiento mejorado se consigue mediante uno o varios de los siguientes conceptos:

- añadir flexibilidad al conector macho 132s y/o hembra 132b;
- utilizar una geometría cónica para el conector macho 132s y/o hembra 132b.

Como está representado en las figuras 1ya) y 1yb), el conector hembra 132B*, por ejemplo utilizable como conector hembra 132b (véase la figura 1w), puede estar dispuesto en este caso de forma flexible para poder rotar alrededor del eje de rotación P. No obstante, la pieza antagónica 132s* de la figura 1z (por ejemplo, utilizable como conector macho 132s (véase la figura 1w) no tiene que estar realizada necesariamente de manera flexible. Por el hecho de que una parte de la conexión enchufable, en este caso el conector hembra 132B*, está alojada de forma flexible o suspendida libremente, la misma puede inclinarse durante la unión (véase la figura 1yb)), de modo que se establece una conexión eléctrica, también en caso de una trayectoria de movimiento traslacional del conector hembra 132B* y de la carcasa del conector 132S*. Por ejemplo, el elemento 132b_2 puede girar aproximadamente entre 5 y 10° gracias al alojamiento flexible, como está representado con los diferentes ejes longitudinales A y A'. Si se parte, por ejemplo, de la trayectoria de movimiento V alrededor del eje de rotación 132r (véase la figura 1w) de la pieza antagónica 132s*, la carcasa del conector 132S* puede estar dispuesto de forma alineada enfrente del conector hembra 132B* al principio del proceso de unión, cambiando el conector hembra 132B* durante el proceso de unión a lo largo de la trayectoria de movimiento V su inclinación, de modo que el conector macho 132B* se encuentra por ejemplo al final del proceso de unión en la situación de partida de la figura 1ya).

Según unos ejemplos de realización, la inclinación de un elemento 132b_2 del conector hembra 132B* tiene lugar alrededor del punto P, concretamente con respecto a un elemento 132b_1 fijamente montado.

Como ya se ha explicado anteriormente, según otros ejemplos de realización, el conector hembra 132B* o, en

particular, el elemento 132b_2 o 132b_2m puede presentar una forma cónica. En detalle, la envoltura 132b_2m se estrecha hacia el extremo delantero, es decir, hacia la cara frontal 132b_2s. Por lo tanto, el conector hembra 132B* presenta una forma cónica.

- 5 Según algunos ejemplos de realización, también la carcasa del conector 132s_1 de la figura 1z puede presentar en el interior una forma cónica 132s_1m para el alojamiento del conector hembra 132b*. Gracias a la combinación de la forma cónica y el alojamiento flexible del conector hembra 132B* es posible que el conector macho 132s y el conector hembra 132b* se unan mecánicamente durante el movimiento de giro de la barra de sensores 111, de modo que en el estado enchufado se crea una conexión eléctrica segura. En este caso se habla de una conexión enchufable autocentrante. El conector macho 132S* y el conector hembra 132B* contienen contactos 132s_1k para la transmisión de corriente y/o de datos. Los símbolos de referencia 132b_ak (véase la figura 1ya)) y 132s_ak (véase la figura 1z) designan respectivamente una toma; la referencia 132s_1b designa una fijación de la carcasa.

- 15 Un ejemplo de un conector macho flexible y también cónico es el conector macho de la empresa Rosenberger (<https://www.rosenberger.com/de/produkt/ropd/>).

- Según unos ejemplos de realización puede estar previsto un imán en el interior del conector macho (no representado). Este mantiene la conexión enchufable cerrada en el estado enchufado, sin utilizar un enclavamiento mecánico, por ejemplo, mediante un cierre de bayoneta. Esto garantiza una conexión mecánica y, por lo tanto, también eléctrica segura, por ejemplo en caso de vibraciones u otras acciones de fuerzas externas (como impactos, golpes, etc.). Si la barra de sensores 112 vuelve a soltarse/desengancharse de la barra de sensores 111, la conexión enchufable se suelta automáticamente.

- 25 Según unos ejemplos de realización, también es posible asegurar la barra de sensores 112 enganchada mediante un bloqueo mecánico en la barra de sensores 111 (por ejemplo, mediante un estribo). Según otros ejemplos de realización, la codificación mecánica del conector macho 132s* y del conector hembra 132b* no es imprescindible, ya que la barra de sensores 112 solo puede fijarse en una dirección.

- 30 En este punto, cabe señalar que también serían concebibles otras posibilidades de conexión. Por ejemplo, el respectivo elemento conector también puede ser ortogonal a las guías que se extienden en la dirección longitudinal, de modo que se forma una especie de unión de cola de milano.

- 35 Lo que todas estas conexiones tienen en común es que una sección de un elemento de fijación o varias secciones pueden conectarse entre sí, formándose además de la conexión mecánica también una conexión eléctrica. También cabe mencionar que la orientación angular de la sección longitudinal está fijada por el conector.

- 40 A continuación se explica una variante alternativa, que no forma parte de la presente invención. Según un ejemplo de realización alternativo, la conexión eléctrica también puede realizarse de forma inalámbrica. Una transmisión inalámbrica de datos y/o energía puede considerarse una alternativa al sistema de conector macho/conector hembra. En este caso está previsto, por ejemplo, en lugar del conector macho y en lugar del conector hembra respectivamente un transmisor de energía, por ejemplo, un bucle de inducción, en el lado de la zona de engrane 131 y en el lado de la zona de engrane 132.

- 45 Es decir, que por lo tanto según unos ejemplos de realización los elementos conectores 131 y 132 pueden presentar elementos de transmisión de energía sin contacto, a través de los cuales tiene lugar tanto el suministro de energía a los cabezales de sensores como también una transmisión de datos entre los cabezales de sensores y una unidad aritmética lógica.

- 50 Según unos ejemplos de realización, el elemento de transmisión de energía puede comprender un bucle de inducción o una bobina de inducción o estar configurado para transmitir energía eléctrica por inducción. Según unos ejemplos de realización, el elemento de transmisión de energía además puede estar configurado para intercambiar junto con la energía eléctrica datos con el aparato receptor de energía del sensor.

- 55 Unos ejemplos de realización crean un dispositivo de recogida que comprende una pluralidad de recogedores mecánicos con respectivamente una pluralidad de elementos de transmisión de energía para una pluralidad de soportes 110/secciones 111 y 112. En este sentido puede estar previsto un cableado a través del cual el elemento de transmisión de energía recibe energía eléctrica de la máquina de construcción. Según algunos ejemplos de realización, el elemento receptor de energía está configurado para recibir al menos 5 W o 10 W de energía eléctrica y proporcionar al menos 5 W o 10 W de energía eléctrica a un elemento sensor o a un circuito eléctrico. Para ello, el elemento receptor de energía tiene por ejemplo un bucle de inducción o una bobina de inducción o está configurado para recibir energía eléctrica de forma inductiva. El elemento receptor de energía puede estar configurado además para intercambiar datos. Otros ejemplos de realización se refieren a un dispositivo de recogida para una máquina de construcción. El dispositivo de recogida comprende un recogedor mecánico para recoger una pantalla y un elemento de transmisión de energía que está configurado para transmitir energía eléctrica de forma inalámbrica o sin contacto a un elemento receptor de

energía de la pantalla con el fin de suministrar energía a la pantalla.

Como ya se ha explicado anteriormente, cada sección puede comprender una pluralidad de elementos sensores 121 y siguientes. En la figura 1k se parte de que la sección 100 tiene una longitud de 2 m (200 cm) y de que los cabezales de sensores 121-126 (en este caso seis cabezales de sensores) están distribuidos uniformemente. Gracias a ello resulta una distancia de 33 cm entre los cabezales de sensores, estando previstos 33/2 cm desde la cara frontal hasta el primer cabezal de sensor 121 o hasta el último cabezal de sensor 126. La figura 1l muestra una sección 100 con una longitud de 2 m (200 cm), estando dispuestos en este caso cinco cabezales de sensores 121-125. La distancia es de nuevo equidistante, de modo que se ajusta una distancia de 40 cm entre los cabezales de sensores y una distancia de 20 cm desde la cara frontal hasta el primer o último cabezal de sensor 121/125.

Como está representada en las figuras 1o y 1p, el número de cabezales de sensores influye considerablemente en la regulación posible. La figura 1o muestra una comparación entre un Big Sonic-Ski clásico (abreviado: Big Ski) con una extensión de 12 metros utilizando tres, cuatro y cinco sensores. Como puede verse, el Big Sonic-Ski con tres sensores tiene problemas en la zona de 6 m, el Big Sonic-Ski con cuatro sensores tiene problemas en la zona de 4 m y el Big Sonic-Ski con cinco sensores tiene problemas en la zona de 3 m. El Big Sonic-Ski con tres sensores también tiene los mismos problemas. Al aumentar la densidad de sensores, estos problemas de alta frecuencia (en comparación con las vibraciones) pueden reducirse en la zona de 20 m y siguientes. La mejora que resulta por el uso de la disposición de sensores descrita en la figura 1 se muestra en la figura 1p. En este caso se parte de un soporte con una longitud de 8 m, que presenta tres a seis sensores. A medida que aumenta el número de sensores, las lagunas de regulación pasan a una mayor frecuencia, aunque esto es menos crítico si se tiene en cuenta que es menor la probabilidad de producirse perturbaciones de alta frecuencia.

En resumen, cabe señalar que un aumento de la densidad de sensores en la dirección longitudinal ofrece una ventaja cualitativa. En general, se parte de que los ejemplos preferidos presentan una disposición de sensores con una longitud de al menos 4 metros, es decir, que comprende dos secciones. Se pueden conseguir calidades aún mejores con disposiciones de sensores con una longitud de 6 m u 8 m.

Con el fin de mejorar también las lagunas de alta frecuencia o, en general, las lagunas causadas por oscilaciones armónicas, según otros ejemplos también puede utilizarse un patrón de sensores no equidistante para cada sección. Los ejemplos de este tipo están representados para una distancia con cinco cabezales de sensores 121-125 en la figura 1m. En este caso aumenta la distancia de 20 cm entre la cara frontal y el primer sensor 121. Las distancias son, por ejemplo, 32, 40, 46 y 58, así como 4 cm.

La figura 1n muestra otra representación, utilizándose en este caso nuevamente sensores equidistantes con una distancia de 44 cm, aunque la distancia entre la cara frontal y el primer sensor 121 se elige de tal manera que también se mantiene una equidistancia a lo largo de dos secciones. En este caso, la sección entre la cara frontal y el primer sensor se elige de tal modo que se presenta la mitad de la distancia entre el otro sensor o, en particular, el sensor 121 y 122.

A continuación se explican posibles ejemplos de implementación de sensores de referencia haciéndose referencia a las figuras 1q-v. En el caso de los sensores ultrasónicos se da el caso que los mismos están expuestos frecuentemente a una deriva, por ejemplo, como consecuencia de las temperaturas ambiente, debiendo realizarse para ello una medición de referencia. Una medición de referencia se lleva a cabo, por ejemplo, midiéndose una distancia conocida con un sensor ultrasónico y utilizándose esta señal de referencia como valor de calibración basado en la señal de medición, normalmente un intervalo de tiempo entre la emisión y recepción de la señal de respuesta. La figura 1q muestra una sección 111 con cabezales de sensores 121 y siguientes. Uno o cada uno de los cabezales de sensores tiene un estribo 171 dispuesto a una distancia definida delante del sensor 121. Este estribo 171 se encuentra al menos parcialmente en el campo de medición total y según los ejemplos puede ser plegable o estar configurado de forma rígida. El estribo 171 refleja la señal de medición, como está representado en este caso mediante la línea discontinua.

Otra variante se muestra en la figura 1r. En este caso también está previsto un estribo en un sensor, en este caso el sensor 125. El estribo presenta un reflector 172. Según algunos ejemplos, el estribo está integrado en el portador 131', en este caso un portaganchos (véase la figura 1j). El reflector 172 está situado a una distancia definida del sensor 126 y, por lo tanto, puede utilizarse para la medición de referencia.

La figura 1s muestra otra variante, estando previsto otro reflector 173 en un estribo dispuesto lateralmente, que se extiende aproximadamente en la dirección perpendicular a la extensión longitudinal de la sección 111. Este reflector 173 está dispuesto a su vez a una distancia de los sensores 126, pero sirve no solo de referencia para el sensor 126 más próximo, sino también para los sensores 125, ... 121 dispuestos al lado. Según unos ejemplos, el reflector 173 puede estar dispuesto en un ángulo, por ejemplo de 45° con respecto a la dirección de medición de los cabezales de sensores 121 a 126 individuales. Según otros ejemplos, la superficie del reflector 173 puede estar curvada para servir de reflector para todos los canales 121 a 126. Como se muestra en este caso, el estribo que conecta el reflector 173 con la sección 111 puede estar fijado directamente en la sección 111 o también puede estar integrado en el elemento

conector, como se muestra por ejemplo en relación con la figura 1r.

La figura 1t es esencialmente comparable al ejemplo de la figura 1s, presentando en este caso el reflector 174 un espejo activo, que se orienta correspondientemente en función del canal (cabezal de sensor) que debe calibrarse.

Con referencia a los ejemplos de las figuras 1s y 1t cabe señalar que, por ejemplo, los cabezales de sensores 121 a 126 pueden calibrarse uno tras otro para que no interfieran unos con otros.

Según otros ejemplos, también sería concebible que el reflector activo 174 esté configurado como una unidad emisora activa, que dirige en este caso una señal ultrasónica a los receptores 121 a 126.

En el ejemplo de la figura 1u, se parte de que se utiliza un sensor ultrasónico 176 para la medición de referencia, mediante un estribo 175 que está dispuesto debajo de los cabezales de sensores 121 a 126. Por debajo se entiende en este sentido entre el soporte/sección 111 y la superficie de la carretera. El sensor ultrasónico 176 está dispuesto en paralelo al soporte/sección 111 y puede, por ejemplo, estar dispuesto mediante un reflector 177 adicional en la otra cara frontal o también entre las caras frontales, por ejemplo en el centro (véase el elemento representado con línea discontinua 177').

Según otra variante representada en la figura 1v, el emisor activo 176 dispuesto en el estribo 175 puede cooperar con un receptor activo 178, que está dispuesto en un estribo 175 en la otra cara frontal.

Todos los ejemplos tienen en común que la medición de referencia tiene lugar en la zona de los sensores ultrasónicos 121 a 126. Esto tiene la ventaja de que en este caso prevalecen las mismas condiciones ambientales, por ejemplo, temperatura ambiente y radiación infrarroja.

Todas las posibilidades de la medición de referencia mediante reflectores dispuestos en las caras frontales, mediante emisores o receptores activos dispuestos en las caras frontales, o mediante emisores o receptores dispuestos en las caras frontales, que forman por ejemplo una señal paralela, pueden estar implementadas de tal forma que los elementos conectores, que por ejemplo están unidos por soldadura al perfil o que están dispuestos de forma general en el perfil, tienen integrados estos reflectores o emisores. En este contexto se hace referencia a la figura 1h, que presenta un reflector comparable al reflector 172 de la figura 1r integrado en el conector del perfil. En este sentido, el elemento para realizar la medición de referencia en este caso no forma parte de la sección 111 o 112, sino del conector 138. En la figura 1i se muestra otra variante que sigue, por ejemplo, el principio de medición representado en la figura 1v con un emisor activo 176 y un receptor activo 178. En este caso, un emisor activo 176 está integrado en el elemento 138', mientras que el receptor 178 está integrado en el tapón de cierre 111v. En este ejemplo, por supuesto, también sería concebible utilizar un reflector 177 en lugar del receptor 178. Una variante similar se muestra en la figura 1j. En este caso, el emisor 176 está integrado en el elemento 131', mientras que el receptor o reflector 177 y 178 están integrados en el tapón de cierre 112v. Por supuesto, también sería concebible intercambiar 176 con 177/178 en los ejemplos de las figuras 1i y 1j.

En todos los ejemplos es ventajoso que las mediciones de los cabezales de sensores tengan lugar esencialmente de forma simultánea (medición sincrónica dentro de una ventana de tiempo, por ejemplo, dentro de una ventana de tiempo de 3s, 1s, 0,5s, 0,1s o menos). Es decir, es ventajoso que todos los cabezales de sensores dispuestos en el sistema de medición realicen mediciones esencialmente al mismo tiempo. El motivo es que en caso de una medición simultánea se crea en principio una instantánea, por ejemplo, del perfil del suelo o de referencia (la capa ya aplicada o el suelo para la capa a aplicar) y de la(s) medición(es) de referencia en las mismas condiciones (por ejemplo, condiciones ambientales como la temperatura ambiente). Por lo tanto, todos los cabezales de sensores de todas las secciones y todos los soportes del sistema de medición registran un perfil de referencia correcto o un perfil correcto del suelo. Una medición esencialmente simultánea también es ventajosa con respecto a una alta velocidad de medición (velocidad de exploración), como hoy día es necesario para la nivelación en la construcción de carreteras (por ejemplo, nivelación de altura de la regla).

Con referencia a la figura 1g, se explica otra característica. En la figura 1g, también se muestra una cara frontal de un LED 181. Puede indicar, por ejemplo, mediante códigos de colores o parpadeos, si las conexiones eléctricas entre las secciones o de la sección a la máquina son correctas. Además, también puede indicarse información, como por ejemplo es necesario hacer reajustes. Además, también sería concebible que el LED, si está dispuesto, por ejemplo, en la cara frontal final en la figura 1d de la disposición de medición 110, indique a un vehículo que viene detrás, como una apisonadora, una señal con respecto a la distancia. Para ello, según algunos ejemplos, en la cara frontal puede haber otro sensor de distancia orientado en la otra dirección de forma similar al sensor de distancia para la medición de referencia 176, que mide en este caso la distancia a un vehículo que le sigue.

Según otros ejemplos, en lugar del LED también puede estar prevista una pantalla compleja, como por ejemplo una pantalla LCD, para indicar por ejemplo un texto y/o símbolos.

Aspecto de comparación 2

A continuación se explica un sistema de medición 200 que utiliza una recta de regresión para determinar la posición.

- 5 Como en el ejemplo de la figura 2a, el sistema de medición 200 comprende un soporte 210, que está dispuesto, por ejemplo, en un componente, como por ejemplo la regla 10 de la máquina de construcción. Como está representado en este caso, el componente 10 está inclinado por ejemplo lo que corresponde al ángulo α . A modo de ejemplo, el soporte se extiende desde el componente 10 hacia atrás o también hacia adelante (no representado). El soporte 10 está conectado además fijamente con el componente y, por lo tanto, cambia su orientación angular en el espacio según el ángulo α .

- 10 En el soporte 210 están previstos tres cabezales de sensores 221, 222 y 223. Aunque en un principio no sea importante para el cálculo, cabe señalar en este punto que el cabezal del sensor 221 está dispuesto más cerca del borde de la regla 10k, que representa un punto de giro 10 de la regla, que el sensor 223. El cabezal del sensor 222 está situado en el centro o entre ellos. Por ejemplo, la distancia al punto de base perpendicular del borde de la regla 10k puede designarse con A, mientras que la distancia al punto de base perpendicular del borde de la regla 10k al sensor 223 se designa con B. En general, cabe señalar que la regla 10 puede tener como alternativa al punto de giro alrededor del borde posterior de la regla 10k también otro punto de giro diferente, por ejemplo, delante del borde posterior de la regla 10k (en particular si este se apoya en asfalto caliente). En este caso, se tienen correspondientemente en cuenta, por ejemplo, las distancias al punto de giro.

Los sensores 221, 222 y 223 están dispuestos esencialmente en paralelo y miden una distancia desde el soporte 110 hasta el suelo, en este caso la capa aplicada 16'.

- 25 Partiendo del ángulo α , la distancia H1 es mayor que la distancia H3. Los valores de los sensores pueden registrarse, por ejemplo, en un espacio bidimensional, en este caso altura con respecto a la distancia. Partiendo de los valores de los sensores se observa que la recta de regresión RG también discurre según el ángulo α . Si está situada en un espacio bidimensional, la recta de regresión RG puede determinarse de forma que pueda calcularse el ángulo α mediante tecnología computacional. Cuando se determina el ángulo α , se conoce por lo tanto también la posición del componente 10 en relación con el suelo.

Cabe señalar en este punto que la posición α no tiene que ser necesariamente una posición absoluta, sino que puede ser, en particular, una posición relativa en relación con el suelo.

- 35 Con referencia a las distancias A y B cabe señalar que en el caso de haber dos valores de sensores, estas no tienen importancia, siendo mucho más importante que se conozca la posición entre los sensores 221, 222 y 223. Por supuesto, lo mismo se aplica cuando hay más de dos sensores para determinar los valores de altura en el espacio bidimensional.

- 40 Si cambia por ejemplo la altura de la regla, también cambian los valores H1 y H3, manteniéndose el ángulo α constante partiendo de un desplazamiento paralelo. Si se producen por lo tanto, por ejemplo, ligeras variaciones en los valores debido a vibraciones, estos valores pueden anotarse en el espacio común y se puede determinar una recta de regresión RG. Esto representa, por tanto, una promediación. La utilización de más de tres sensores también da lugar a una promediación si todos los sensores están dispuestos exactamente en el soporte 210.

- 45 Con referencia a la figura 2b, se explica la determinación de la recta de regresión RG para una nube de puntos. En este ejemplo se parte de que están previstos más de dos sensores. Por ejemplo, puede utilizarse el conjunto de sensores del aspecto 1. Las desviaciones, como están representadas en este caso con ayuda de los puntos de altura H1 a Hn, pueden deberse, por ejemplo, a desniveles en el suelo. No obstante, los valores de altura aumentan esencialmente entre a y n, de modo que en este caso esto puede trazarse en la recta de regresión RG. La recta de regresión RG se traza, por ejemplo, de tal manera que la distancia entre la recta de regresión RG, representada en este caso mediante pequeñas flechas, y los puntos de medición se minimiza en suma.

- 55 También en este caso, la recta de regresión está dispuesta en un ángulo con respecto al eje de distancia, por ejemplo, en el ángulo α . Esta posición puede determinarse y permite llegar a una conclusión acerca del ángulo del componente.

- 60 Si se fija, por ejemplo, el soporte de la figura 2a con los sensores 221, 222 y 223 en la regla y se dispone en dirección longitudinal, puede determinarse el ángulo de balanceo de la regla alrededor de su eje longitudinal. Si además de la componente longitudinal existe también una componente transversal, se determina una combinación del ángulo de balanceo y del ángulo de inclinación transversal. Estos dos ángulos pueden separarse si se conoce la relación de la componente transversal a la componente longitudinal. La componente transversal puede determinarse, por ejemplo, con el soporte de la figura 2a con los sensores 221, 222 y 223, si este está dispuesto en la dirección longitudinal de la regla (es decir, en la dirección transversal al sentido de marcha de la máquina).

Según algunos ejemplos, el soporte discurre sin desplazamiento angular con respecto al componente. También puede tenerse en cuenta un desplazamiento. Para determinar el desplazamiento, se puede realizar una calibración al inicio, por ejemplo, o un ajuste con un sensor de ángulo opcional, como por ejemplo un sensor de inclinación.

5 Según unos ejemplos, en lugar de fijarse el soporte en la regla, la regla también podría fijarse por ejemplo en el brazo de tracción. Un ejemplo de una fijación de este tipo se describe en el aspecto 1, puesto que en este caso se fija un soporte que comprende una pluralidad de secciones. Este soporte presenta una pluralidad de sensores integrados, lo que corresponde en este caso a una recta de regresión que realiza una promediación según la realización de la figura 2b.

10 A continuación se explica una determinación del espesor de capa mediante la recta de regresión haciéndose referencia a la figura 2c.

15 La figura 2c muestra el uso de los sensores 221 y 223 mediante el soporte 210 y el uso de otro soporte 215, que aloja los sensores 225 y 227. Como en la figura 2a, el conjunto de sensores 210 está dispuesto detrás de la regla, mientras que el conjunto de sensores 215 está dispuesto delante de la regla. Por supuesto, también sería concebible una disposición inversa. Se parte de que los dos se extienden en la dirección longitudinal.

20 Los valores resultantes de los sensores H1, H3, H4 y H6 se registran en un espacio bidimensional en la figura 2d. De esta manera se obtienen las dos rectas de regresión RG1 y RG2. Si se inclinan ahora las dos rectas de regresión RG1 y RG2 alrededor del punto de giro de la regla, es decir, el borde posterior de la regla 10k, las rectas de regresión se representan en las RG1' y RG2' correspondientes, como está representado en la figura 2e. La distancia al eje en la figura 2e discurre en paralelo al suelo o a la referencia con respecto a la cual se realiza la medición. Las rectas de regresión RG1' y RG2' inclinadas ya no están alineadas entre sí como en la figura 2d, sino que tienen un desplazamiento V. Este desplazamiento V resulta por el hecho de que el conjunto 210 asociado a la recta de regresión RG1 mide con respecto a la capa 16' que se va a aplicar, mientras que el conjunto de sensores 215 mide con respecto al suelo 17. En este sentido, este desplazamiento depende del espesor de la capa 16' que se va a aplicar. A la inversa, esto significa que mediante este planteamiento puede determinarse, es decir, calcularse, el espesor de la capa.

30 Según unos ejemplos, las distancias A, B, C y D del respectivo sensor 221, 223, 225 y 227 al punto de base perpendicular en el borde de la regla 10k se utilizan en la rotación para realizar la rotación.

35 En los ejemplos anteriores hay que tener en cuenta que, en el caso de una medición con ultrasonidos, se mide la perpendicular con respecto al suelo y no la vertical que se refiere al soporte con respecto al suelo. En otras palabras, la variante mostrada representa, por ejemplo, una medición con un láser o similar.

40 Para todos los sistemas de medición explicados anteriormente, se ha partido de una altura de montaje comparable (idéntica), aunque cabe señalar que esta también puede variar corrigiéndose posteriormente mediante tecnología computacional.

Aspecto comparativo 3

45 La figura 3a muestra un circuito de regulación 300 convencional (circuito de regulación de planicidad) que se utiliza para nivelar la regla 10 que se tira mediante el brazo de tracción 12. El brazo de tracción 12 está conectado fijamente con la regla 10, o al menos está conectado fijamente durante el funcionamiento. La regla es remolcada por un tractor (no representado), para lo cual el brazo de tracción 12 está conectado con el tractor a través del punto de tracción. Normalmente, el punto de tracción es ajustable en altura, como se ilustra en este caso con ayuda de la flecha 14. Este ajuste de altura se regula con el circuito de regulación de planicidad 300.

50 Para completar, cabe señalar que la regla alisa el asfalto o el material para la capa 16' que se va a aplicar, que es proporcionado por el tornillo sin fin 18 situado delante de la regla (véase el material 16).

55 El circuito de regulación de planicidad 300 comprende un regulador de planicidad 310, que controla el cilindro del punto de tracción (véase la referencia 14) partiendo de una comparación teórico/real 320. El resultado es un cambio en la altura, que es detectado por el sensor de altura 330. La señal del sensor de altura procedente del sensor de altura 330 se alimenta a continuación a su vez a la comparación teórico/real 320. Opcionalmente, también puede estar previsto un filtro 335. Este filtro está concebido como filtro de paso bajo, filtro de paso bajo con frecuencia de corte baja/elevada, filtro de paso de banda o filtro de paso alto, dependiendo de cómo debe corregirse el comportamiento de transmisión. En este contexto también son concebibles otros filtros de frecuencia, como por ejemplo los filtros Chebyshev o similares.

60 Tanto el cilindro del punto de tracción como la regla propiamente dicha influyen en el comportamiento de transmisión. El comportamiento de transmisión del cilindro de punto de tracción puede describirse con ayuda de un circuito de regulación IT₁ (véase el bloque 342). El comportamiento de transmisión de la regla puede describirse del siguiente

modo: en la posición del sensor queda representada por un comportamiento P (véase 344). La regla propiamente dicha puede representarse mediante un elemento PT_2 (véase 346).

5 Cabe señalar en este punto que, si bien en la regulación de altura directa con el circuito de regulación 300 se tiene también en cuenta el comportamiento de transmisión 342 y 344, en cambio no se tiene en cuenta 346, ya que este es muy lento. En este sentido, el comportamiento 346 debe reajustarse a lo largo del tiempo. El comportamiento de transmisión 344 se tiene en cuenta, ya que un cambio de la posición de altura en el punto de tracción 14 ZP (véase la referencia 14) también conduce a un cambio de la posición de altura en el punto de exploración en la zona del tornillo sin fin 18.

10 Los sistemas de nivelación que se han utilizado hasta ahora para la acabadora de carreteras intentan compensar todas las magnitudes perturbadoras mediante un único circuito de regulación. Sin embargo, en este sentido existe el problema de que hay dos constantes de tiempo dominantes y significativamente diferentes en el tramo de regulación "regla - brazo de tracción", a las que hay que reaccionar de forma separada y diferente para compensar de forma
15 óptima las magnitudes perturbadoras que actúan. Mientras que la regla propiamente dicha tiene un comportamiento muy lento y, por tanto, una constante de tiempo comparativamente alta, del orden de varios segundos, el punto de tracción, que por regla general está controlado por un cilindro hidráulico, tiene una constante de tiempo muy pequeña, del orden de milisegundos.

20 Como ya se ha indicado anteriormente, el comportamiento de transmisión del sistema regla-brazo de tracción puede describirse como una especie de conexión en serie de elementos de transmisión:

- Cilindro de punto de tracción con comportamiento IT1
- Posición del sensor de altura representada por un comportamiento P
- 25 • La regla propiamente dicha, que se describe mediante un elemento PT_2

La figura 3b ilustra el comportamiento de transmisión así interpretado del tramo de regulación desde el borde posterior de la regla hasta el cilindro. La figura 3b muestra a su vez la regla 10, que se tira o se ajusta en altura mediante el
30 brazo de tracción 12 en el punto de tracción 14 ZP mediante el cilindro del punto de tracción 14.

La figura 3b también pretende ilustrar que el punto de exploración habitual en relación con la referencia no refleja el comportamiento de todo el tramo de regulación 342-346, ni siquiera desde un punto de vista de la tecnología de regulación. Esto también deja claro que con los sistemas de regulación actuales no tiene lugar una regulación directa de la altura del borde posterior de la regla 10k. Esto provoca una ligera inclinación por encima del punto de exploración
35 entre el borde posterior 10k y el punto de tracción 14 ZP debido a las magnitudes perturbadoras que actúan durante un período de tiempo determinado, ajustándose por lo tanto un cambio de altura en el borde posterior de la regla 10k.

Partiendo de esta estructura de circuito de regulación habitual y utilizada en la práctica para la nivelación de altura de la regla 10, a continuación se explica la ampliación mejorada y optimizada de la nivelación de la regla.

40 La idea fundamental para optimizar la nivelación de altura de la regla 10 es la supervisión selectiva de la regla de la acabadora y en este caso, en particular, del borde posterior de la regla mediante un circuito de regulación adicional o la implementación de un circuito de regulación superpuesto a la nivelación de altura existente. El circuito de regulación para la nivelación de altura normal funciona como circuito de regulación subordinado. Esta nueva estructura de circuito
45 de regulación puede aplicarse a todas las tareas de nivelación y se describirá en detalle a continuación.

Esta estructura de circuito de regulación está representada en la figura 3c. El circuito de regulación 350 representado en este caso comprende dos circuitos de regulación 360 y 370 individuales. El circuito de regulación 360 se denomina primer circuito de regulación o circuito de regulación superpuesto. El circuito de regulación 370 segundo circuito de regulación. El circuito de regulación 370 es comparable al circuito de regulación 300 como se ha explicado con
50 referencia a la figura 3a, estando posicionado el sensor 330 de otra manera (véase la referencia 331). El sensor 331 está previsto en la zona del punto de tracción 14 ZP y ya no en la zona del tornillo sin fin 18 (véase la disposición de la figura 3b). Por lo demás, el circuito de regulación 370 corresponde al circuito de regulación 300, es decir, comprende la comparación 320, el regulador de planicidad 310, así como el filtro opcional 335. Partiendo del posicionamiento del
55 sensor de altura, una diferencia significativa radica en el hecho de que ya no debe tenerse en cuenta el comportamiento de transmisión de la regla 344 en el circuito de regulación 370, sino ya solo el comportamiento de transmisión del cilindro del punto de tracción (véase la referencia 342). El comportamiento de la regla, descrito por PT_2 (véase la referencia 346) también se tiene en cuenta con el circuito de regulación 360.

60 El circuito de regulación 360 también comprende un sensor de altura 362 y un filtro 364 opcional. El sensor 362 está dispuesto en la zona de la regla 10 o, por ejemplo, en la zona del borde posterior de la regla 10. El comportamiento del punto 10k en respuesta a un cambio de altura en el punto de tracción 14 ZP (véase la referencia 14) es relativamente lento. Esto queda bastante claro al observar la disposición de la regla 10, del brazo de tracción 12 y del punto de tracción 14 ZP, ya que el cilindro de altura 14 desplaza el punto de tracción 14 ZP alrededor del punto de

giro 10k, de modo que el cambio de altura solo se produce gradualmente. Este comportamiento se simula mediante los Controles Predictivos por Modelo 365 (MPC, por las siglas en inglés de Model Predictive Control). La magnitud de entrada para el MPC 365 es el resultado de una comparación teórico/real (véase la referencia 367), utilizándose la misma señal del sensor 362 como señal real. El resultado del MPC es una señal teórica que sirve como magnitud de entrada para la comparación 320. Una vez explicada la estructura, se hablará del funcionamiento.

Basándose en este hecho, el circuito de regulación 370 que está representado en la figura 3a se amplía con un circuito de regulación superpuesto 360, que está representado en la figura 3d. Gracias a esta medida, la estructura del circuito de regulación 350 cambia de tal manera que las magnitudes perturbadoras que actúan sobre el punto de tracción 14 ZP y la regla 10 pueden compensarse por separado. El circuito de regulación superpuesto compensa a este respecto las magnitudes perturbadoras que actúan sobre la regla 10 y el circuito de regulación subordinado 360 compensa las magnitudes perturbadoras que cambian la altura del punto de tracción. El sistema de regulación 350 estructurado de este modo puede optimizarse por separado, lo que conduce a un mejor comportamiento general de la regulación.

Otra optimización de la estructura del circuito de regulación resulta pudiendo desplazarse el punto de exploración del sensor de altura para el circuito de regulación de planicidad 370 subordinado tendencialmente en dirección al punto de tracción 14 ZP.

Partiendo de este ejemplo complejo, se hablará a continuación de una variante simplificada con referencia a la figura 3d.

La figura 3d muestra un circuito de regulación 350 que está formado por dos circuitos de regulación 370 y 360. Cada circuito de regulación comprende al menos un sensor que, en el caso del circuito de regulación 360, es el sensor de altura 362, mientras que en el caso del circuito de regulación 370 es el sensor de punto de tracción 331.

Como su nombre indica y como se ha explicado anteriormente, los sensores están situados por un lado en la zona del punto de tracción (véase el sensor 331) y por otro lado en la regla (véase el sensor 361).

Cada circuito de regulación comprende además un procesador correspondiente, que partiendo del valor real de los sensores 331 y 362, así como de un valor teórico, emite la señal de regulación para el cilindro de punto de tracción. Los procesadores están designados con 379 y 369. Según unos ejemplos, los procesadores 369 y 379 también pueden combinarse para formar un procesador, que en este caso recibe las señales reales de los dos sensores 331 y 362 y las procesa en primer lugar por separado para emitir a continuación la señal de control común.

La consideración separada de las magnitudes perturbadoras que actúan para el tramo de regulación 346 regla-brazo de tracción también tiene una importancia decisiva para la estructura de los circuitos de regulación 350. En la figura 3e están representadas las diferentes magnitudes perturbadoras en el sistema regla-brazo de tracción.

Mientras que las magnitudes perturbadoras en el punto de tracción son compensadas por el circuito de regulación subordinado 370 (circuito de regulación de planicidad), las magnitudes perturbadoras de la regla 10 son compensadas por el circuito de regulación superpuesto 360. Debido a las diferentes funciones de transmisión (véase también la figura 3b) del tramo de regulación parcial punto de tracción (IT1) y del tramo de regulación parcial regla (PT2), los reguladores utilizados para este fin también se estructuran y optimizan de forma diferente.

Para el circuito de regulación subordinado 370, las desviaciones de la regulación control se corregirán de forma extremadamente rápida, mientras que el regulador para el circuito de regulación superpuesto 360 corrige las desviaciones de la regulación más bien de forma lenta y teniendo en cuenta el conocimiento de las magnitudes perturbadoras que actúan. Como ejemplo de magnitudes perturbadoras que influyen en el comportamiento de flotación de la regla 10, se indica en este caso el efecto de los cambios de temperatura del material. Si ya se conoce un cambio de temperatura del material antes de que se produzca un efecto dependiente de la temperatura de la altura de la regla, el regulador puede evitar o reducir una desviación de la altura de la regla basándose en un modelo. A este respecto, debe conocerse el modelo de la regla 10, que describe la dependencia de un cambio de altura debido a cambios de la temperatura del material. Esto, normalmente, también sería un ejemplo de controlador MPC para el circuito de regulación superpuesto 360.

A continuación se explican diferentes casos de aplicación de la estructura del circuito de regulación 350.

Partiendo de la estructura del circuito de regulación 350 de la figura 3d, a continuación se hablará a modo de ejemplo de los diferentes casos de aplicación. Sin embargo, la estructura básica del circuito de regulación sigue siendo la misma para todos los casos de aplicación. Solo puede cambiar la realización del sensor para el borde posterior de la regla o el punto de tracción. Las diferentes situaciones de montaje pueden indicarse de la siguiente manera:

- Calzada al lado de calzada
- Exploración en el bordillo

- Exploración de cable
- Exploración a lo largo de una línea (construcción de túneles)
- Montaje sin referencia (Big Sonic-Ski)
- Montaje 3D con estación total
- 5 • Montaje 3D con GNSS
- Inclínación transversal regla
- Exploración con láser

10 Por supuesto, para el lado respectivamente opuesto también puede elegirse otra constelación de exploración, de modo que con el circuito de regulación optimizado 350 puede representarse en conjunto una pluralidad de situaciones de montaje. Adicionalmente, con ayuda de la nueva estructura del circuito de regulación 350, pueden realizarse otras optimizaciones. Entre ellas figuran:

- Puesta en marcha tras la parada de la acabadora de carreteras
- 15 • Inicio del día (inicio nuevo)
- Integración Control Predictivo por Modelo

A continuación se describen a modo de ejemplo algunos casos de aplicación de la nueva estructura de circuito de regulación 350.

20 Si la exploración de altura se realiza desde una calzada de asfalto existente o previamente colocada (montaje calzada al lado de calzada), pueden utilizarse los siguientes sensores para el borde posterior de la regla:

- Sonic-Ski
- 25 • Sonic de un solo cabezal con y sin señal de referencia
- Escáner láser
- Codificadores rotatorios mecánicos

30 El sonic de un solo cabezal sin referencia puede utilizarse porque la distancia de medición a la calzada de asfalto existente en el borde posterior de la regla puede reducirse al mínimo. Por este motivo, el error de medición se reduce considerablemente en comparación con distancias grandes. Es posible minimizar la distancia de medición, porque la distancia de medición al suelo es siempre aproximadamente la misma. En este caso de aplicación, el / todos los sensores están dirigidos de la manera más enfocada posible hacia el suelo.

35 Para el punto de tracción se utilizan preferentemente los siguientes sensores:

- Sonic-Ski
- Escáner láser
- 40 • Big Sonic-Ski (abreviado: Big Ski)

La figura 3f muestra la zona de montaje y, por lo tanto, también las posiciones de exploración posibles y razonables para realizar la estructura del circuito de regulación.

45 La figura 3f muestra la acabadora de carreteras desde arriba con la regla 10, la capa aplicada 16' o capa existente 16*, el tornillo sin fin 18 y el tractor 11. La regla está conectada a través del brazo de tracción 12 con el punto de tracción 14 ZP.

Según una primera variante, un llamado Big Sonic-Ski (abreviado: Big Ski, véase aspecto 1) 100 puede conectarse con el brazo de tracción 14 o con la regla 10 (no representada). En el Big Sonic-Ski, el sensor 361 está previsto por ejemplo en la zona del borde posterior de la regla 10k. El sensor 331 también puede estar dispuesto en el Big Sonic-Ski 100 a la altura del punto de tracción.

55 Según otra forma de realización, también la exploración del borde posterior de la regla para el circuito de regulación de la regla y la exploración para el circuito de regulación del punto de tracción pueden tener lugar en el lado de una calzada de asfalto 16* existente.

60 En este caso, a través de una placa lateral 10s está dispuesto de un Sonic-Ski 331 * para la exploración a la altura del punto de tracción 14 ZP. En la placa lateral también está previsto un sensor del borde posterior de la regla 361 *. Como está representado, el Sonic-Ski 331 * está ligeramente desplazado con su zona de exploración en el exterior del suelo para poder explorar la calzada de asfalto 16* existente.

La disposición del sensor 331* en el lado de la calzada de asfalto 16* existente tiene el fin de utilizar la calzada de asfalto existente como referencia. En este sentido, con el sensor 331* se explora la distancia a la calzada de asfalto 16* existente. La exploración de la calzada de asfalto 16* existente con el circuito de regulación del punto de tracción

tiene el sentido de suprimir directamente las magnitudes perturbadoras (por ejemplo, el material por debajo de la oruga del tractor) que actúan sobre el punto de tracción. A diferencia de ello, el sensor 361* está dirigido preferentemente hacia la capa de asfalto 16* existente y supervisa la gradiente de la altura de la regla con respecto a la pista de asfalto 16* existente, compensándose las desviaciones del valor teórico ajustado del circuito de regulación superpuesto 360.

5

Con referencia a la figura 3g, se explica ahora una exploración de cable. La figura 3g muestra una acabadora de carreteras con un tractor 11, una regla 10 y un borde posterior de la regla 10k. La regla 10 está conectada mediante un brazo de tracción 12 con la acabadora de carreteras 11. En uno de los brazos de tracción 12 está previsto a su vez el Big Sonic-Ski 100 con tres sensores. Los sensores están designados a modo de ejemplo con la referencia 110 y, según la aplicación, pueden estar distribuidos uniformemente a lo largo del Big Sonic-Ski 100 o también pueden estar dispuestos en la zona del punto de tracción 14 ZP o también en la zona del borde posterior de la regla 10k. Alternativa o adicionalmente a un Big Sonic-Ski, también puede estar previsto un sistema de sensores a través de la placa lateral 10s de la regla 10. Por ejemplo, pueden estar previsto un sensor de regla 361* y un sensor de punto de tracción 331*. Los dos están dirigidos hacia un cable 16s, para explorar en este caso el cable 16s.

10

15

Como es habitual en la práctica en los métodos de exploración utilizados actualmente en la práctica, la exploración de cable en el borde posterior de la regla 10k puede realizarse sin contacto con un sensor ultrasónico (Sonic-Ski) o con un codificador rotatorio mecánico.

20

Los sensores 331*, 361* son guiados a este respecto con un portasensor 10k correspondiente a lo largo del cable de referencia 16s. La desviación de la regulación medida con respecto al cable de referencia 16s en el borde posterior de la regla 10k también proporciona información sobre la planicidad instalada vista a lo largo del recorrido.

25

Hay varias formas de obtener información sobre la altura para el circuito de regulación en la zona del punto de tracción 14 ZP. A continuación, están representadas 2 posibilidades.

30

Mediante otro portasensor, un segundo sensor de altura (Sonic-Ski) puede ser guiado a lo largo del cable. Alternativamente, un sistema Big Sonic-Ski (abreviado: Big Ski) puede servir como sensor de brazo de tracción. Véase la figura 3h.

35

La figura 3h muestra una estructura comparable a la figura 3g de la acabadora de carreteras 11 con la regla 10. El sensor 361* se utiliza como sensor de la regla en el lado izquierdo. El Big Sonic-Ski 100R se utiliza como sensor de punto de tracción en el lado izquierdo. Como ya se ha explicado anteriormente, este está conectado fijamente con el brazo de tracción 12 y presenta una pluralidad de sensores 110.

40

Con respecto al Big Sonic-Ski 100, cabe señalar que, como ya se ha explicado en relación con el aspecto 1, preferentemente uno o varios sensores están dispuestos delante y detrás de la regla 10, por ejemplo, de forma uniformemente distribuida. Con respecto a más detalles, se remite a la realización del aspecto 1.

45

Con referencia a la figura 3i, se explica ahora la nivelación 3D con una estación total. La figura 3i muestra la regla 10 con el borde posterior de la regla 10k, el brazo de tracción 12, que está conectado en el punto de tracción 14 ZP con el cilindro tensor 14. Además, también está previsto un Big Sonic-Ski 100, que está conectado con el brazo de tracción 12. El Big Sonic-Ski 100 comprende tres sensores de distancia 110, que en este ejemplo determinan juntos la distancia en el punto de tracción 14 ZP. El borde posterior de la regla 10k se supervisa mediante el uso de una estación total 50 y un reflector 52 fijado en la regla. Este sensor, que está formado por los elementos 50+52, se conoce como sensor 3D.

50

La determinación de la altura en el borde posterior de la regla con un sensor 3D 50+52 tiene la ventaja de que de esta forma también puede supervisarse una altura absoluta de la calzada de asfalto que se va a construir. Un sistema de nivelación 3D con estación total 50 está formado por un prisma 52, que se monta en la acabadora de carreteras 11 o en la regla 10 de tal forma que es visible para la estación total 50. A continuación, la estación total 50 determina la posición 3D del prisma en el espacio y transmite esta información por radio al sistema de regulación 3D de la acabadora de carreteras.

55

Una gran desventaja de la regulación 3D es que hay que controlar una y otra vez el nivel de altura montado. En la práctica, esta tarea la realiza un topógrafo que controla la posición de altura montada con una estación total 50 adicional y que, en caso necesario, realiza correcciones manuales. Esto es necesario, ya que el lugar de montaje del prisma (punto 3D en el espacio que la estación total determina con precisión mediante la reflexión de un rayo láser) no se encuentra en el borde posterior de la regla, sino, como es habitual también en el caso de otros sensores de altura, en el brazo de tracción a la altura del tornillo sin fin de la regla. El resultado es que se produce un cambio de la posición de altura del borde posterior de la regla a lo largo de un período de tiempo determinado, que debe ser corregido nuevamente por el topógrafo.

60

Si ahora consideramos la estructura mejorada del circuito de regulación 350, también existen posibilidades de

optimización para la regulación 3D con una estación total.

El control de la medición de altura montada podría evitarse colocándose el sensor de altura (prisma) en el borde posterior de la regla 10k. En este caso, el sensor actúa como sensor de altura de la regla y, por lo tanto, se utiliza en el circuito de regulación superpuesto 360 como proveedor de información de altura. En el punto de tracción hay en este caso, por ejemplo, un sistema de Big Sonic-Ski (abreviado: Big Ski), que suministra el valor de altura para el circuito de regulación subordinado 370.

Otra ventaja resulta si se pretenden nivelar los dos lados de la regla 10 mediante una estación total 50 en relación con un prisma 52 (véase la figura 3i). Sin la estructura de circuito de regulación 350 ampliada y optimizada, se necesitan dos estaciones totales 50 para la nivelación (una estación total para respectivamente un lado). Esto es necesario porque en esta constelación la velocidad de exploración de la medición de altura 3D debe ser alta, para compensar todas las magnitudes perturbadoras que actúan. Con la estructura de circuito de regulación 350 ampliada y optimizada, la velocidad de exploración puede reducirse hasta tal punto que basta con una estación total para los dos lados, que determina en este caso de forma continua y sucesiva el prisma izquierdo 52l y el prisma derecho 52r en la posición en el borde posterior de la regla 10k.

Con referencia a la figura 3k, también el sensor del punto de tracción queda realizado ahora por un sensor láser en lugar del Big Sonic-Ski izquierdo 100 L, que en la figura 3j servía como regulación del punto de tracción. Un emisor láser 54 representa una referencia de altura, que puede ser recibida por los receptores 56z en el punto de tracción 14 ZP y 56b en la regla 10.

En principio, la nueva estructura de circuito de regulación 350 también puede utilizarse como referencia de altura cuando se utiliza un plano láser. En este sentido, tanto en el brazo de tracción como en el borde posterior de la regla está fijado respectivamente un receptor láser que actúa en los dos casos como sensor de altura. En esta constelación, el plano láser proyectado representa exactamente la posición deseada de la carretera con un desplazamiento de altura correspondiente.

La figura 3k muestra la estructura básica de la nivelación con una referencia de altura láser en el lado izquierdo. En el ejemplo, el lado derecho se nivela con un sistema Big Sonic-Ski 100. Alternativamente, en función de la situación de montaje, también pueden utilizarse, por supuesto, otros elementos de medición para la nivelación de la regla, como sensores de inclinación o Sonic-Ski.

Haciéndose referencia a la figura 3d, cabe señalar que el Control Predictivo por Modelo amplía la estructura de circuito de regulación de la siguiente manera.

Otra mejora para el sistema de regulación se debe a que el regulador del circuito de regulación superpuesto, cuyo sensor asociado está fijado cerca del borde posterior de la regla, también tiene en cuenta el respectivo estado del proceso. A este respecto, en principio, se asigna un valor de control a cada estado, que también es responsable para el cálculo de la salida del regulador. Además, el estado del proceso se predetermina con ayuda de un modelo de proceso.

El modelo de proceso es el verdadero fundamento del Control Predictivo por Modelo, en el que el modelo registra la dinámica del proceso en toda su extensión pudiendo calcular así los pronósticos del estado del proceso futuro. El modelo de proceso es necesario para calcular las magnitudes de salida pronosticadas en una instancia futura. Las distintas estrategias de MPC pueden utilizar numerosos modelos para mostrar la relación entre las magnitudes de salida y las magnitudes de entrada medibles.

formas de comparación / ejemplos de comparación

A continuación, se explican formas de comparación que pueden utilizarse por un lado en relación con los aspectos anteriores o que también pueden comprender los aspectos anteriores o pueden utilizarse como alternativa a los aspectos anteriores. Además, se explican ejemplos de comparación que contienen detalles de las formas de comparación y ejemplos de realización.

Las variantes de comparación se basan en el hecho de que, al utilizar cabezales de sensores fijos / integrados en un soporte, que está subdividido en una o varias secciones, el esfuerzo de montaje puede reducirse considerablemente. Puesto que los elementos conectores forman al mismo tiempo una conexión mecánica y eléctrica, no es necesario hacer un cableado. Según ejemplos de comparación, también la conexión entre la sección y la máquina de construcción puede realizarse mediante un elemento conector correspondiente. Por ejemplo, la primera sección puede conectarse con su primer elemento conector a la máquina de construcción (que presenta una segunda sección correspondiente como pieza antagónica). También en este sentido, puede establecerse, por ejemplo, además de la conexión mecánica también una conexión eléctrica. Según unos ejemplos de comparación, el sistema de medición puede ser alargado mediante las otras secciones con cabezales de sensores fijados/integrados, para poder explorar

simultáneamente una zona grande. En el caso de una estructura de este tipo de un sistema de medición, con dos secciones por soporte, por lo tanto ya solo es necesario establecer dos conexiones (una con la máquina y otra entre las dos secciones) y no es necesario enganchar y cablear los cabezales de sensores individuales. Esto permite ahorrar un tiempo considerable en comparación con el planteamiento convencional. Gracias al hecho de que todos los cabezales de medición estén alineados unos con respecto a otros tampoco es necesario realizar más ajustes, lo que garantiza en general la calidad de la medición.

Existen diferentes planteamientos para la conexión mecánica. A continuación se explican tres variantes de comparación, aunque también serían posibles otras.

Según una primera variante de acuerdo con la presente invención, puede utilizarse una especie de conexión por gancho.

Según unos ejemplos de comparación, el primer y/o el segundo elemento conector puede presentar un gancho, de modo que el primer elemento conector y el segundo elemento conector puedan hacerse engranar mediante un movimiento de giro. Según otros ejemplos de comparación, el gancho del primer o segundo elemento conector o los ganchos del primer y segundo elemento conector pueden presentar una superficie de engrane, que está esencialmente abierta en la dirección perpendicular a la dirección longitudinal de la respectiva sección. En este sentido, el movimiento de giro está definido por un tope final, que requiere un contacto entre la primera cara frontal o superficie frontal. Según otros ejemplos de comparación, el primer y/o el segundo elemento conector puede presentar un acoplador eléctrico, que se extiende esencialmente a lo largo de la dirección longitudinal de la respectiva sección.

Según una variante de comparación que no forma parte de la presente invención, la conexión también puede establecerse mediante un movimiento de cizallamiento de las dos secciones o de una sección con respecto a otro elemento conector. En esta variante de comparación, el primer y/o el segundo elemento conector puede comprender un perfil que se extiende esencialmente en la dirección perpendicular a la dirección longitudinal de la respectiva sección con un tope final, de modo que los dos elementos conectores pueden conectarse mediante un movimiento traslacional esencialmente en la dirección perpendicular a la dirección longitudinal de la respectiva sección. Según unos ejemplos de comparación, el primer elemento conector presenta un mecanismo de palanca, por ejemplo con una excéntrica, para fijar el primer elemento conector traslacionalmente con el segundo elemento conector. Según un ejemplo de comparación, el primer y/o el segundo elemento conector puede presentar respectivamente un acoplador eléctrico, que se extiende esencialmente en la dirección perpendicular a la dirección longitudinal de la respectiva sección.

Según otra variante de comparación que no forma parte de la presente invención, también sería concebible un movimiento traslacional entre las dos secciones para establecer la conexión. Por lo tanto, según unos ejemplos de comparación, el primer elemento conector puede presentar un manguito que se extiende esencialmente en la dirección longitudinal de la respectiva sección y pudiendo conectarse los dos elementos conectores mediante inserción del segundo elemento conector en el manguito. Según unos ejemplos de comparación, el primer y/o el segundo elemento conector puede presentar un respectivo acoplador eléctrico, que se extiende esencialmente a lo largo de la dirección longitudinal de la respectiva sección.

El principio de medición de los cabezales de sensores puede ser diferente, es decir, los cabezales de sensores pueden estar configurados como sensores ultrasónicos, sensores láser, sensores de radar o similares. Según una variante preferida, los cabezales de sensores están distanciados entre sí, por ejemplo, 10 cm, 20 cm, 33 cm, 40 cm o, en general, en el intervalo entre 5 cm y 50 cm o entre 2 cm y 100 cm. La distancia puede ajustarse correspondientemente en función del principio de medición de los cabezales de sensores. La distancia puede, por ejemplo, elegirse de tal modo que se presenta una distribución uniforme a lo largo de la respectiva sección o a lo largo del soporte. Además, la distancia entre sensor/cabezal de sensor y sensor/cabezal de sensor puede cambiar, por ejemplo, aumentar. Esto resulta ventajoso a la hora de nivelar desniveles en la capa a aplicar con determinadas frecuencias/longitudes de onda.

Según unos ejemplos de comparación, las mediciones de los cabezales de sensores se realizan esencialmente de forma simultánea, es decir, por ejemplo dentro de una ventana de tiempo de 3s, 1s, 0,5s, 0,1s o menos. Las mediciones de distancia al suelo (referencia, a la capa ya aplicada o al suelo para la capa a aplicar) y/o al objeto, y/o como medición(es) de referencia se llevan a cabo esencialmente de forma simultánea (medición sincrónica dentro de una ventana de tiempo, como se ha especificado anteriormente). Es decir, es posible que todos los cabezales de sensores dispuestos en el sistema de medición realicen mediciones esencialmente al mismo tiempo. Esto es ventajoso con respecto a la precisión de medición del sistema de medición, ya que en caso de una medición simultánea se crea en principio una instantánea, por ejemplo, del perfil del suelo o de referencia y la(s) medición(es) de referencia en las mismas condiciones (por ejemplo, condiciones ambientales). A diferencia de lo que ocurre en una medición asincrónica (no simultánea, realizada por ejemplo de manera sucesiva), en el caso de una medición esencialmente simultánea no son relevantes los cambios de distancias o de las condiciones externas, provocados por ejemplo por vibraciones mecánicas (oscilaciones) de la máquina o de la herramienta o de partes de la máquina o provocados por variaciones de la temperatura, ya que en el momento de las mediciones (simultáneas), el sistema de medición registra por ejemplo, el perfil del suelo o de referencia de manera equidistante y también la(s) medición(es) de referencia se llevan a cabo

en las mismas condiciones. Por lo tanto, todos los cabezales de sensores de todas las secciones y todos los soportes del sistema de medición registran un perfil de referencia correcto o un perfil correcto del suelo. Además, una medición simultánea es ventajosa con respecto a una alta velocidad de medición (velocidad de exploración), como hoy día es necesario para la nivelación en la construcción de carreteras (por ejemplo, nivelación de altura de la regla).

5

Según otro ejemplo de comparación, la primera y/o la segunda sección presenta una pantalla, como por ejemplo un LED, pantalla LED. La pantalla o el indicador LED está configurado para indicar un estado de conexión entre la primera y la segunda sección o cualquier otra sección o para indicar una información, por ejemplo, con respecto a una desviación, del sistema de medición o de un sistema de regulación y/o control conectado con el sistema de medición.

10

En este sentido también es concebible una pantalla LCD o similar como pantalla en la que se indica, por ejemplo, un texto y/o símbolos.

Según otros ejemplos de comparación, el sistema de medición puede presentar un sensor GNSS, un sensor de inclinación, un sensor de infrarrojos, un sensor de temperatura, un sensor de posición (unidad de medición inercial) u otro sensor. Según unos ejemplos, cada sección puede comprender correspondientemente también una iluminación.

15

Según otro ejemplo de comparación, el sistema de medición presenta en una (primera) cara frontal un primer elemento conector, estando conectado el primer elemento conector con un segundo elemento conector, que a modo de ejemplo está fijado en la máquina y estando fijado en la segunda cara frontal otro sistema de medición, por ejemplo un sistema de medición de distancia.

20

Según otros ejemplos de comparación, una unidad de cálculo está configurada para determinar con el primer valor medido y el segundo valor medido una recta de regresión junto con un gradiente de la recta de regresión con respecto al suelo o a la referencia y para determinar a partir del gradiente un ángulo, que describe el gradiente de la recta de regresión y la posición del componente de la máquina de construcción con respecto al suelo o a la referencia.

25

A continuación se explican más detalles. Se supervisa la posición de los componentes de máquinas de construcción, como por ejemplo de una regla. Por ejemplo, hay sensores de ángulo o de inclinación que determinan la rotación de la regla alrededor de su eje longitudinal, es decir, la inclinación de la regla con respecto al suelo. Puesto que sobre la regla o en general los componentes de las máquinas de construcción actúan en general perturbaciones considerables, como por ejemplo vibraciones, se necesitan mecanismos para compensar estas perturbaciones.

30

En el estado de la técnica se determina, por ejemplo, la inclinación mediante diferentes principios de medición, para combinar así las ventajas de diferentes principios de medición en términos de "no ser susceptibles a perturbaciones", precisión, etc.

35

Los ejemplos de comparación crean un sistema de medición para una máquina de construcción, presentando el sistema de medición un soporte que puede conectarse con un componente de la máquina de construcción. En la realización básica, el sistema de medición comprende al menos un primer, segundo y tercer cabezal de sensor, así como una unidad de cálculo. El primer, segundo y tercer cabezales de sensores están conectados con el soporte. Preferentemente puede realizarse a su vez una orientación paralela; el sistema también puede utilizarse según los ejemplos de comparación según el aspecto 1. En general, los cabezales de sensores están configurados para medir una primera distancia desde el primer cabezal de sensor hasta el suelo o una referencia para obtener un primer valor medido, o para medir una segunda distancia desde el segundo cabezal de sensor hasta un suelo o una referencia para obtener un segundo valor medido, o para medir una tercera distancia desde el tercer cabezal de sensor hasta un suelo o una referencia para obtener un tercer valor medido. La unidad de cálculo está configurada para determinar, partiendo del primer, segundo y tercer valor medido, una recta de regresión junto con un gradiente de la recta de regresión con respecto al suelo o a la referencia y determinar, partiendo del gradiente, un ángulo que describe el gradiente de la recta de regresión y, por tanto, la posición del componente de la máquina de construcción con respecto al suelo o a la referencia.

40

45

50

Según unos ejemplos de comparación, el componente puede comprender un brazo de tracción o una regla o una regla que está conectada mediante el brazo de tracción de forma fija, rígida y/o al menos durante el proceso de trabajo de forma rígida, es decir, en particular con una relación fijamente definida o al menos fijamente definida durante el proceso de trabajo.

55

Los ejemplos de comparación se basan en el conocimiento de que una recta de regresión y, en particular, la posición de la recta de regresión en el espacio puede determinarse mediante tres valores medidos. Si se parte de que los sensores (que están por ejemplo distanciados entre sí) están dispuestos en un soporte que está dispuesto o fijado en una posición conocida o fija con respecto al componente, mediante los tres valores medidos puede determinarse una recta de regresión que está dispuesta en un ángulo fijo con respecto al componente. Por ejemplo, la recta de regresión puede estar dispuesta en paralelo a la posición del componente.

60

Partiendo de un estado de partida en el que se conoce la posición del componente, por la observación del cambio de

la posición de la recta de regresión puede llegarse a una conclusión acerca de un cambio en la posición del componente. Conociendo la posición de la recta de regresión o la posición de los cabezales de sensores con respecto al componente (por ejemplo, la distancia a lo largo del soporte y el desplazamiento), también es posible determinar la posición (con respecto a la referencia o el suelo) de la recta de regresión y, por lo tanto, también del componente.

5 Puesto que la recta de regresión por regla general no depende demasiado de las mediciones individuales, es posible realizar una medición muy precisa y al mismo tiempo robusta.

Gracias a la utilización de más de dos valores de sensores o, en particular, la utilización de más de dos puntos de medición en una secuencia de mediciones sucesivas en el tiempo, los resultados (del cálculo) de la recta de regresión son especialmente estables y robustos. Además, gracias al acoplamiento rígido, los valores cambian uniformemente a lo largo del soporte, de modo que la posición puede detectarse ventajosamente, también a pesar de las perturbaciones (objetos en el suelo o vibraciones). Mediante la determinación de la posición de la recta de regresión, la posición, como por ejemplo una inclinación de un componente, puede detectarse de una manera robusta.

Según el ejemplo de comparación, el soporte puede estar dispuesto detrás de la regla, por ejemplo, puede estar fijamente unido a la regla. A continuación, el soporte está dirigido hacia la capa que acaba de aplicarse y permite determinar la posición de la regla utilizando la capa como referencia. Por ejemplo, sería concebible que el soporte se extendiera a lo largo del eje longitudinal, para determinar en este caso la rotación de la regla alrededor de su eje longitudinal (nota: en una acabadora de carreteras como la que se ha descrito al principio, el eje longitudinal de la regla se extiende transversalmente al sentido de marcha de esta). Si el soporte está dispuesto transversalmente a la dirección longitudinal u oblicuamente (por ejemplo, 45°), puede determinarse un perfil y/o adicionalmente una inclinación lateral (adicionalmente al perfil).

Según otro ejemplo de comparación, el sistema de medición también puede tener en cuenta otro soporte con otros (tres) sensores. Puede colocarse, por ejemplo, detrás de la regla. Con este planteamiento, se determinan en este caso dos rectas de regresión, correspondiendo un desplazamiento lateral de la primera recta de regresión con respecto a la segunda recta de regresión a un espesor de capa. Este sistema de medición del espesor de capa es robusto frente a rotaciones de la regla, si se parte de que, si los dos soportes están dispuestos por ejemplo de manera alineada uno con respecto a otro o en paralelo entre sí, también las rectas de regresión discurren en paralelo. El desplazamiento paralelo corresponde al espesor de la capa, independientemente de cómo están las rectas de regresión en el ángulo sólido.

En este sentido, otro ejemplo de comparación crea un sistema de medición del espesor de capa. El sistema de medición del espesor de capa para una máquina de construcción presenta un soporte y otro soporte, que pueden conectarse con una regla de la máquina de construcción de tal manera que el soporte se extiende por delante de la regla y el otro soporte se extiende por detrás de la regla. Comprende además un primer, segundo y tercer cabezal de sensor conectados con el soporte y configurados para medir una primera distancia desde el primer cabezal de sensor a un suelo o referencia para obtener un primer valor medido, y para medir una segunda distancia desde el segundo cabezal de sensor a un suelo o una referencia para obtener un segundo valor medido; y una tercera distancia desde el tercer cabezal de sensor a un suelo o una referencia para obtener un tercer valor medido. Además, están previstos otro primer, segundo y tercer cabezales de sensores, que están conectados con otro soporte y están configurados para medir otra primera, segunda y tercera distancia desde el otro primer, segundo y tercer cabezal de sensor al suelo/a la referencia para obtener otro primer, segundo y tercer valor medido; una unidad de cálculo está configurada para determinar una recta de regresión a partir del primer, segundo y tercer valor medido y para determinar otra recta de regresión partiendo del otro primer, otro segundo y otro tercer valor medido. La unidad de cálculo está configurada para determinar un espesor de una capa partiendo de la posición de la recta de regresión con respecto a otra recta de regresión.

Según unos ejemplos de comparación, el sistema de medición del espesor de capa puede estar configurado de tal manera que se conocen las respectivas posiciones del soporte y del otro soporte y que, por lo tanto, la recta de regresión y la otra recta de regresión pueden alinearse de forma que discurren en paralelo. Como ya se ha mencionado, el desplazamiento de las rectas de regresión entre sí representa o corresponde al espesor de la capa o, en términos generales, permite llegar a una conclusión.

Según otra variante, el sistema de medición también puede estar fijado también en otro componente, como el chasis propiamente dicho, para determinar en este caso una posición.

Según otro ejemplo de comparación, el sistema de medición puede comprender cuatro cabezales de sensores, que están dispuestas por ejemplo en un soporte común. Según unos ejemplos de comparación, la unidad de cálculo puede estar configurada para definir una recta de regresión a partir de una nube de puntos para determinar el primer, el segundo, el tercer y el cuarto valor medido. La recta de regresión se dispone en el espacio de tal forma que las distancias a los puntos de la nube de puntos son por ejemplo mínimas.

Puesto que mediante la recta de regresión se determina siempre una inclinación relativa con respecto a una referencia

o al suelo, el sistema de medición puede ampliarse añadiéndose un sensor de inclinación, estando configurada en este caso la unidad de cálculo por ejemplo para determinar una inclinación absoluta del componente de la máquina de construcción partiendo de la inclinación absoluta determinada por el sensor de inclinación, junto con el ángulo determinado mediante la recta de regresión.

5

Partiendo de un estado de marcha (por ejemplo, velocidad < 2 km/h), se determinan sucesivamente varios valores medidos para cada cabezal de sensor. En este sentido, para determinar la recta de regresión, se realiza en este caso una promediación con respecto al tiempo por punto de medición o una promediación con respecto al tiempo de los parámetros de regresión tras la determinación repetida de estos parámetros. Según otros ejemplos de comparación, la promediación también puede estar realizada localmente o de otra manera.

10

El primer y el segundo cabezal de sensor o, en el caso de ejemplos de comparación, de varios cabezales de sensores, los cabezales de sensores están normalmente distanciados unos de otros. Según un ejemplo de comparación, la unidad de cálculo puede estar configurada para tener en cuenta también la distancia entre los cabezales de sensores. Esto es importante, en particular, para determinar el gradiente de la recta de regresión. Además, la unidad de cálculo puede estar configurada para generar con una señal de velocidad, que puede generarse a partir de una señal de recorrido o de posición, por ejemplo una señal GNSS, para generar una medición relacionada con el recorrido/la posición a partir de una medición con respecto al tiempo. Por lo tanto, puede reaccionarse a fallos estacionarios.

15

20

Otro ejemplo de comparación crea una máquina de construcción, como en particular una máquina de construcción de carreteras con un sistema de medición o un sistema de medición del espesor de capa.

25

Otro ejemplo de comparación crea un procedimiento para determinar una posición de un componente de una máquina de construcción utilizando un sistema de medición con un soporte que puede conectarse con un componente de la máquina de construcción. El procedimiento tiene las siguientes etapas: Determinar a partir del primer valor medido, del segundo valor medido y del tercer valor medido una recta de regresión junto con un gradiente de la recta de regresión con respecto al suelo; y determinar a partir del gradiente de un ángulo que describe el gradiente de la recta de regresión y la posición del componente de la máquina de construcción con respecto al suelo.

30

El procedimiento también puede presentar las siguientes etapas, si se parte de otros cabezales de sensores en otro soporte: determinar otra recta de regresión junto con un gradiente de la otra recta de regresión con respecto al suelo partiendo del otro primer, otro segundo y otro tercer valor medido; determinar un ángulo que describe el gradiente de la otra recta de regresión y la posición del componente de la máquina de construcción con respecto al suelo, partiendo del gradiente; y determinar el espesor de capa con ayuda de la recta de regresión y de la otra recta de regresión.

35

Otro procedimiento se refiere a la determinación de un espesor de una capa. Este procedimiento comprende las tres etapas: determinar una recta de regresión partiendo del otro primer, otro segundo y otro tercer valor medido; y determinar otra recta de regresión partiendo de otro primer, otro segundo y otro tercer valor medido; determinar un espesor de capa partiendo de la posición de la recta de regresión con respecto a la otra recta de regresión.

40

Según unos ejemplos de comparación, el procedimiento también puede ser implementado por ordenador. Por lo tanto, otro ejemplo de comparación se refiere a un programa informático para llevar a cabo el procedimiento según uno de los ejemplos de comparación anteriores.

45

Si se tiene en cuenta la tarea principal de la acabadora de carreteras, esta es garantizar una planicidad continua durante el proceso de montaje. Sin embargo, en este sentido, debido a una pluralidad de magnitudes perturbadoras diferentes hay influencias en el sentido de que al menos se perjudica la planicidad deseada.

50

Una desventaja decisiva de la nivelación de altura de la regla es que la medición de la información de altura de la regla no tiene lugar cerca del borde posterior de la regla, sino en la zona del tornillo sin fin de la regla. Esto representa por último una solución de compromiso para que, a pesar del comportamiento muy lento de la regla, se produzca una reacción dinámica necesaria en el punto de tracción en cuanto haya una desviación de regulación en la altura. A este respecto, el sistema de nivelación de altura ajusta el punto de tracción de la regla de forma que la desviación de altura con respecto a la referencia en la posición de la exploración de altura (en la zona del tornillo sin fin de la regla) se compense lo más rápidamente posible. En esta posición, se cumple por lo tanto exactamente la altura con respecto a la referencia. No obstante, la altura determinante en el borde posterior de la regla puede cambiar por este punto (sensor de altura en la zona del tornillo sin fin de la regla), de modo que, en última instancia, a lo largo del tiempo se ajusta otra altura en el borde posterior de la regla en comparación con el valor teórico de altura deseado. Por lo tanto, cambia la altura del borde posterior de la regla con respecto a la referencia, lo que representa a su vez una desviación de la altura deseada y no es compensado por el sistema de nivelación.

60

Un sistema de medición para un sistema de nivelación se muestra, por ejemplo, en el documento US 5,356,238.

También la práctica muestra que en los sistemas de nivelación hoy día habituales se producen una y otra vez

desviaciones de altura no deseadas de la regla. Por tanto, es necesario mejorar el planteamiento.

5 Los ejemplos de comparación crean un control de una máquina de construcción de carreteras con una regla, que está configurado para ajustar un punto de tracción de la regla. El control comprende un primer y un segundo circuito de regulación. El primer circuito de regulación varía el punto de tracción en función de un primer valor del sensor, mientras que el segundo circuito de regulación varía el punto de tracción en función de un segundo valor del sensor. El primer valor del sensor representa una distancia (desde el sensor) a un suelo o a una referencia en la zona de la regla, mientras que el segundo valor del sensor representa una distancia (desde el sensor) al suelo o a una referencia en la zona del punto de tracción.

10 Según unos ejemplos de comparación, el primer circuito de regulación tiene en cuenta un primer valor de consigna cuando se produce la variación, mientras que el segundo circuito de regulación tiene en cuenta un segundo valor de consigna cuando se produce la variación.

15 Los ejemplos de comparación se basan en el conocimiento de que la división de la regulación en dos circuitos de regulación tiene en cuenta el hecho de que diferentes magnitudes perturbadoras afectan a la nivelación. El circuito de regulación, que regula en la zona del punto de tracción, compensa por ejemplo las magnitudes perturbadoras que actúan directamente sobre el chasis.

20 Por ejemplo, este circuito de regulación puede estar realizado menos lento que el otro circuito de regulación, para contrarrestar correspondientemente la magnitud perturbadora. El circuito de regulación que determina sus valores medidos en la zona de la regla, regula esencialmente las magnitudes perturbadoras que actúan sobre la regla. Estas magnitudes perturbadoras no solo interactúan entre el chasis y el punto de tracción, como en el denominado segundo circuito de regulación, sino también a través de la regla, incluido el mecanismo de acción "asfalto", de modo que en este caso puede utilizarse como base un circuito de regulación más lento. Aunque la división de los dos circuitos de regulación aumenta la complejidad del control, permite compensar las magnitudes perturbadoras de forma más individual y significativamente mejor.

30 Según unos ejemplos de comparación, el primer circuito de regulación está configurado más lento que el segundo circuito de regulación. Según unos ejemplos de comparación, cada circuito de regulación puede comprender por ejemplo un filtro (primer circuito de regulación primer filtro y/o segundo circuito de regulación segundo filtro). Según unos ejemplos de comparación, el primer circuito de regulación está configurado para una regulación de baja frecuencia y tiene, por ejemplo, un filtro de paso bajo con una frecuencia de corte baja. El segundo circuito de regulación puede estar configurado por ejemplo para regulaciones de alta frecuencia o de frecuencia más alta e incluir un filtro de paso bajo con una frecuencia de corte más alta.

40 En el primer circuito de regulación, se utiliza según unos ejemplos de comparación un modelo para la representación del comportamiento de transmisión de la regla. Según unos ejemplos de comparación, este modelo puede tener en cuenta una velocidad o una distancia recorrida por la máquina de construcción. Según otros ejemplos de comparación, el modelo puede tener en cuenta una rotación de la regla alrededor del eje longitudinal, un peso de la regla y/o una frecuencia de manipulación o vibración de la regla. Según otros ejemplos de comparación, el modelo puede tener en cuenta una viscosidad y/o una temperatura de la capa a aplicar o de la superficie de la carretera a aplicar. Además, también pueden tenerse en cuenta factores como el ángulo de reposo o la altura del material delante de la regla. En este sentido, el primer circuito de regulación utiliza según unos ejemplos de comparación el modelo que tiene como magnitud de entrada una velocidad, una rotación de la regla alrededor del eje longitudinal, una viscosidad y/o una temperatura.

50 El primer circuito de regulación y el segundo circuito de regulación están configurados según otros ejemplos de comparación para tener en cuenta un comportamiento de transmisión del ajuste del punto de tracción y/o un comportamiento de transmisión de la regla. Según unos ejemplos de comparación, el comportamiento de transmisión del ajuste del punto de tracción puede describirse mediante un comportamiento IT (comportamiento integral con componente de tiempo). El comportamiento de transmisión de la regla puede describirse por ejemplo aproximadamente mediante un comportamiento PT_2 (comportamiento proporcional con componente de tiempo y un retardo de 2º orden).

55 En cuanto a los sensores cabe señalar que estos pueden estar configurados según unos ejemplos de comparación como sensores ultrasónicos o como sensores láser o como sensores radar o, en general, como sensores de distancia, que en el caso más sencillo miden la distancia al suelo o a la capa aplicada. Por supuesto, también sería concebible medir con respecto a una referencia (por ejemplo, una cuerda, un borde o bordillo, una línea). También sería concebible el uso de una estación total como sistema sensor o receptor láser en combinación con un emisor central (control 3D).

60 Otro ejemplo de comparación se refiere a un sistema de control de la regla con un control como el que se ha descrito anteriormente, así como un actuador para ajustar el punto de tracción.

Según unos ejemplos de comparación, el sistema de control de la regla presenta un primer sensor en la zona de la regla, así como un segundo sensor en la zona del punto de tracción o está conectado con este.

- 5 Otro ejemplo de comparación se refiere a una máquina de construcción, en particular una máquina de construcción de carreteras con un control o control de la regla correspondiente.

Otro ejemplo de comparación crea un procedimiento para controlar una máquina de construcción de carreteras con una regla. El procedimiento comprende las siguientes etapas: ajustar un punto de tracción de la regla mediante un primer y un segundo circuito de regulación, variar el punto de tracción en el primer circuito de regulación en función de un primer valor del sensor; y variar el punto de tracción en el segundo circuito de regulación en función de un segundo valor del sensor. El primer valor del sensor representa una distancia al suelo o a una referencia. El segundo valor del sensor representa una distancia al suelo o a la referencia.

- 15 Según otros ejemplos de comparación, el procedimiento puede estar configurado de manera implementada en ordenador.

El sistema de medición antes mencionado puede servir por ejemplo como disposición de sensores para el control. Este sistema de medición también puede utilizarse como disposición de sensores para la metodología de medición (véase más arriba). La metodología de medición puede conectarse ventajosamente con el control, ya que en este caso se exploran normalmente los mismos puntos en el suelo. Por supuesto, los tres aspectos pueden combinarse entre sí según otro ejemplo de comparación preferido. Los tres aspectos persiguen un objetivo común, a saber, mejorar la nivelación y/o el control de una máquina de construcción de carreteras (en particular, una acabadora de carreteras o una fresadora de carreteras).

Aunque algunos aspectos se han descrito en relación con un dispositivo, se entiende que estos aspectos también representan una descripción del procedimiento correspondiente, de modo que un bloque o un elemento de construcción de un dispositivo también debe entenderse como una etapa del procedimiento correspondiente o como una característica de una etapa del procedimiento. Del mismo modo, los aspectos descritos en relación con una etapa del procedimiento o como una etapa del procedimiento también representan una descripción de un bloque o detalle o característica correspondiente de un dispositivo correspondiente. Algunas o todas las etapas del procedimiento pueden ser realizadas por un aparato hardware (o utilizando un aparato hardware), como por ejemplo un microprocesador, un ordenador programable o un circuito electrónico. En algunos ejemplos, algunas o varias de las etapas del procedimiento más importantes pueden ser realizadas por dicho aparato.

En función de los requisitos específicos de la implementación, los ejemplos pueden estar implementados como hardware o software. La implementación puede llevarse a cabo utilizando un medio de almacenamiento digital, por ejemplo un disquete, un DVD, un disco Blu-ray, un CD, una ROM, una PROM, una EPROM, una EEPROM o una memoria FLASH, un disco duro u otra memoria magnética u óptica, en las que se almacenan señales de control electrónicamente legibles, que pueden interactuar o interactúan con un sistema informático programable de tal manera que se lleva a cabo el respectivo procedimiento. Por lo tanto, el medio de almacenamiento digital puede ser legible por ordenador.

Algunos ejemplos comprenden por lo tanto un soporte de datos que presenta señales de control electrónicamente legibles capaces de interactuar con un sistema informático programable de tal manera que se lleva a cabo uno de los procedimientos descritos en el presente documento.

Generalmente, los ejemplos pueden estar implementados como un producto de programa informático con un código de programa, usándose el código de programa en el sentido de llevar a cabo uno de los procedimientos cuando el producto de programa informático se ejecuta en un ordenador.

El código del programa también puede estar almacenado por ejemplo en un soporte legible por máquina.

Otros ejemplos comprenden el programa informático para llevar a cabo uno de los procedimientos descritos en el presente documento, estando almacenado el programa informático en un medio legible por máquina.

En otras palabras, un ejemplo del procedimiento es, por lo tanto, un programa informático que comprende un código de programa para llevar a cabo uno de los procedimientos descritos en el presente documento cuando el programa informático se ejecuta en un ordenador.

Otro ejemplo de los procedimientos es por lo tanto un soporte de datos (o un medio de almacenamiento digital o un medio legible por ordenador), en el que está grabado el programa informático para llevar a cabo uno de los procedimientos descritos en el presente documento. El soporte de datos, el medio de almacenamiento digital o el medio legible por ordenador son normalmente tangibles y/o no efímeros o no transitorios.

Otro ejemplo del procedimiento es por lo tanto un flujo de datos o una secuencia de señales que representa o representan el programa informático para llevar a cabo uno de los procedimientos descritos en el presente documento. El flujo de datos o la secuencia de señales puede o pueden estar configurado(s), por ejemplo, para ser transferido(s) a través de una conexión de comunicación de datos, por ejemplo a través de Internet.

Otro ejemplo comprende un equipo de procesamiento, por ejemplo un ordenador o un componente lógico programable, que está configurado o adaptado para llevar a cabo uno de los procedimientos descritos en el presente documento.

Otro ejemplo comprende un ordenador en el que está instalado el programa informático para llevar a cabo uno de los procedimientos descritos en el presente documento.

Otro ejemplo comprende un dispositivo o sistema configurado para transmitir a un receptor un programa informático para llevar a cabo al menos uno de los procedimientos descritos en el presente documento. La transmisión puede realizarse por ejemplo de forma electrónica u óptica. El receptor puede ser, por ejemplo, un ordenador, un dispositivo móvil, un aparato de almacenamiento o un dispositivo similar. El dispositivo o sistema puede comprender por ejemplo un servidor de archivos para transmitir el programa informático al receptor.

En algunos ejemplos, puede utilizarse un componente lógico programable (por ejemplo, una matriz de puertas programables en campo, una FPGA) para realizar algunas o todas las funcionalidades de los procedimientos descritos en el presente documento. En algunos ejemplos, una matriz de puertas programables en campo puede cooperar con un microprocesador para llevar a cabo uno de los procedimientos descritos en el presente documento. En general, en algunos ejemplos los procedimientos se llevan a cabo mediante cualquier dispositivo hardware. Puede ser hardware de aplicación universal, como un procesador informático (CPU), o hardware específico para el procedimiento, como un ASIC.

Los dispositivos descritos en el presente documento pueden implementarse, por ejemplo, utilizando un aparato hardware, o utilizando un ordenador, o utilizando una combinación de un aparato hardware y un ordenador.

Los dispositivos descritos en el presente documento o cualquier componente de los dispositivos descritos en el presente documento, pueden implementarse al menos en parte como hardware y/o como software (programa informático).

Los procedimientos descritos en el presente documento pueden implementarse, por ejemplo, utilizando un aparato hardware, o utilizando un ordenador, o utilizando una combinación de un aparato hardware y un ordenador.

Los procedimientos descritos en el presente documento o cualquier componente de los procedimientos descritos en el presente documento, pueden implementarse al menos en parte como hardware y/o como software.

Los ejemplos anteriormente descritos pretenden únicamente ilustrar los principios de la presente invención. Se entiende que las modificaciones y variaciones de las disposiciones y detalles descritos en el presente documento serán evidentes para otros expertos en la materia. Por lo tanto, se pretende que la invención esté limitada únicamente por el ámbito de protección de las reivindicaciones siguientes y no por los detalles específicos presentados con ayuda de la descripción y explicación de los ejemplos expuestos en el presente documento.

REIVINDICACIONES

1. Sistema de medición (100) para una máquina de construcción (1), comprendiendo el sistema de medición (100) un soporte (110) que puede conectarse con la máquina de construcción (1), con las siguientes características:
5 una primera sección (111) y una segunda sección (112) del soporte (110);
presentando la primera sección (111) uno o varios cabezales de sensores (121-126) fijados o integrados en la primera sección (111) para la medición sin contacto con respecto a un suelo o a una referencia, presentando la primera sección (111) en una segunda cara frontal un segundo elemento conector (132), pudiendo conectarse el
10 segundo elemento conector (132) con un primer elemento conector (131) de tal manera que se forma una conexión mecánica y eléctrica; presentando la segunda sección (112) uno o varios cabezales de sensores (121-126) fijados o integrados en la segunda sección (112), presentando la segunda sección (112) en una primera cara frontal el primer elemento conector (131);
presentando el primer y/o el segundo elemento conector (132) un gancho (131h), de modo que el primer elemento conector (131) y el segundo elemento conector (132) pueden hacerse engranar mediante un movimiento de giro
15 alrededor de un eje de rotación (132r) para formar la conexión mecánica;
presentando el primer elemento conector (131) un conector macho (132s) y presentando el segundo elemento conector (132) un conector hembra (132b), formando el conector macho (132s) y el conector hembra (132b) la conexión eléctrica; y estando configurados el conector macho (132s) y/o el conector hembra (132b) para ser
20 inclinados, y/o presentando el conector macho (132s) y/o el conector hembra (132b) al menos parcialmente una forma cónica (132b_2m).

2. Sistema de medición (100) según la reivindicación 1,

25 presentando el conector macho (132s) una punta cónica (132b_2m) y/o una punta cónica que se estrecha (132b_2m) y/o un bisel; y/o
presentando el conector hembra (132b) una abertura cónica o un diámetro que se ensancha hacia la abertura.

3. Sistema de medición (100) según una de las reivindicaciones anteriores, pudiendo hacerse rotar el conector macho (132s) y/o el conector hembra (132b) alrededor de uno o varios otros ejes de rotación; o
30 pudiendo rotar el conector macho (132s) y/o el conector hembra (132b) alrededor de uno o varios otros ejes de rotación, extendiéndose los otros ejes de rotación en paralelo al eje de rotación del movimiento de giro (132r).

4. Sistema de medición (100) según una de las reivindicaciones anteriores, presentando el conector macho (132s) y/o el conector hembra (132b) uno o varios imanes configurados para fijar y/o alinear mutuamente y/o poner en contacto el conector macho (132s) y/o el conector hembra (132b) mediante una fuerza magnética.

5. Sistema de medición (100) según una de las reivindicaciones anteriores, estando configurados el conector macho (132s) y/o el conector hembra (132b) por su geometría y/o imanes para centrarse mutuamente.

6. Sistema de medición (100) según una de las reivindicaciones anteriores, comprendiendo el conector macho (132s) y/o el conector hembra (132b) uno o varios polos eléctricos; y/o
45 estando configurada la conexión eléctrica para transmitir energía eléctrica y/o datos.

7. Sistema de medición (100) según una de las reivindicaciones anteriores, presentando el primer elemento conector (131) y/o el segundo elemento conector (132) un mecanismo para la fijación mecánica del primer y del segundo elemento conector (131, 132); o
presentando el primer elemento conector (131) un mecanismo de palanca (138e) y/o un mecanismo de palanca (138e) con una excéntrica para fijar traslacionalmente el primer elemento conector (131) con el segundo elemento conector.

8. Sistema de medición (100) según una de las reivindicaciones anteriores, extendiéndose el conector macho (132s) y/o el conector hembra (132b) esencialmente a lo largo de una dirección longitudinal de la primera y/o segunda sección.

9. Sistema de medición (100) según una de las reivindicaciones anteriores, presentando el gancho (131h) del primer y/o del segundo elemento conector (131, 132) o los ganchos (131h) del primer y/o del segundo elemento conector (131, 132) una superficie de engrane (132e') que está abierta esencialmente en la dirección perpendicular a la dirección longitudinal de la respectiva sección; y/o
55 estando definido el movimiento de giro por un tope final que requiere un contacto entre la primera y la segunda cara frontal.

10. Sistema de medición (100) según una de las reivindicaciones anteriores, presentando la segunda sección un segundo elemento conector en una segunda cara frontal y/o la primera sección un primer elemento conector en una primera cara frontal, y/o
60

- presentando el sistema de medición un elemento de fijación que puede conectarse con la máquina de construcción (1) y con un componente de la máquina de construcción (1) y que presenta un primer y/o un segundo elemento conector (131, 132); y/o
- 5 presentando el sistema de medición tiene un elemento de fijación que puede conectarse con la máquina de construcción (1) o con un componente de la máquina de construcción (1) y que presenta un primer y/o un segundo elemento conector (131, 132), de modo que la primera sección puede conectarse con la máquina de construcción (1) o con el componente de la máquina de construcción (1).
- 10 11. Sistema de medición (100) según una de las reivindicaciones anteriores, presentando la primera y/o la segunda sección (111, 112) cabezales de sensores (121-126) alineados en un lado longitudinal perpendicular al eje longitudinal de la primera y/o la segunda sección (111, 112); o
- presentando la primera y/o la segunda sección (111, 112) en un lado longitudinal cabezales de sensores (121-126) que están dirigidos hacia el suelo o hacia la referencia.
- 15 12. Sistema de medición (100) según una de las reivindicaciones anteriores, presentando el sistema de medición (100) al menos otro primer cabezal de sensor por cada primera y/o segunda sección (111, 112) o por cada soporte (110), que está alineado en paralelo al eje longitudinal, y/o que está dispuesto en la primera y/o segunda cara frontal; y/o
- 20 estando configurado el primer otro cabezal de sensor para realizar una medición de referencia, y/o presentando el sistema de medición (100) un segundo cabezal de sensor por cada primera y/o segunda sección (111, 112), que está dispuesto a lo largo del eje longitudinal de la respectiva primera y/o segunda sección (111, 112) o del soporte (110) y está situado en la cara frontal opuesta al primer otro cabezal de sensor; y/o
- 25 presentando el sistema de medición un reflector o un reflector inclinado en la primera y/o en la segunda cara frontal.
13. Máquina de construcción (1), en particular máquina de construcción de carreteras (1), como una acabadora de carreteras o una fresadora de carreteras, con un sistema de medición (100) según una de las reivindicaciones anteriores.

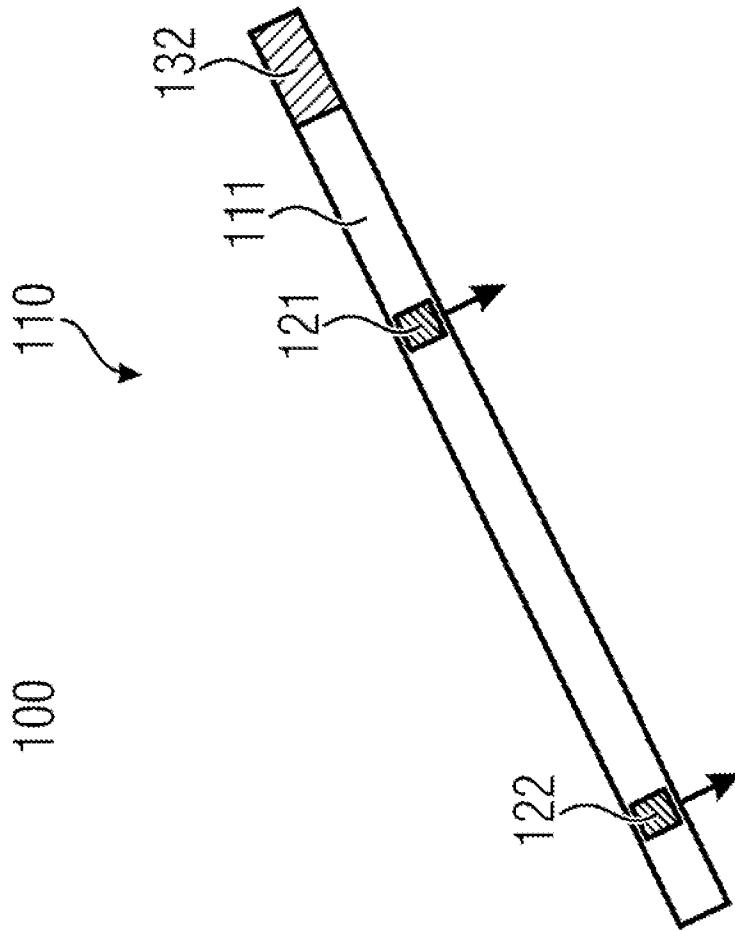


Fig. 1a

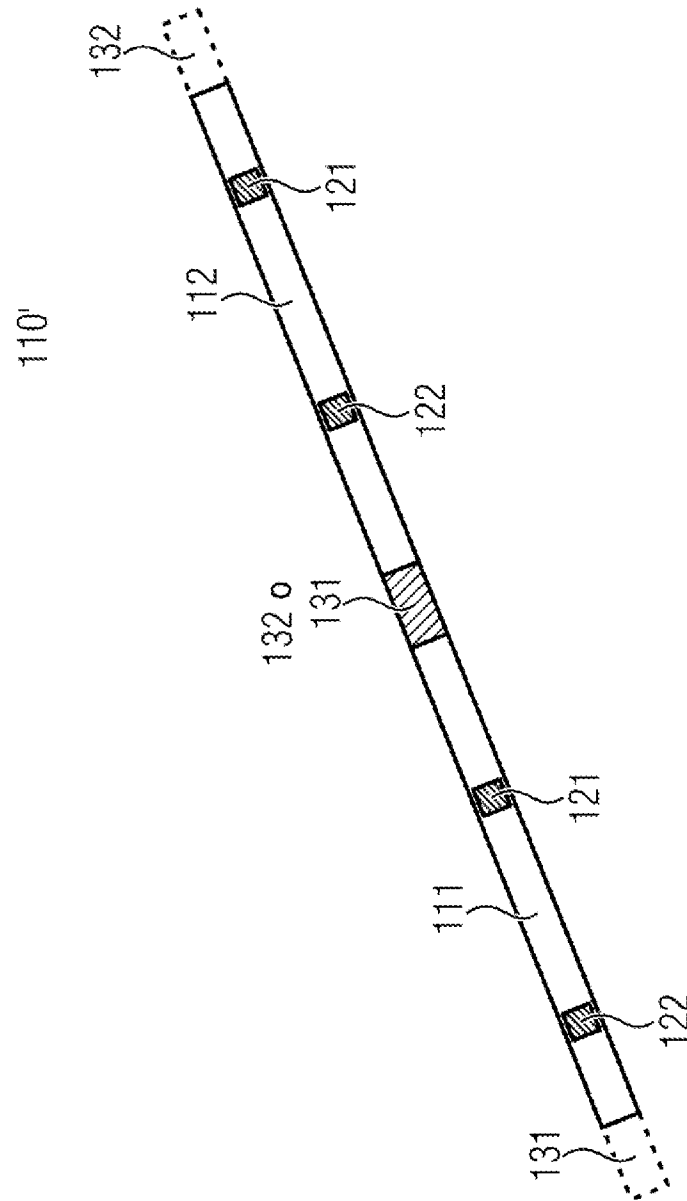


Fig. 1b

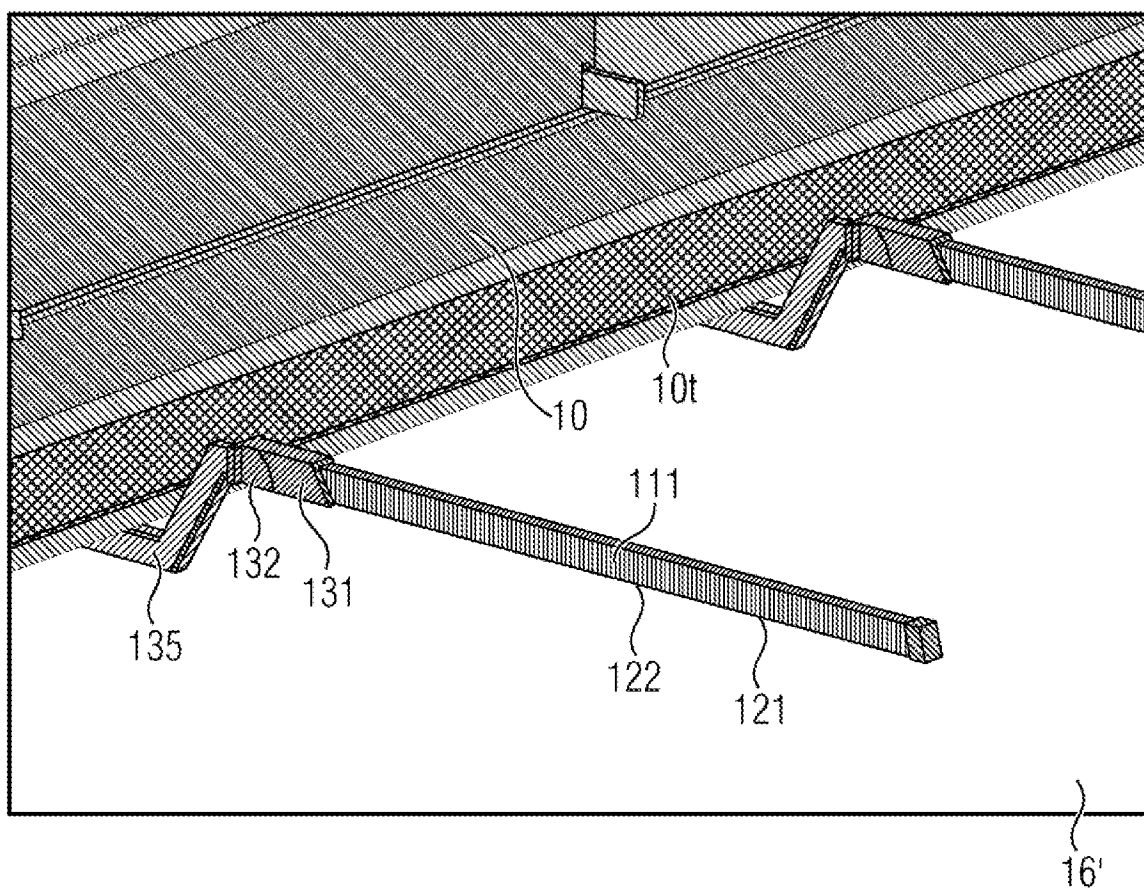
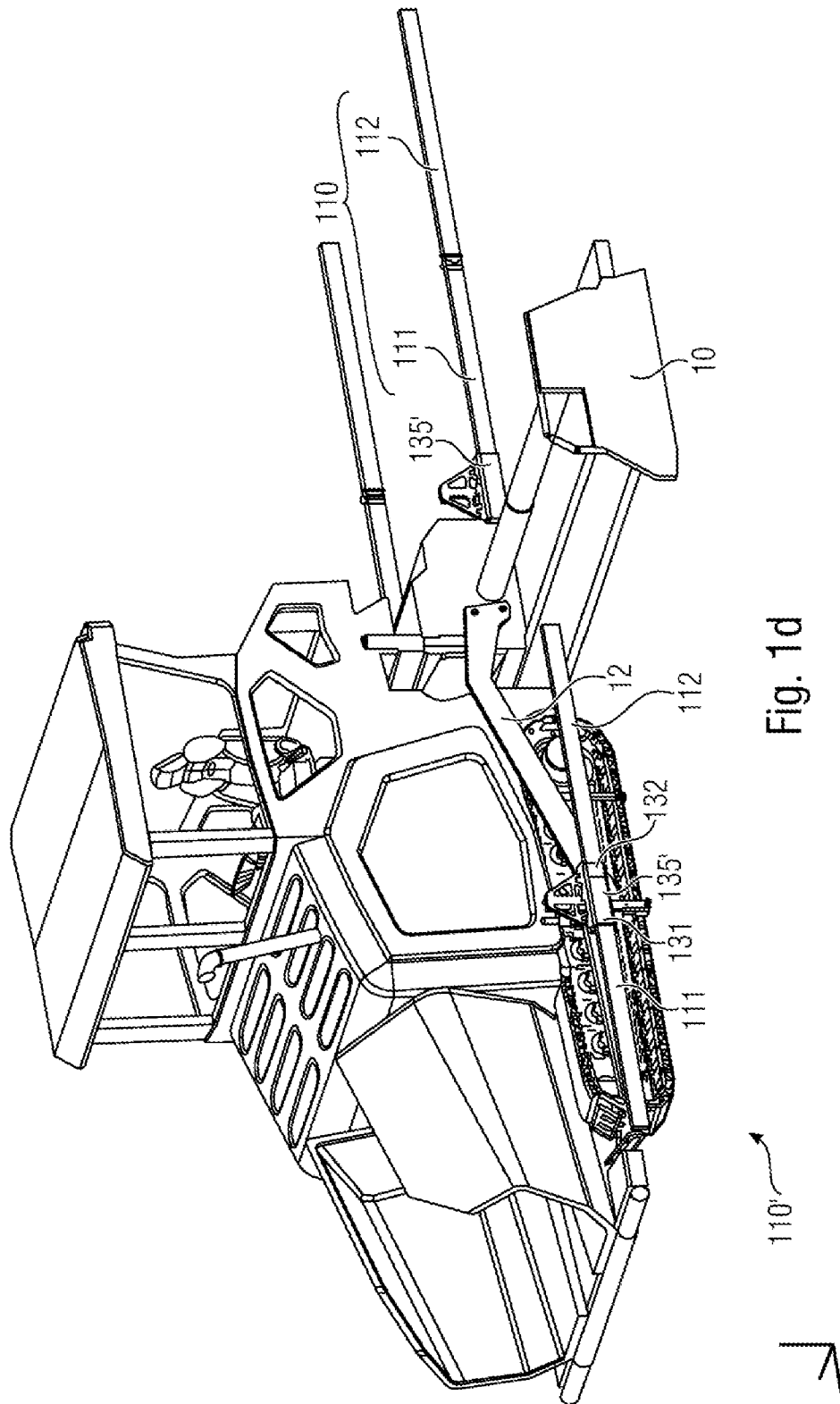


Fig. 1c



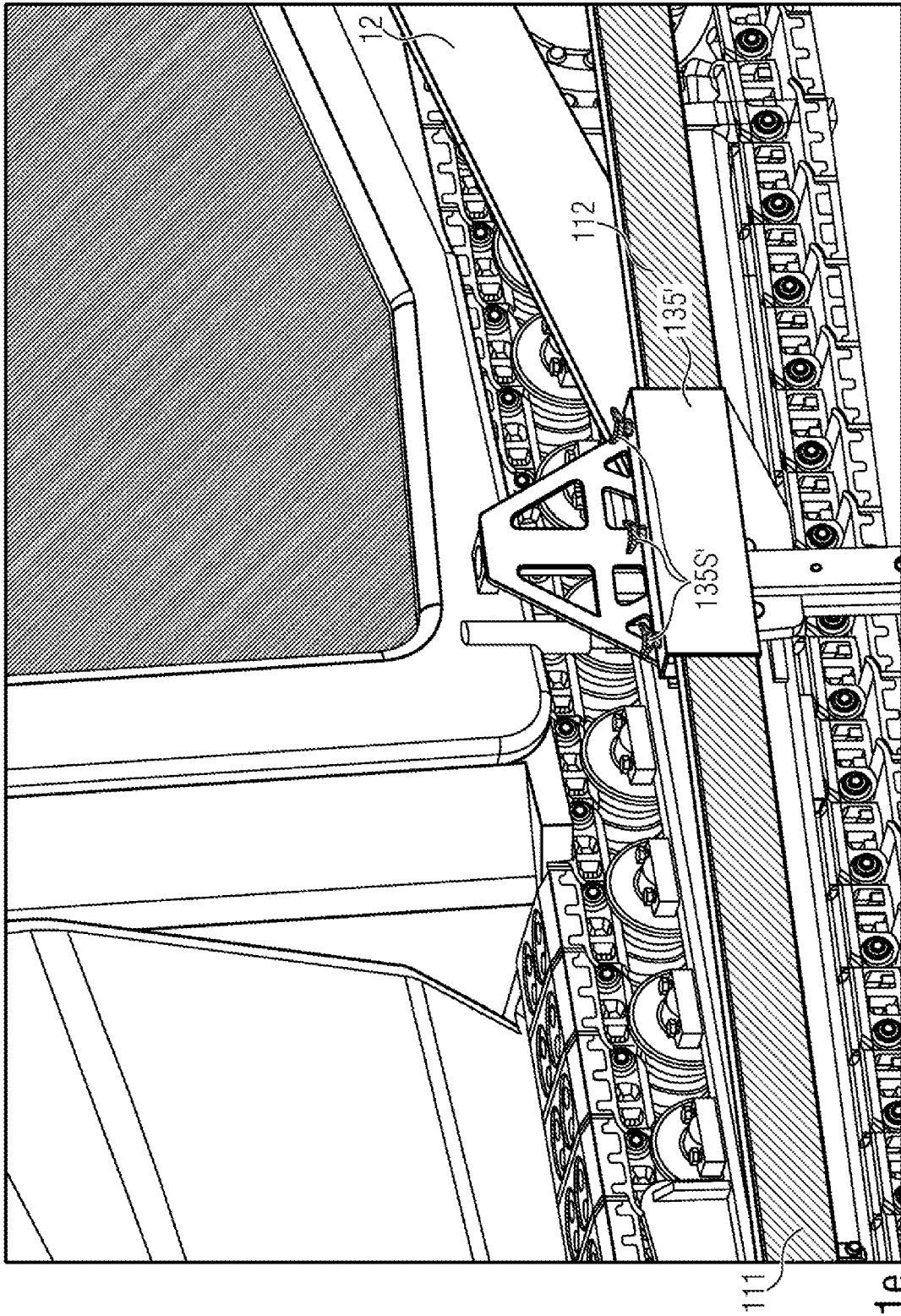


Fig. 1e

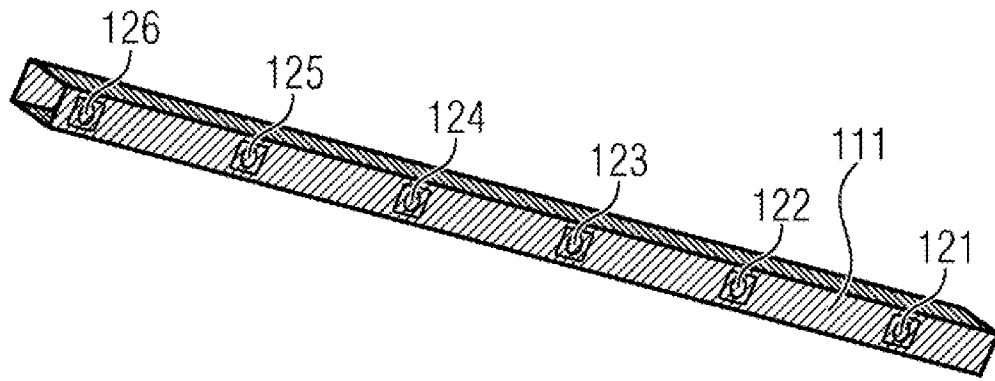


Fig. 1f

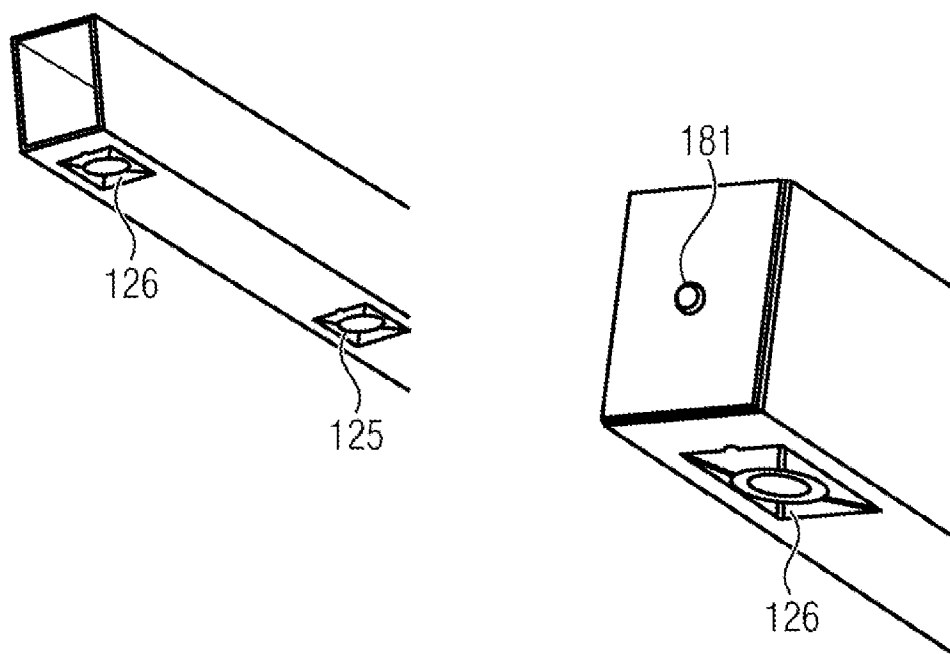


Fig. 1g

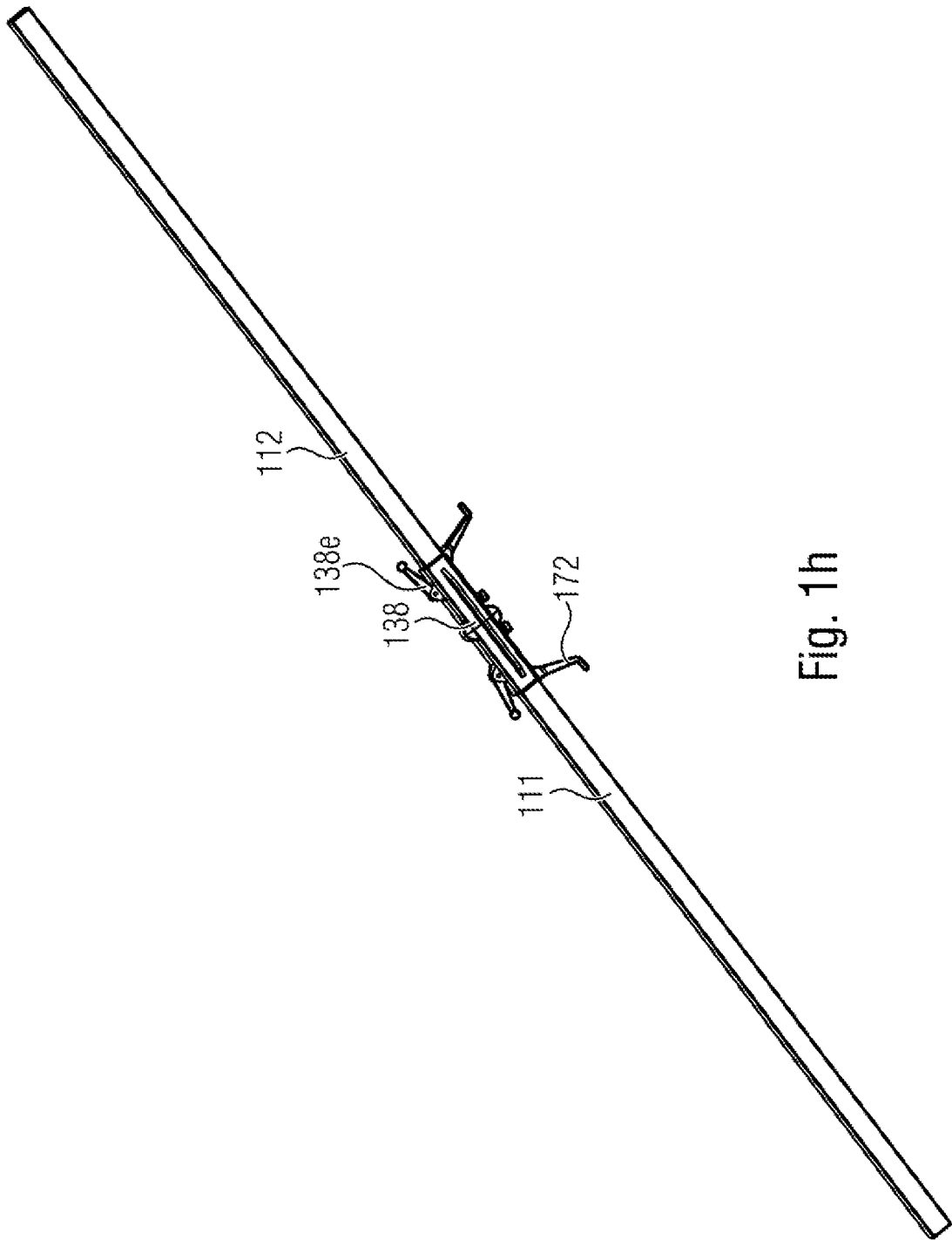


Fig. 1h

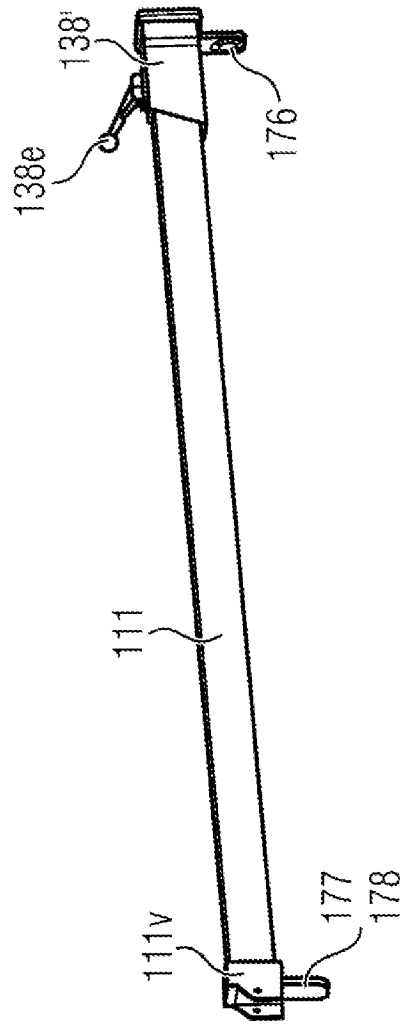


Fig. 1i

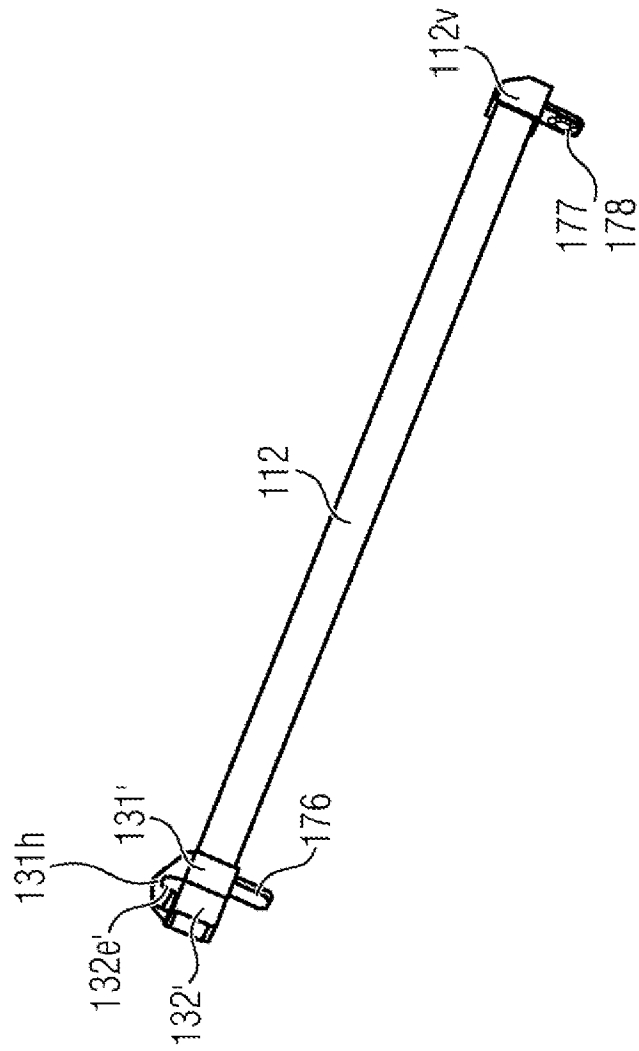


Fig. 1j

Sistema de medición con 6 cabezales de sensores
dispuestos a la misma distancia entre sí

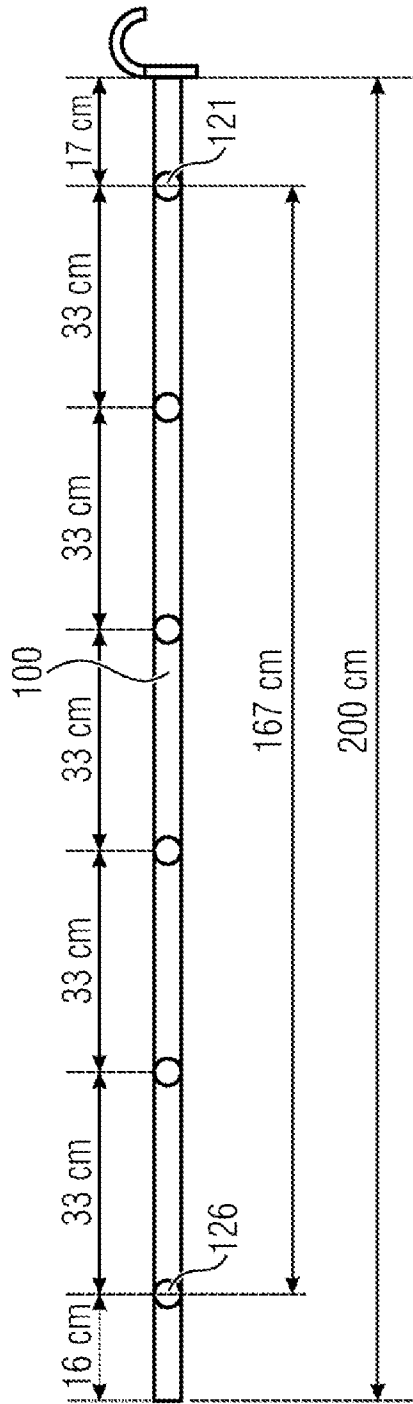


Fig. 1k

Sistema de medición con 5 cabezales de sensores
dispuestos a la misma distancia entre sí

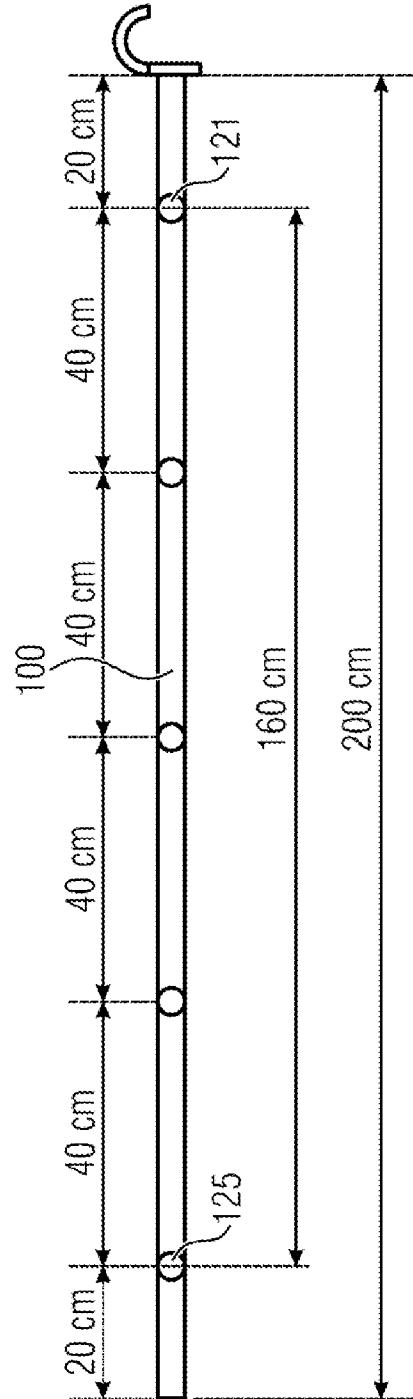


Fig. 1l

Sistema de medición con 5 cabezales de sensores
dispuestos a diferentes distancias entre sí

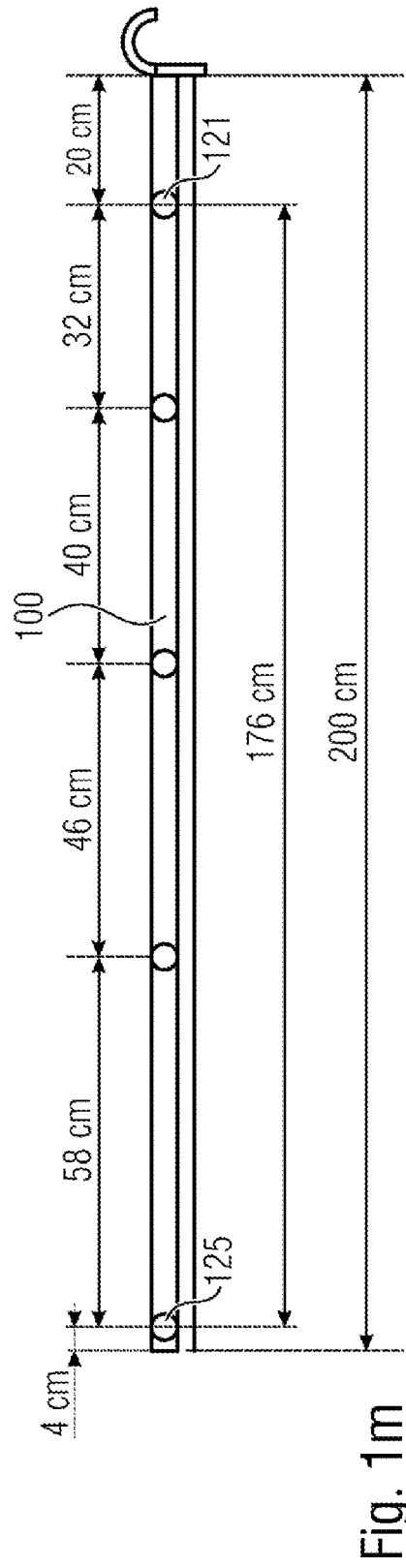


Fig. 1m

Sistema de medición con 5 cabezales de sensores
dispuestos a la misma distancia entre sí

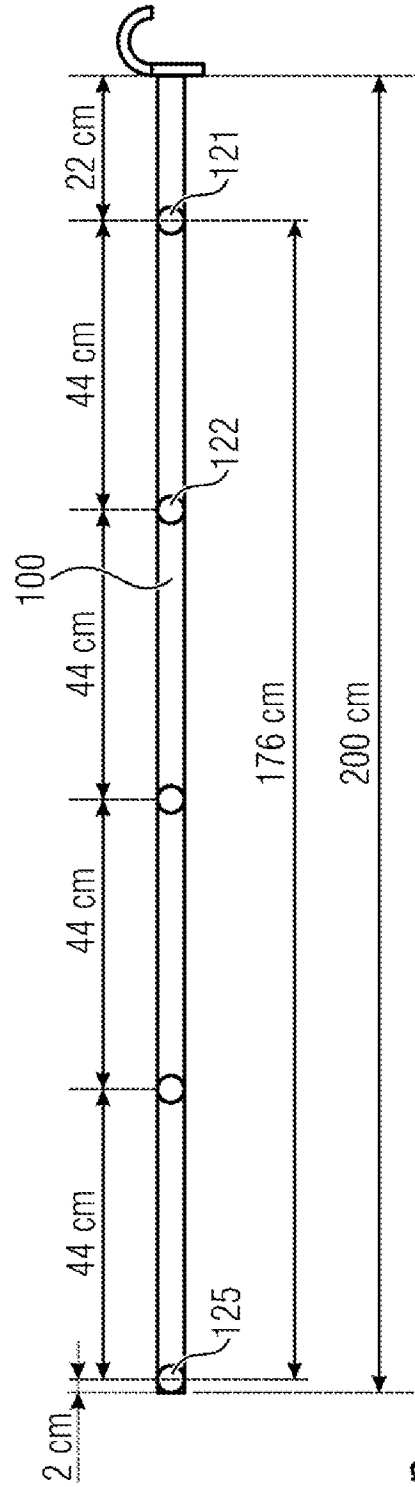


Fig. 1n

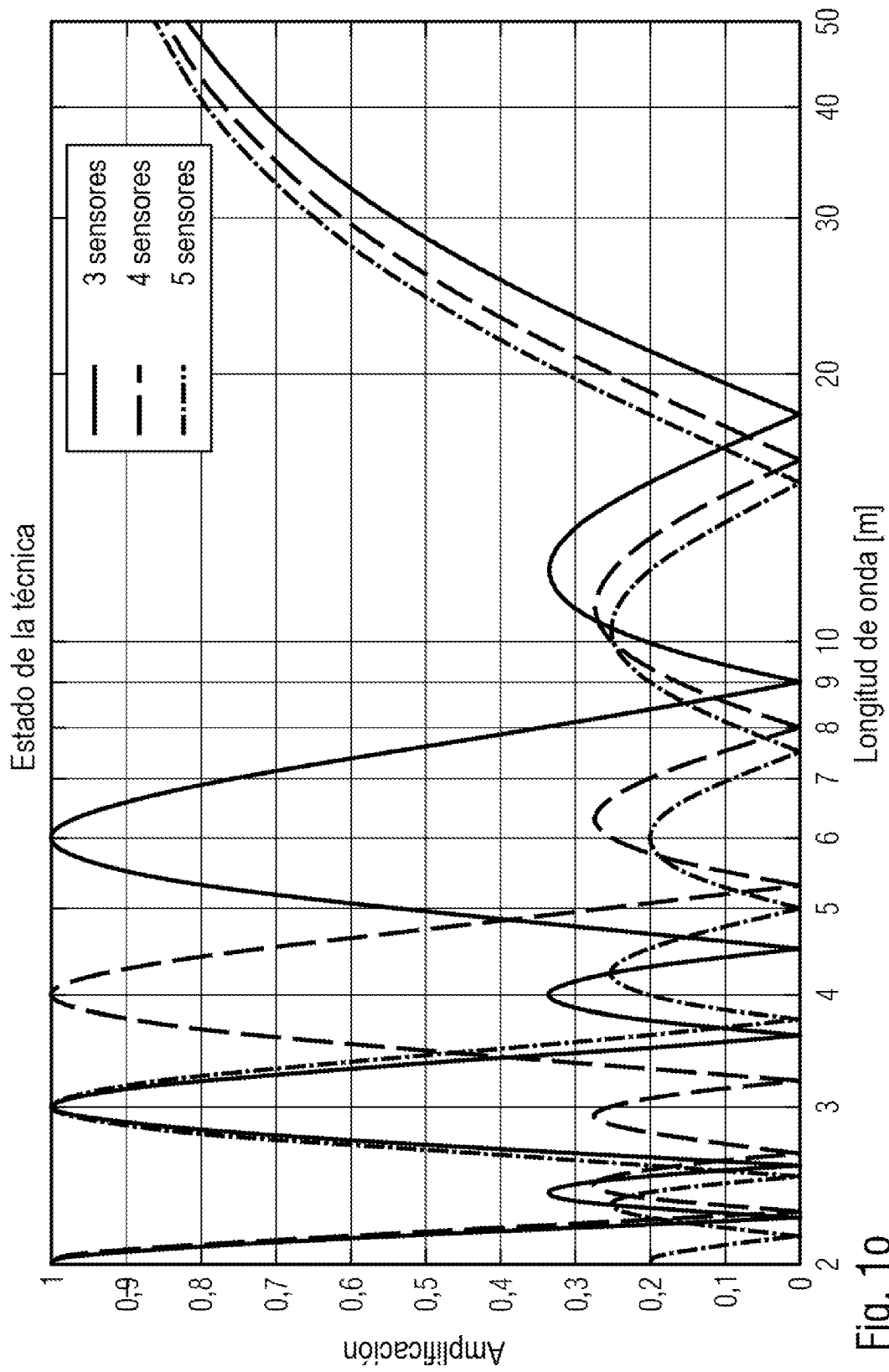
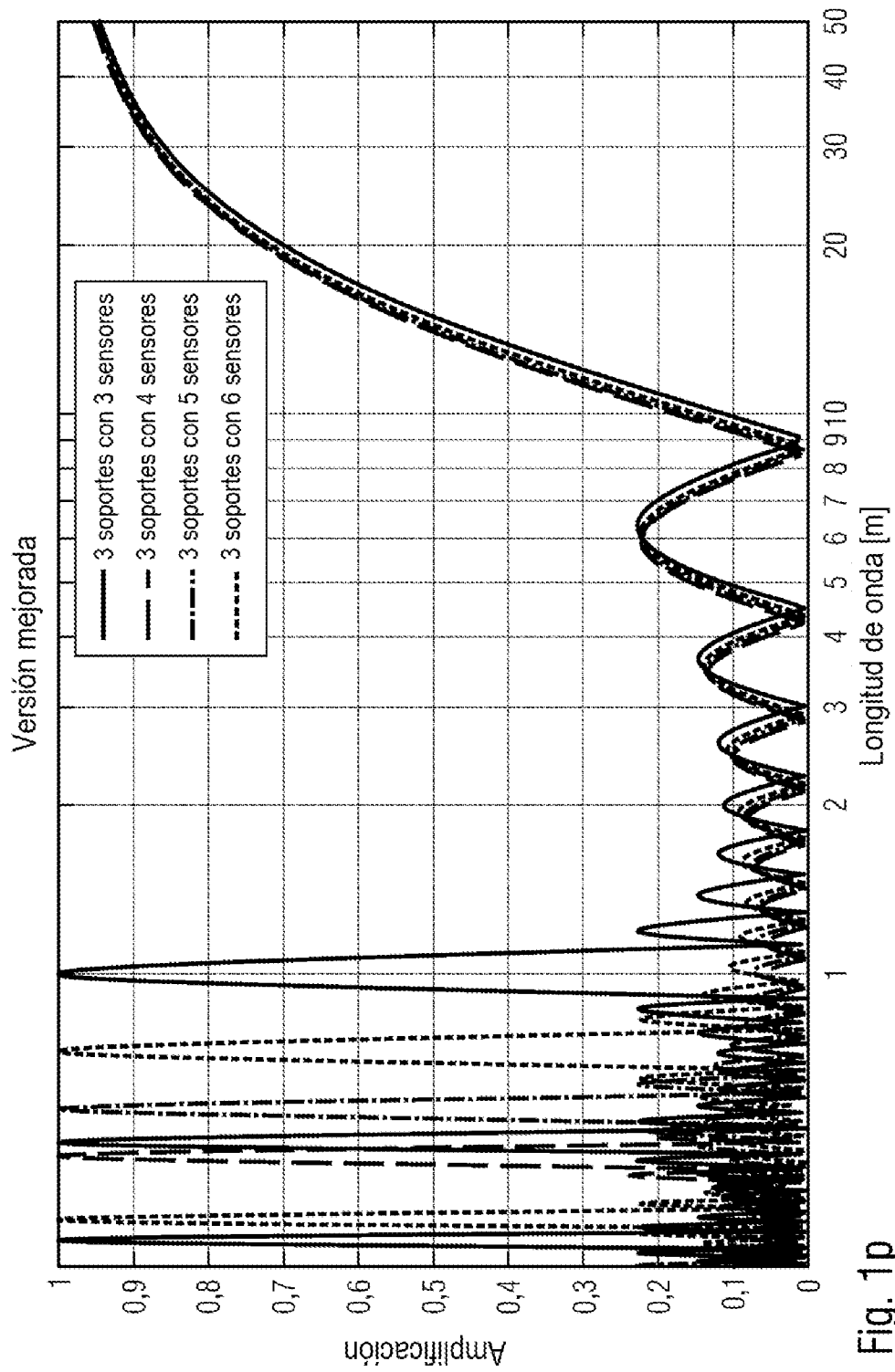


Fig. 10



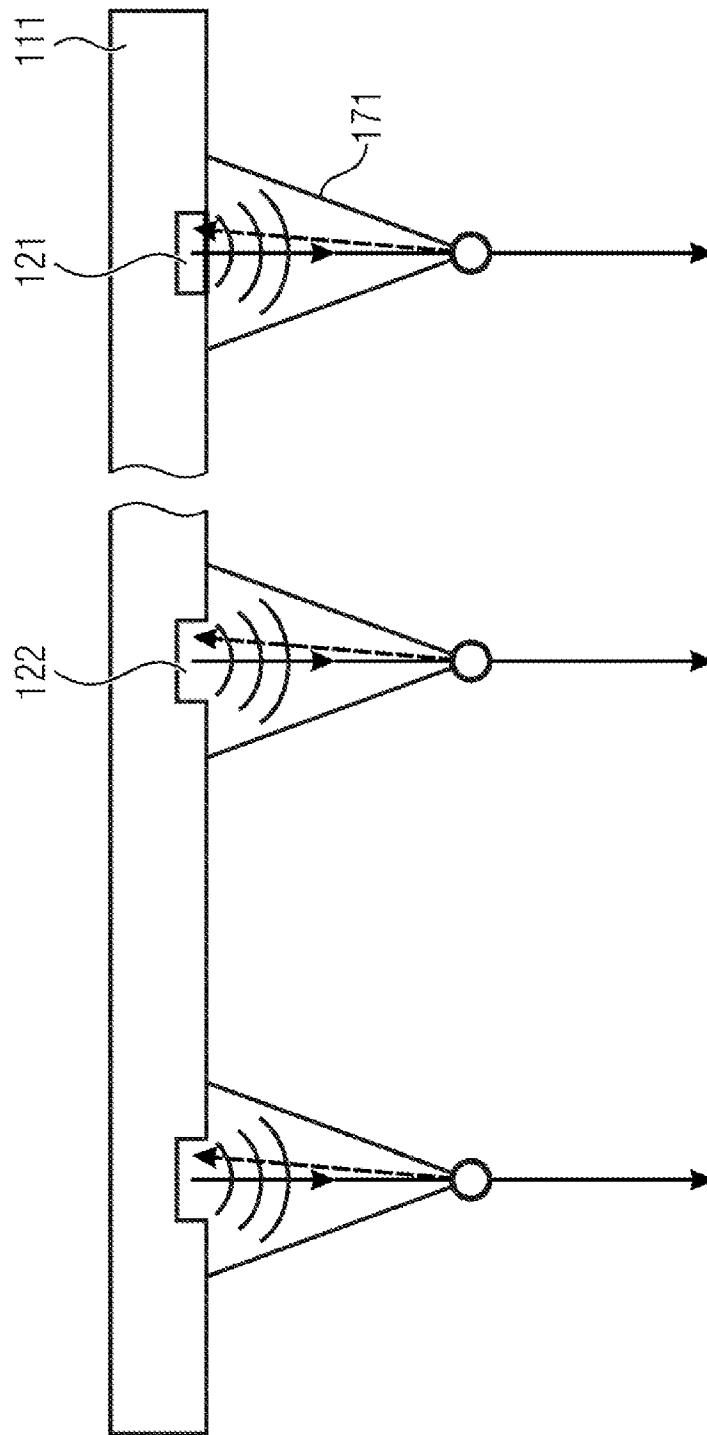


Fig. 1q

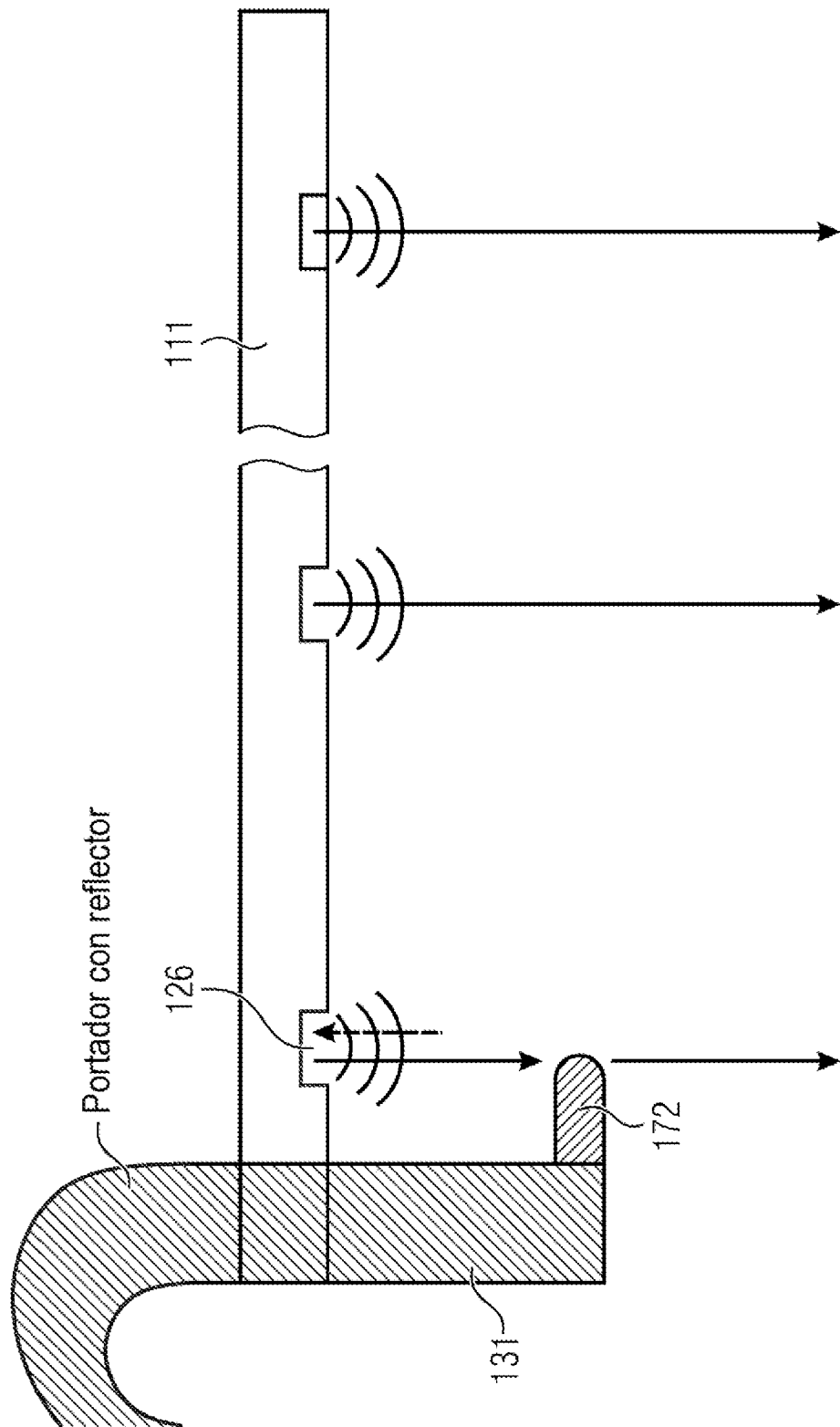


Fig. 1r

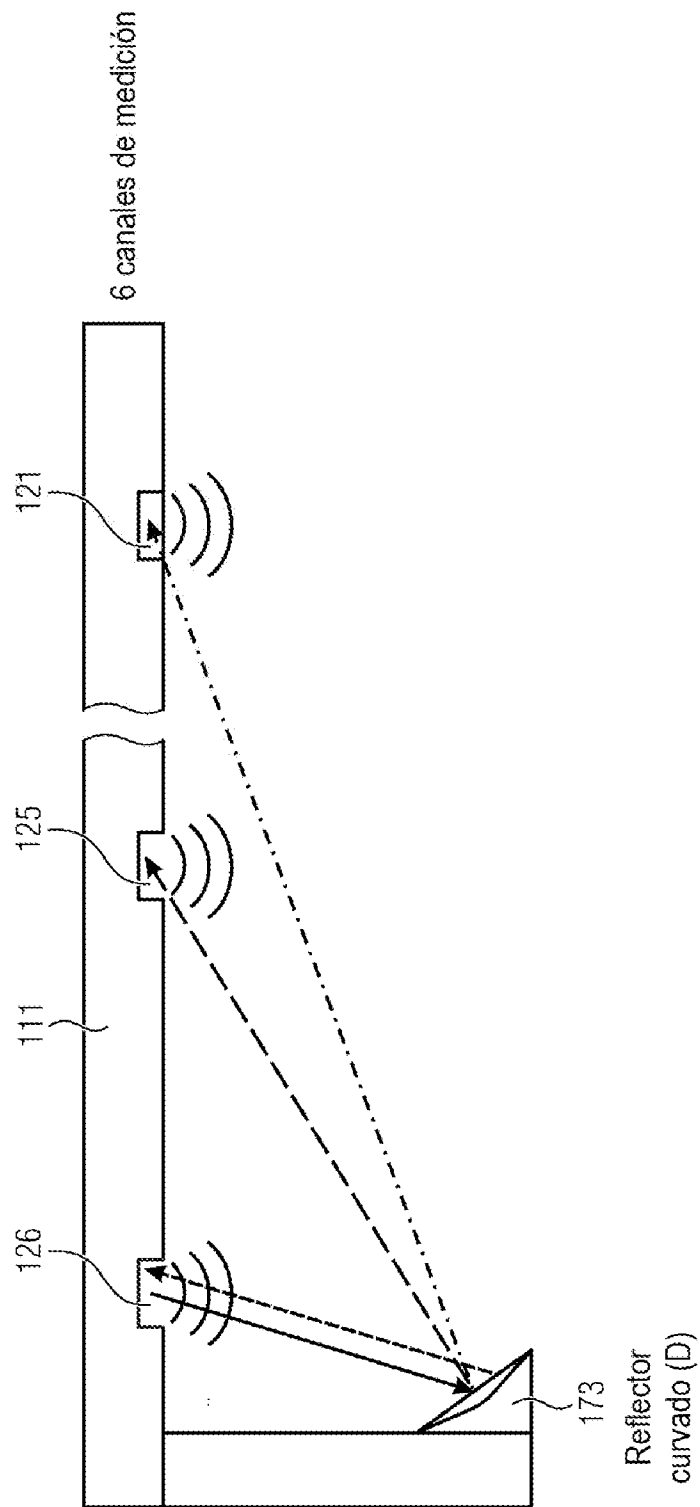


Fig. 1s

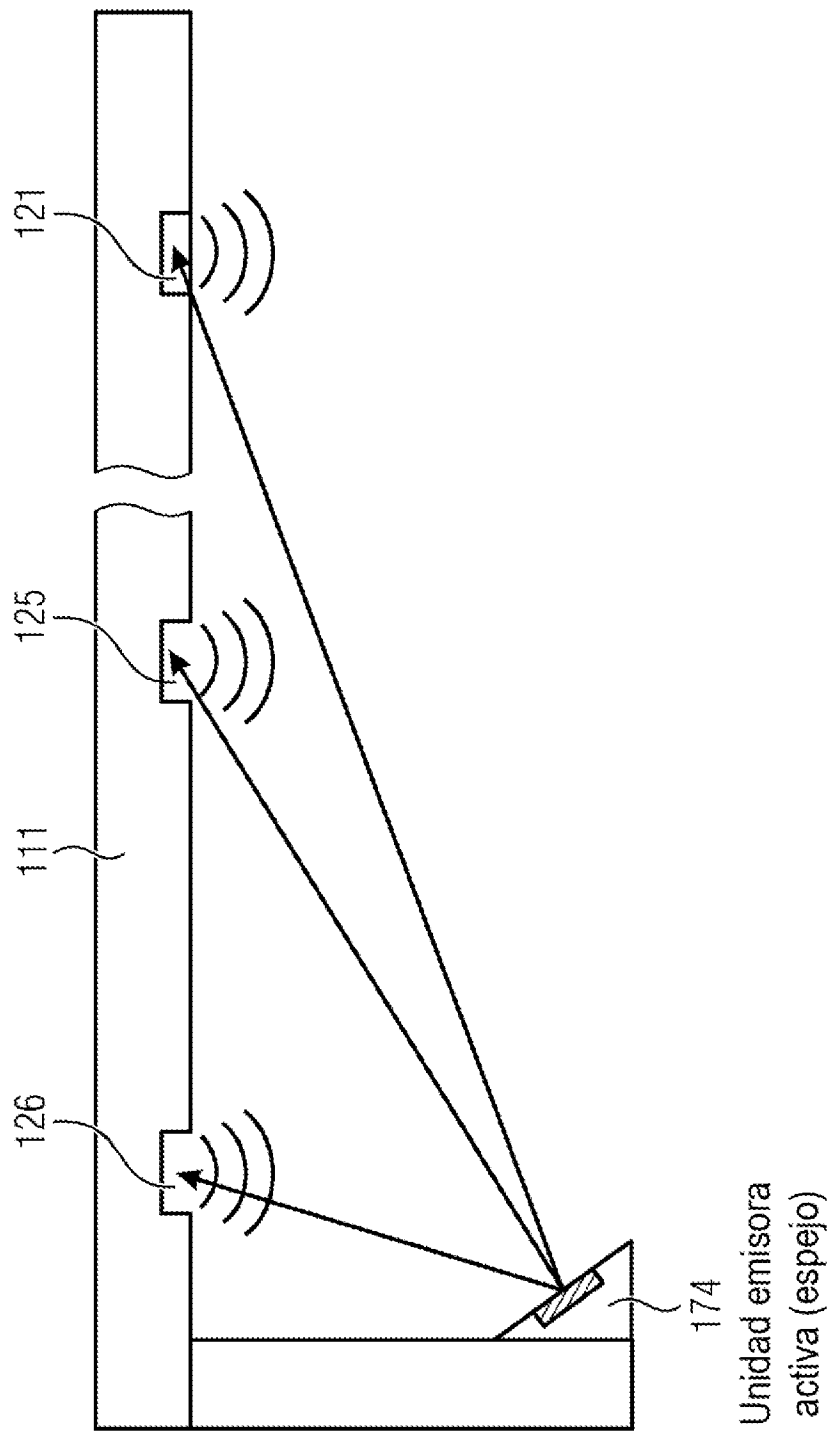


Fig. 1t

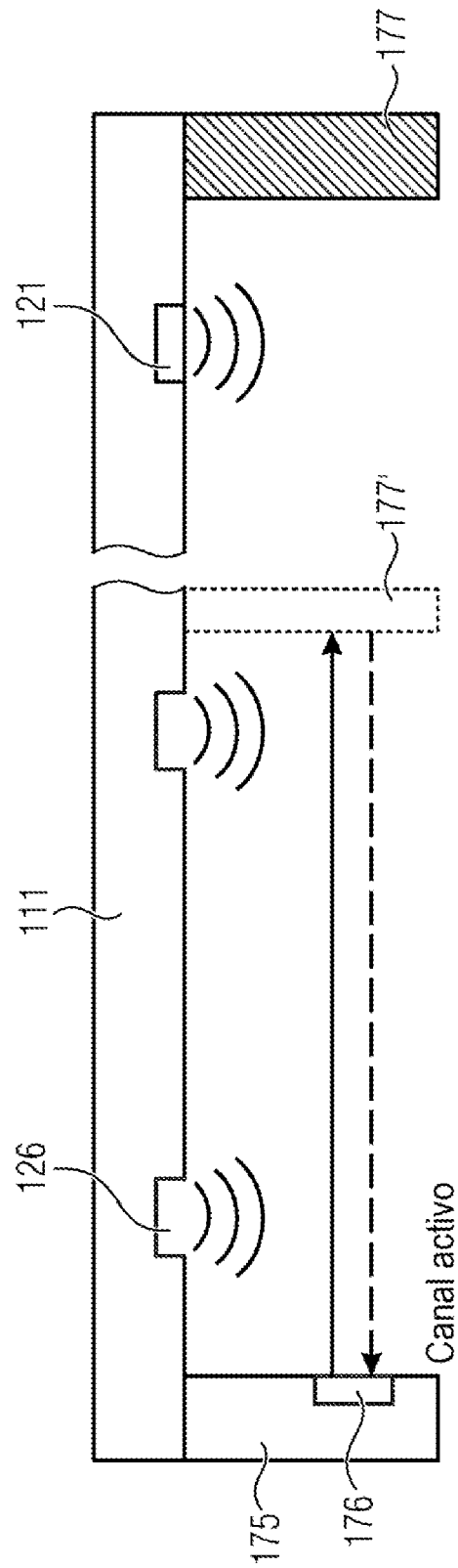


Fig. 1u

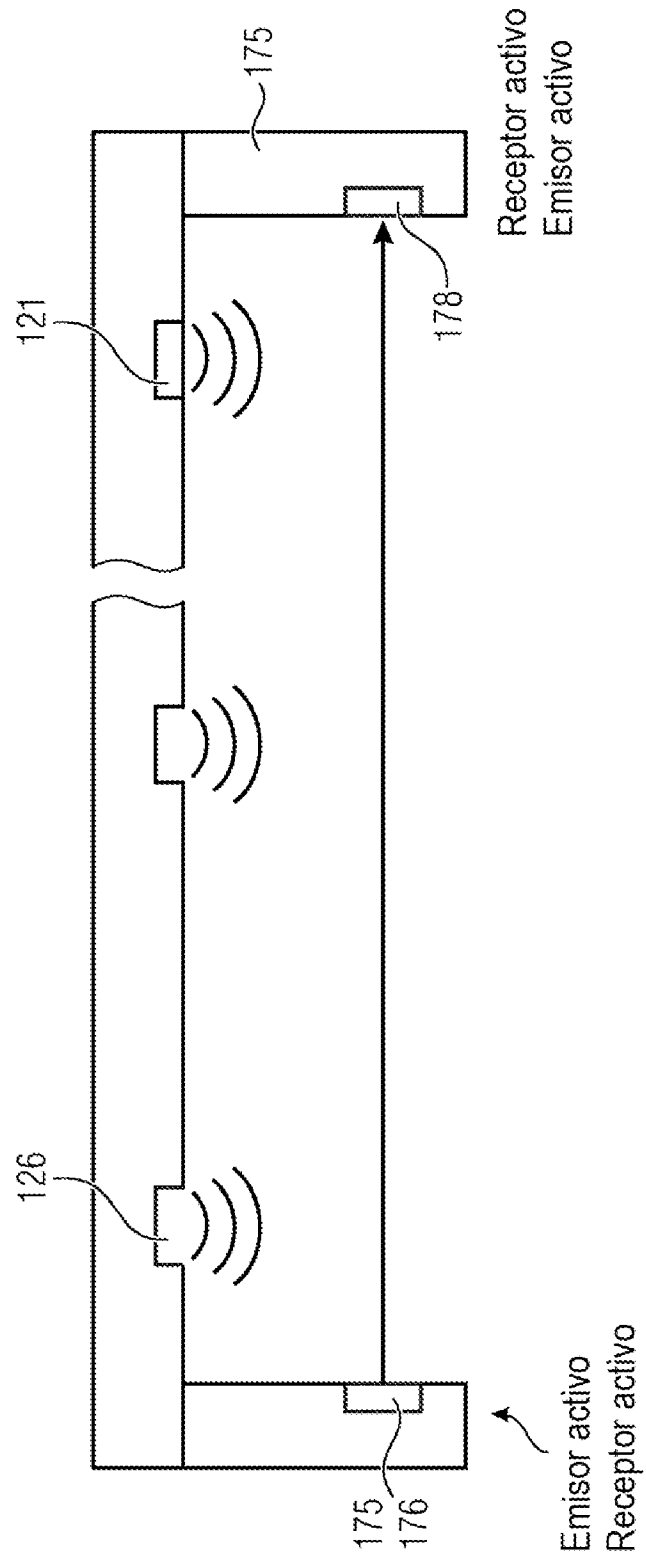


Fig. 1v

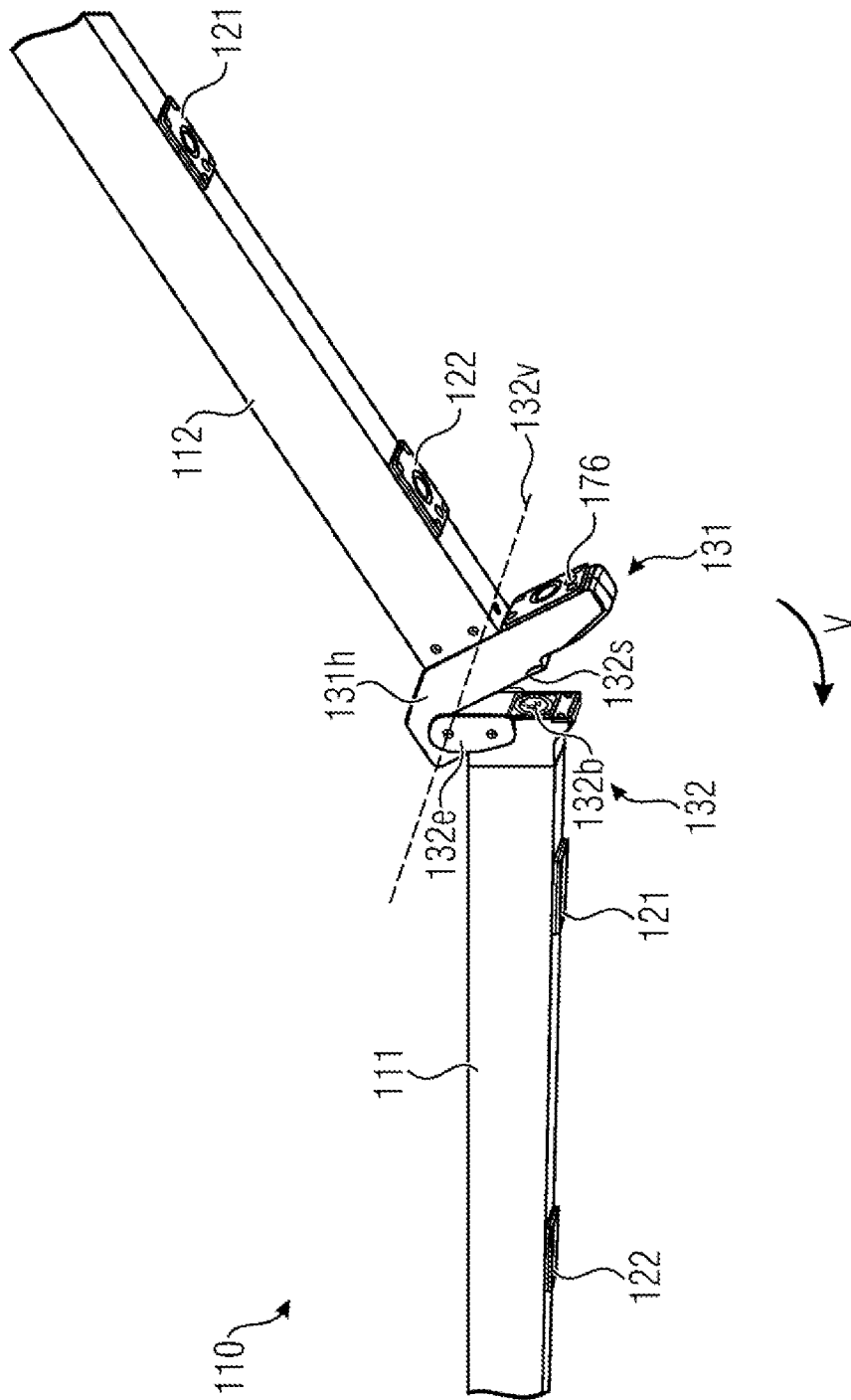


Fig. 1w

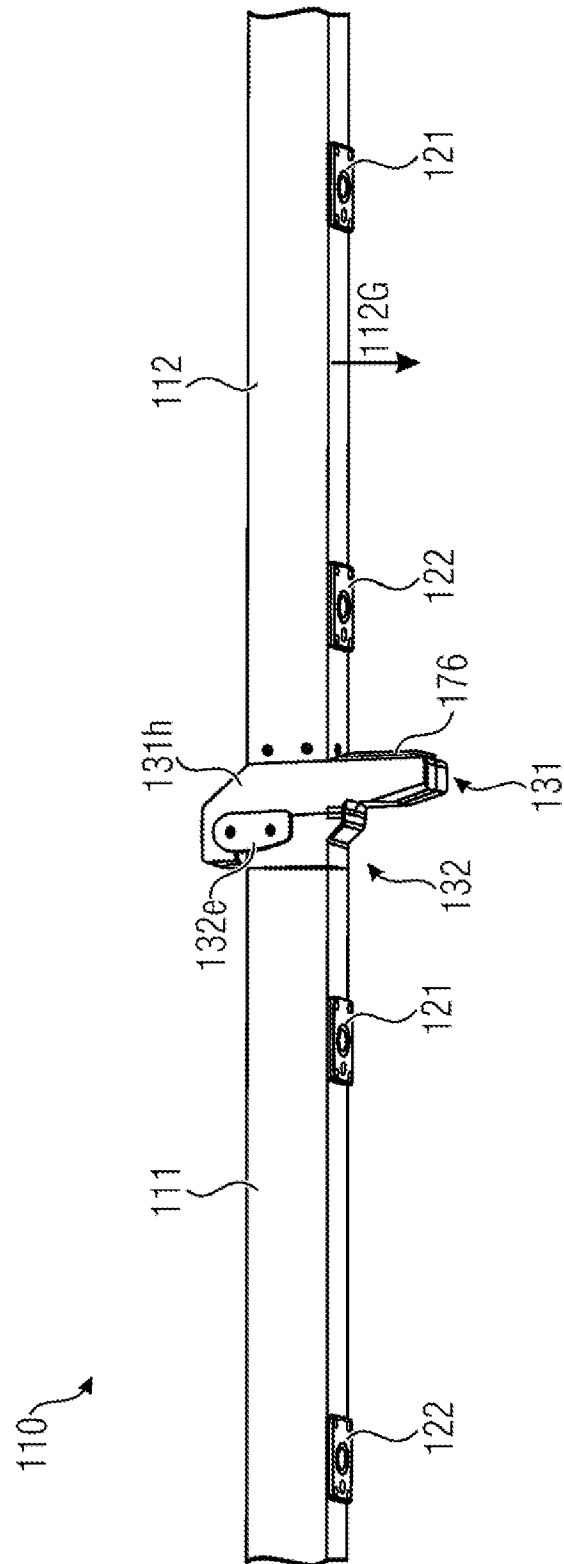


Fig. 1x

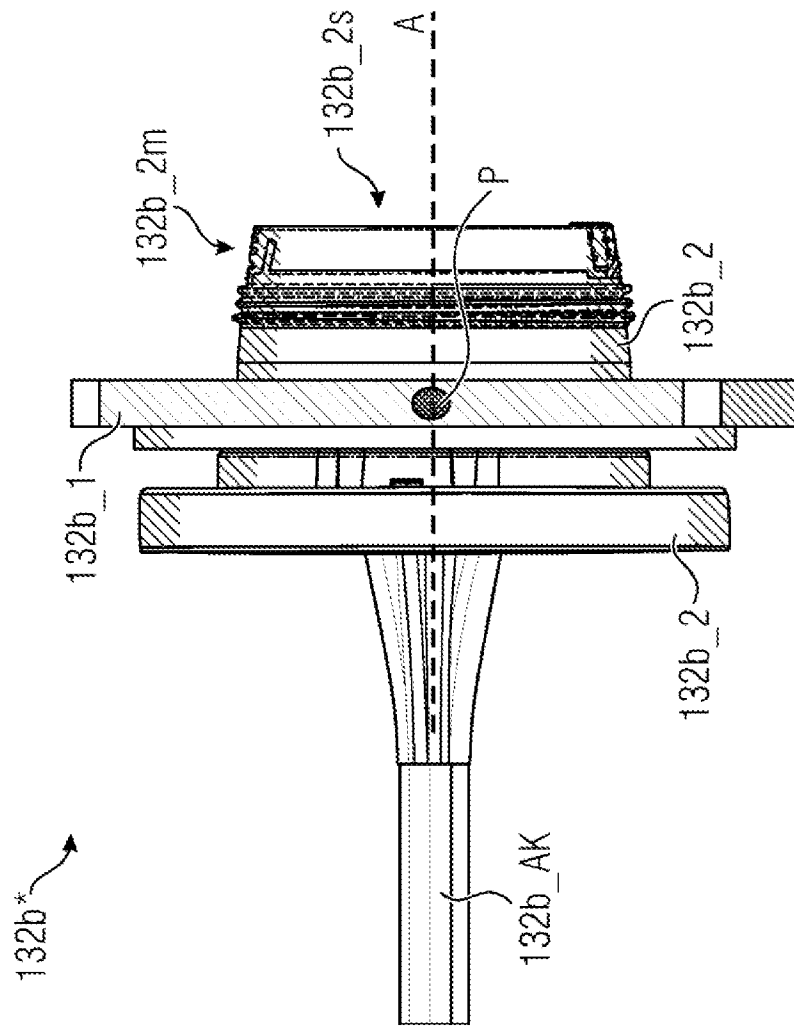


Fig. 1ya)

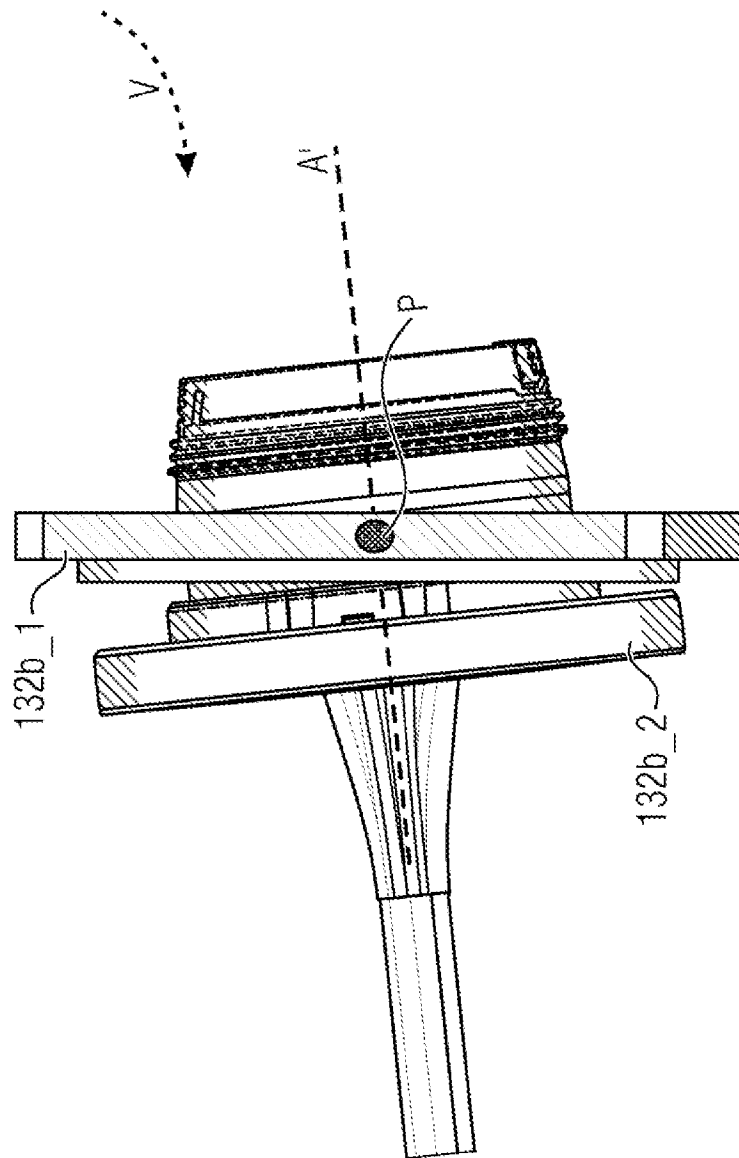


Fig. 1yb)

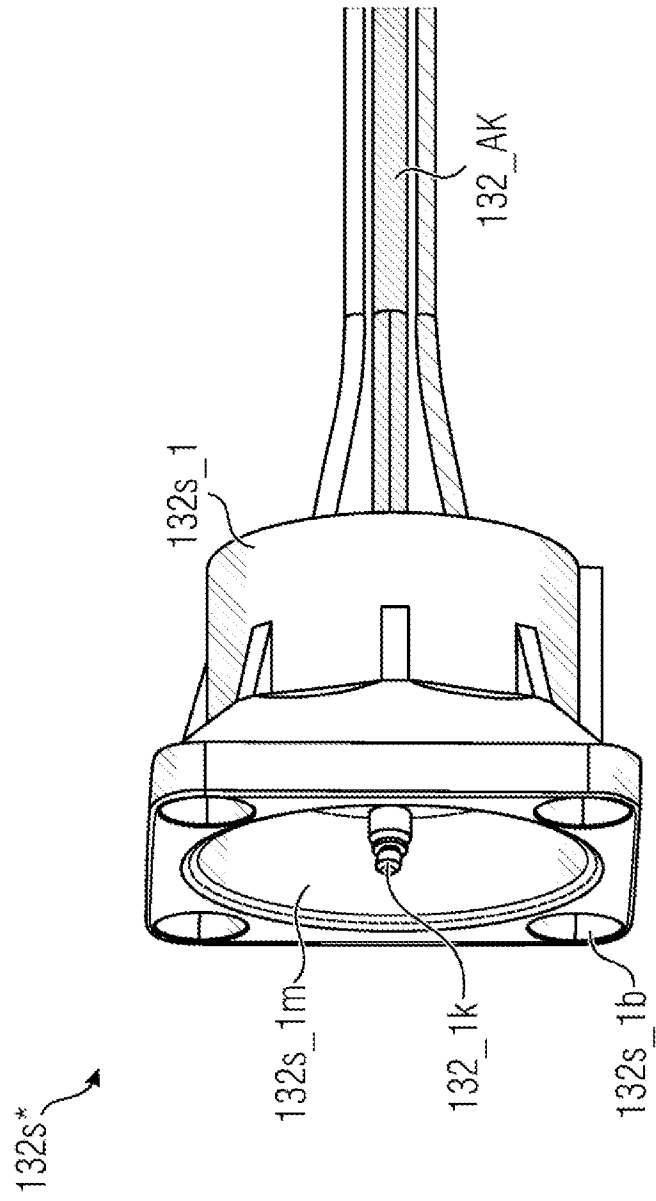


Fig. 1z

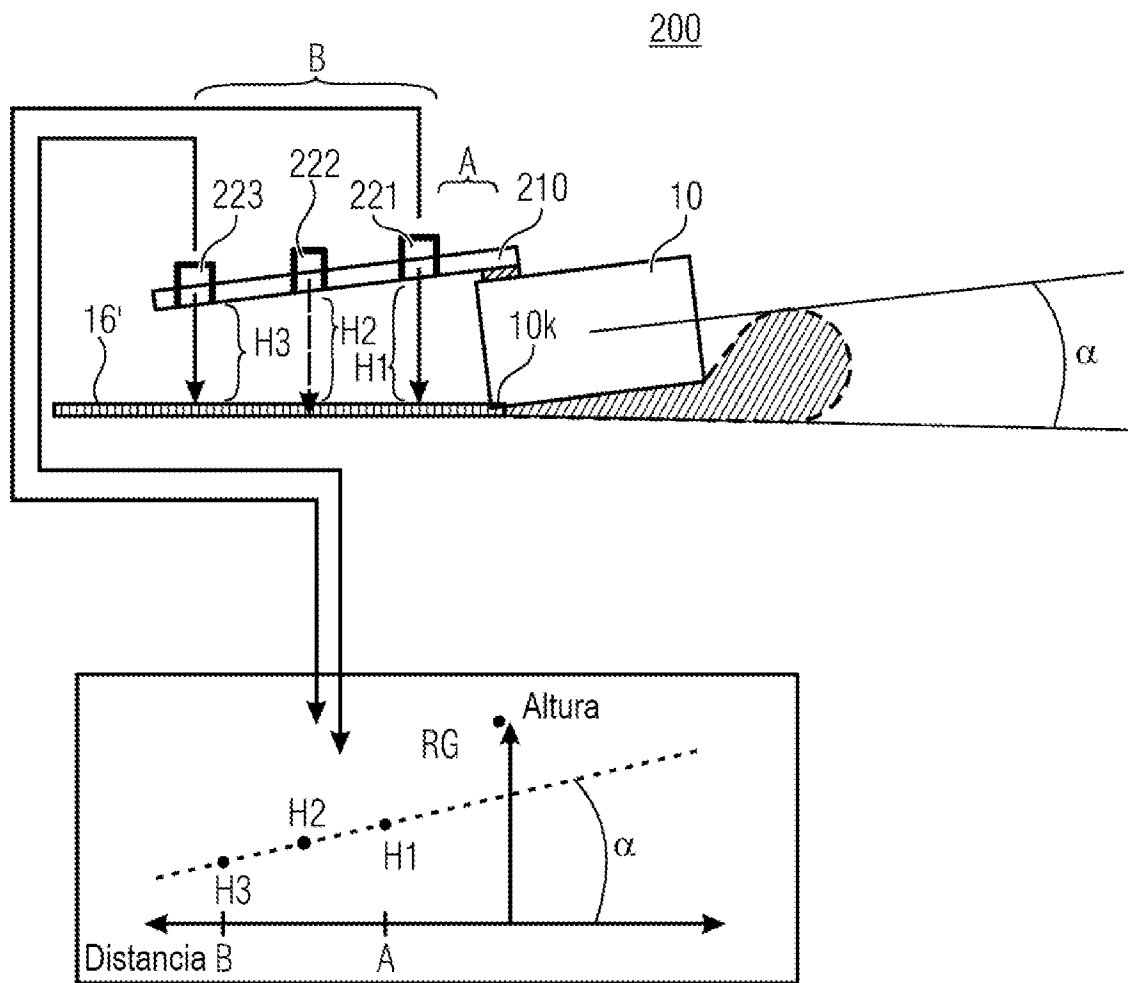


Fig. 2a

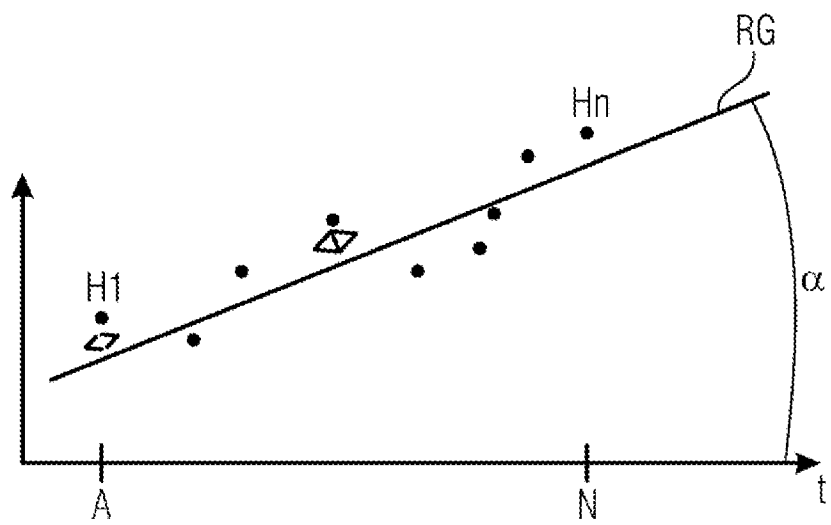


Fig. 2b

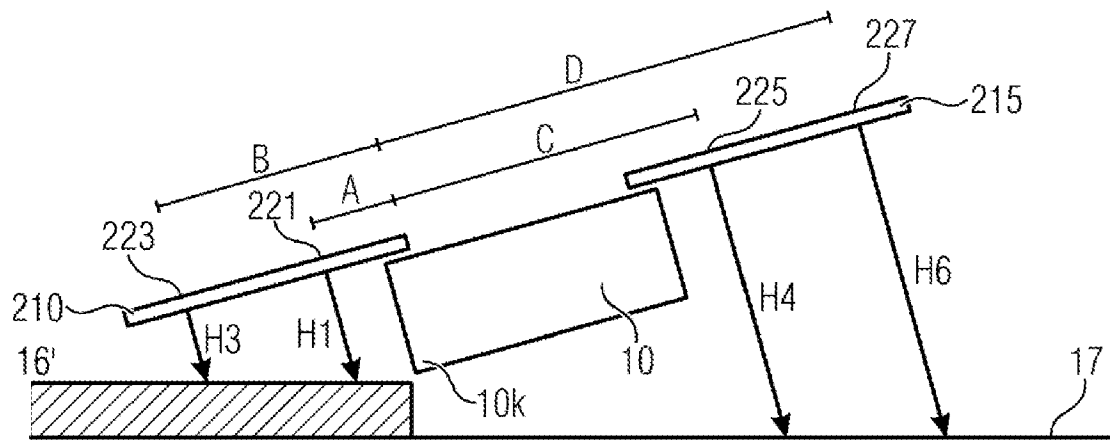


Fig. 2c

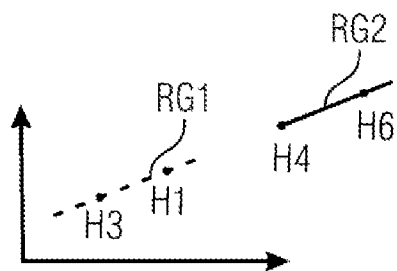


Fig. 2d

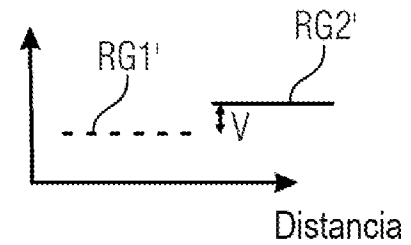
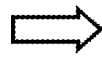


Fig. 2e

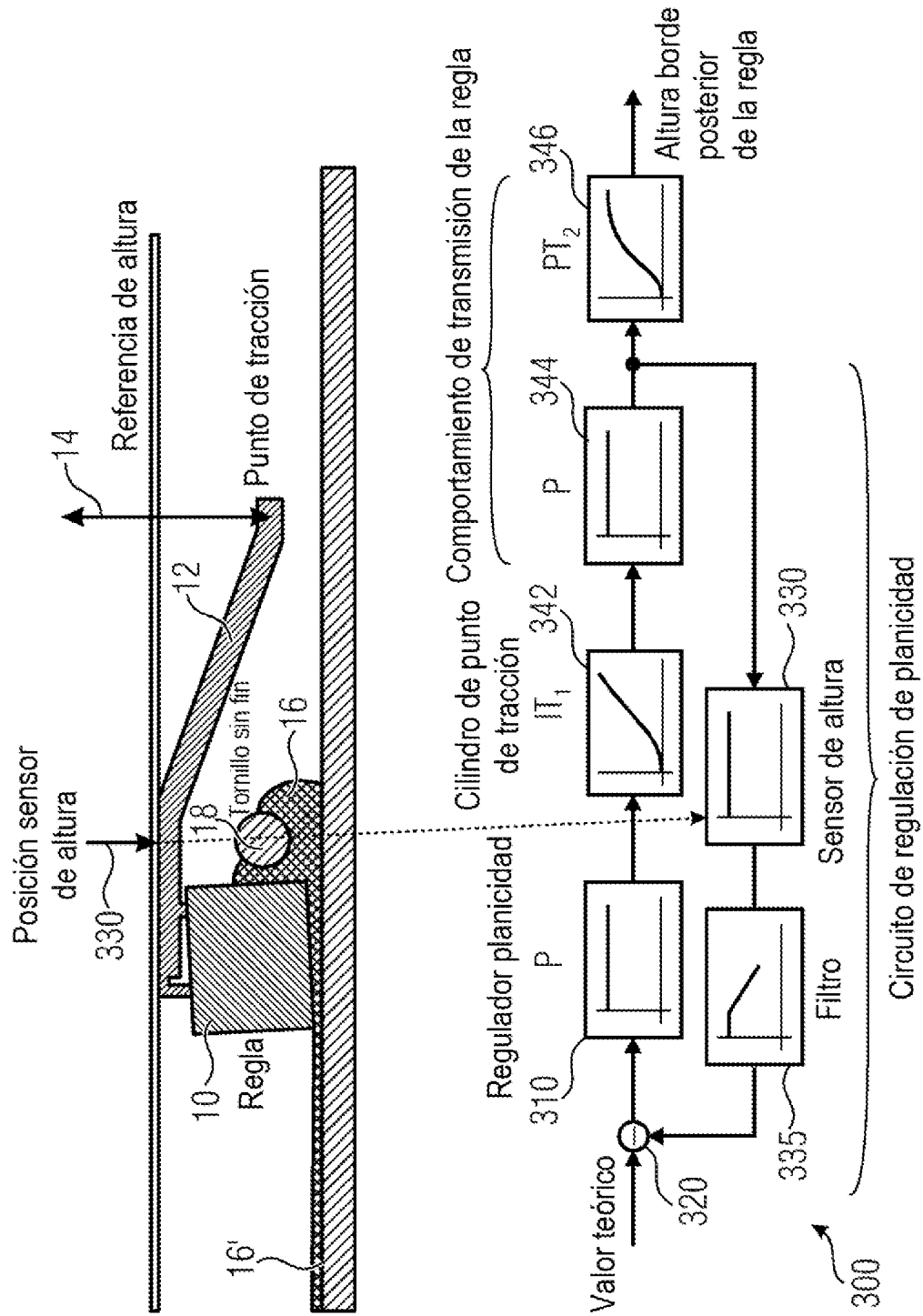
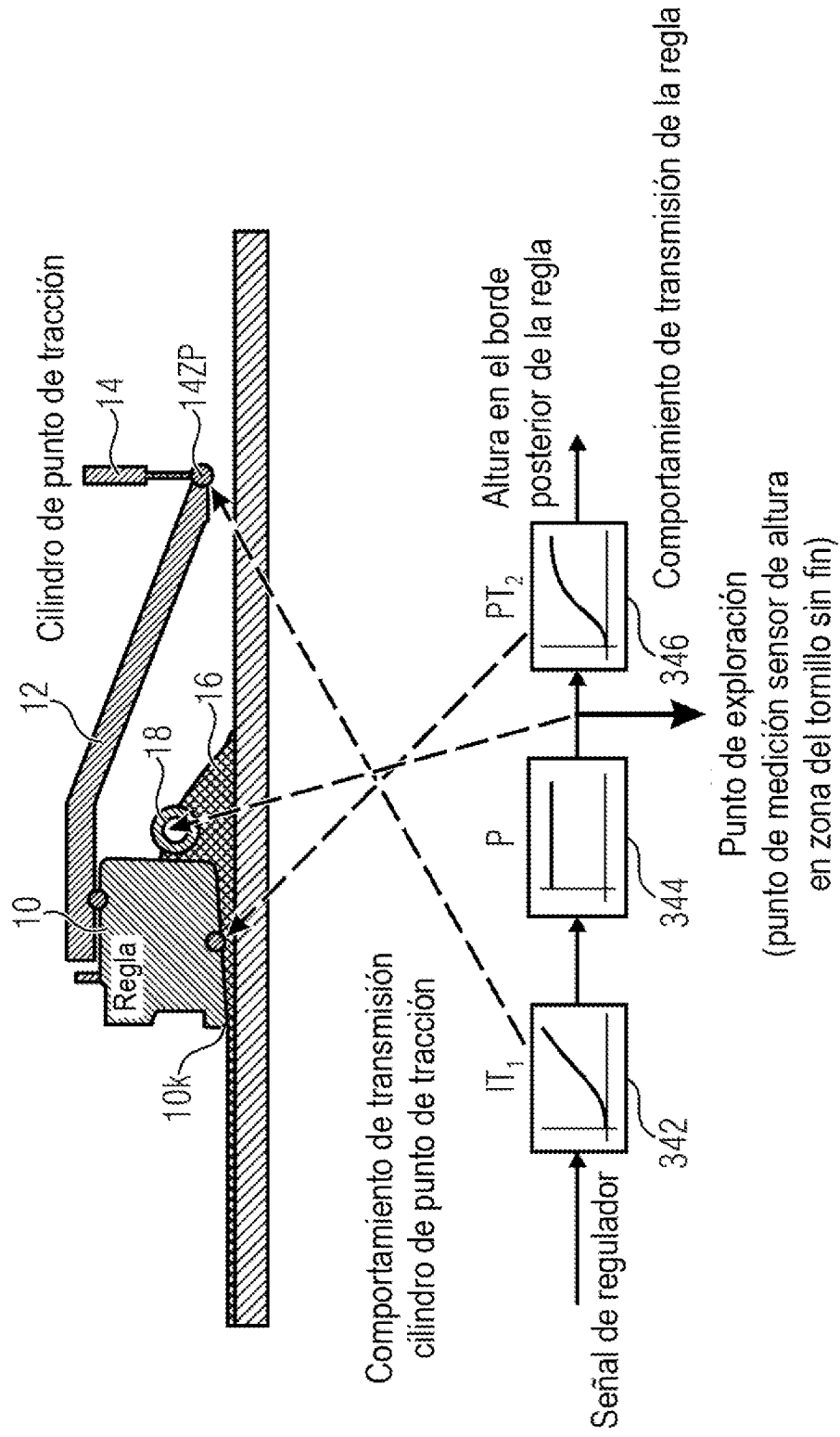


Fig. 3a



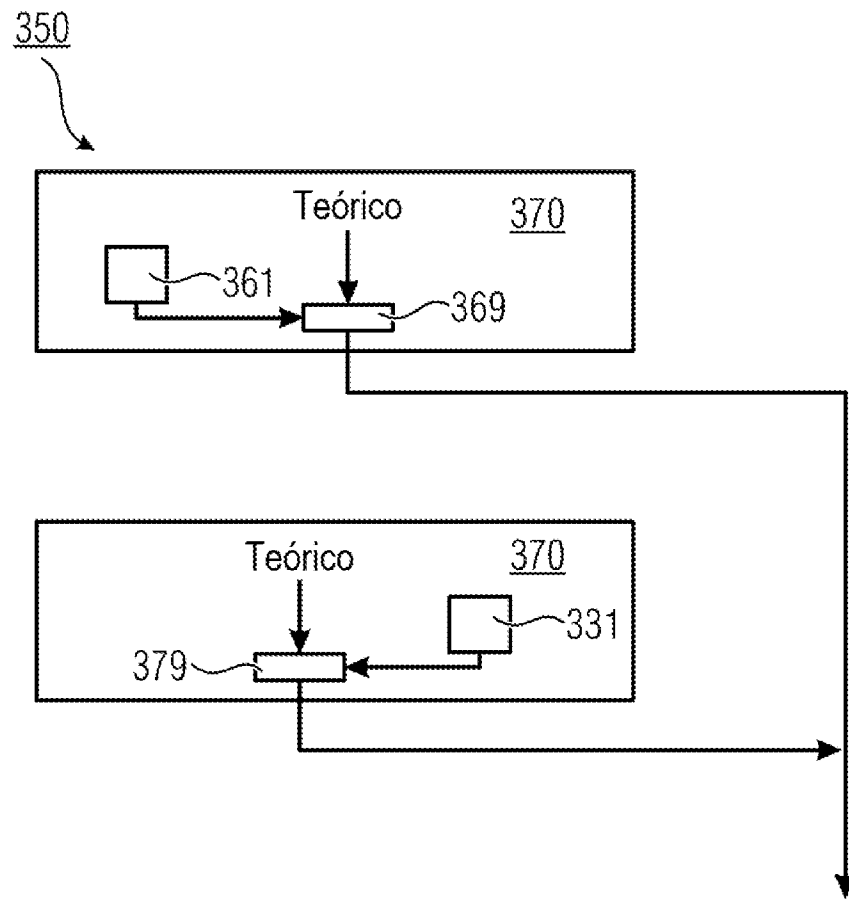
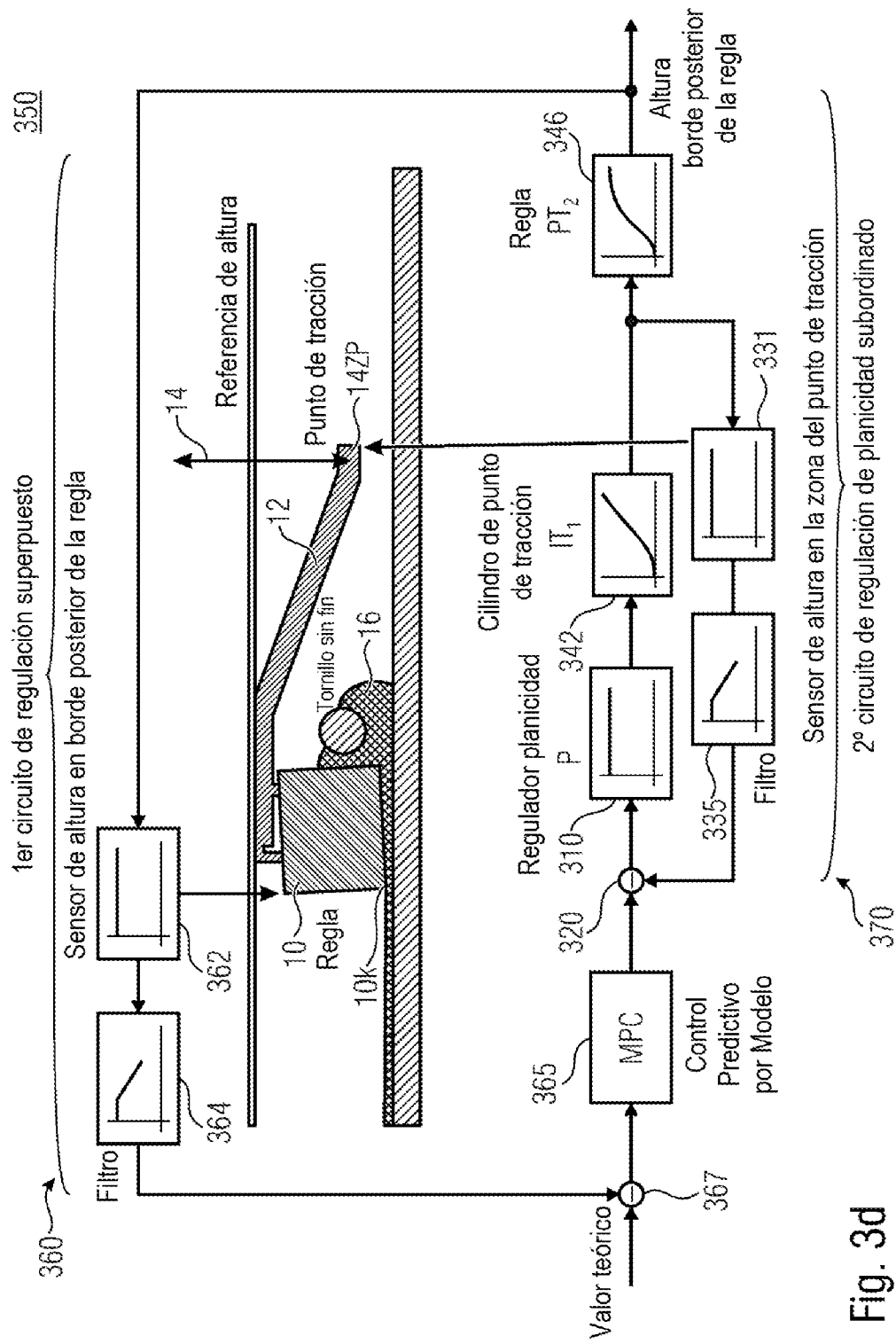


Fig. 3c



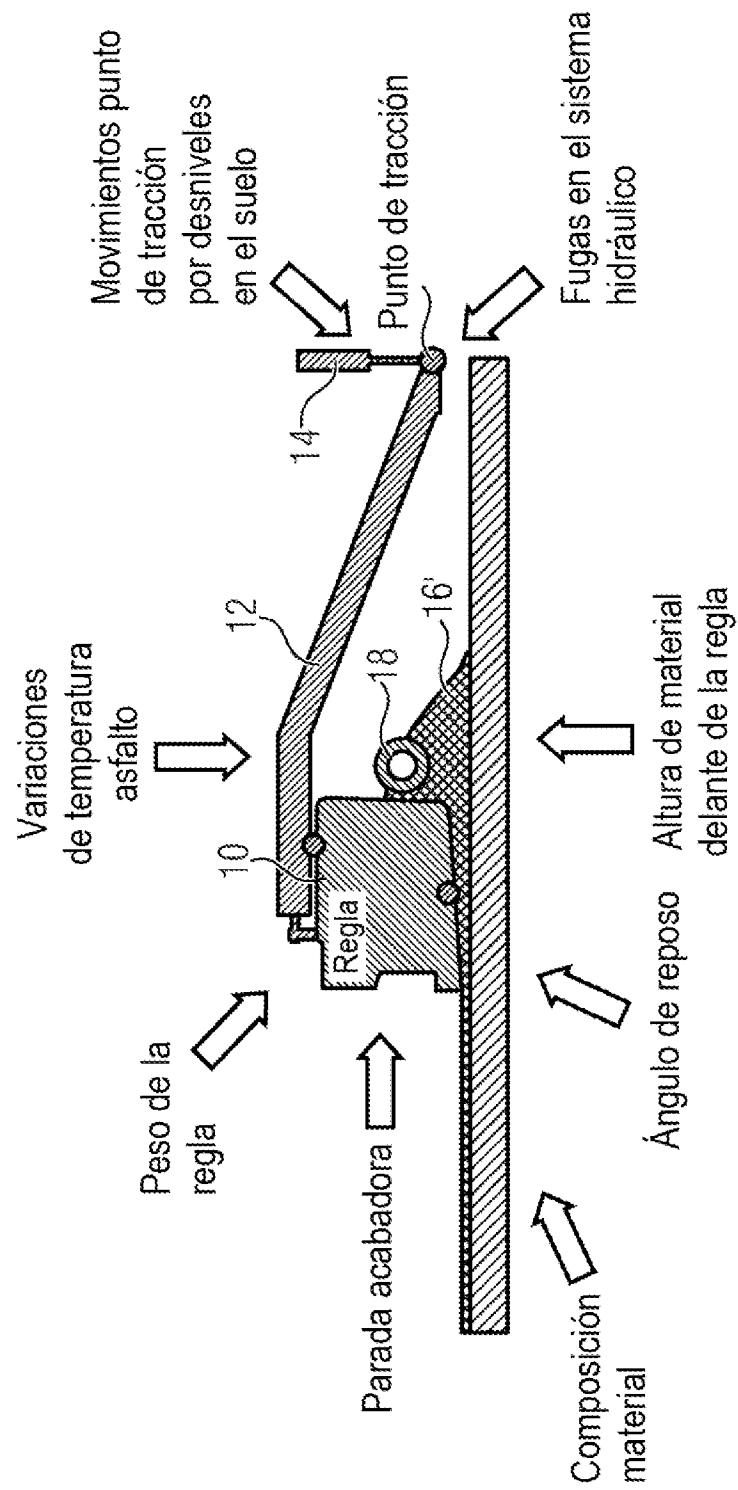


Fig. 3e

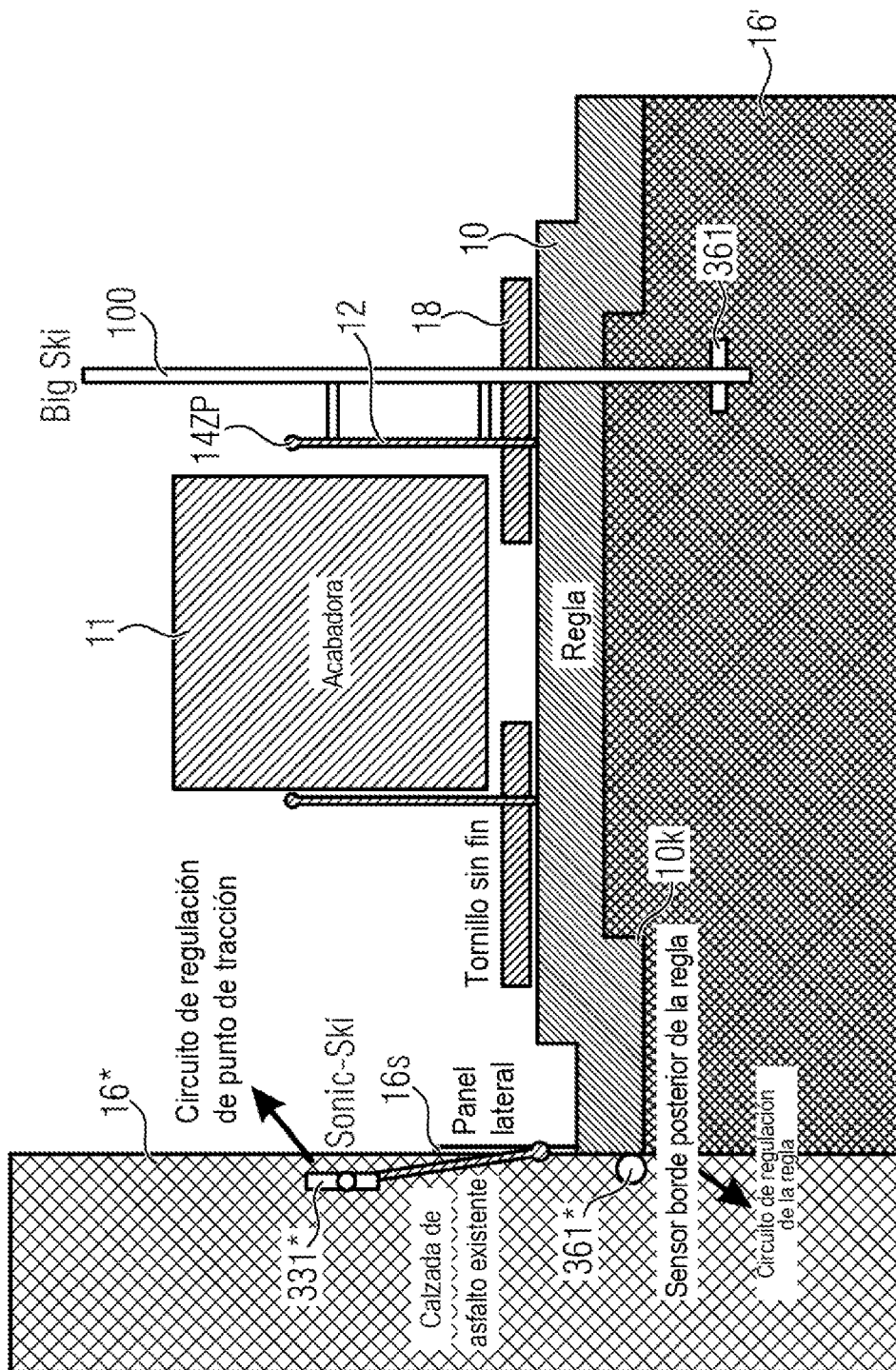
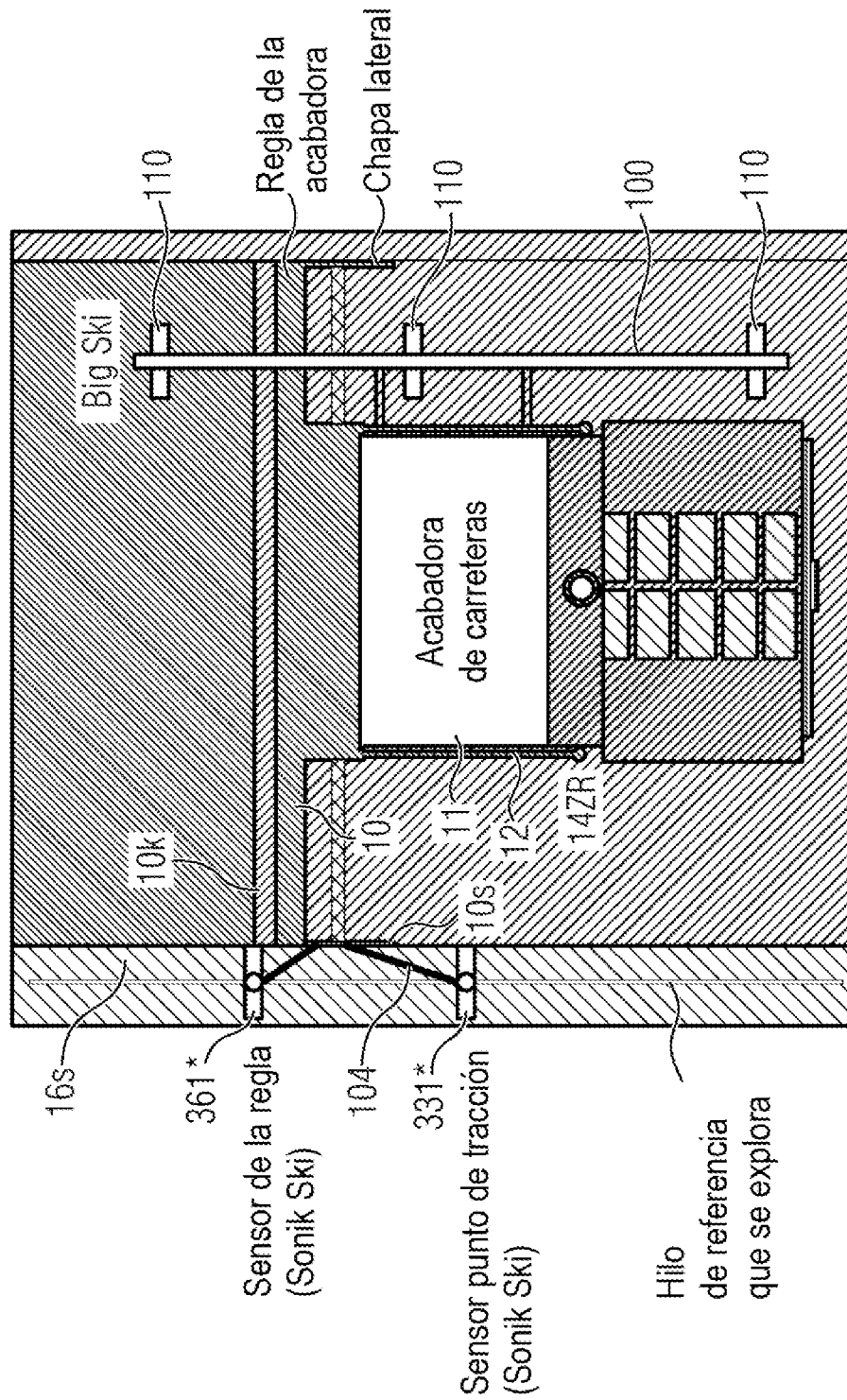


Fig. 3f

Fig. 39^x

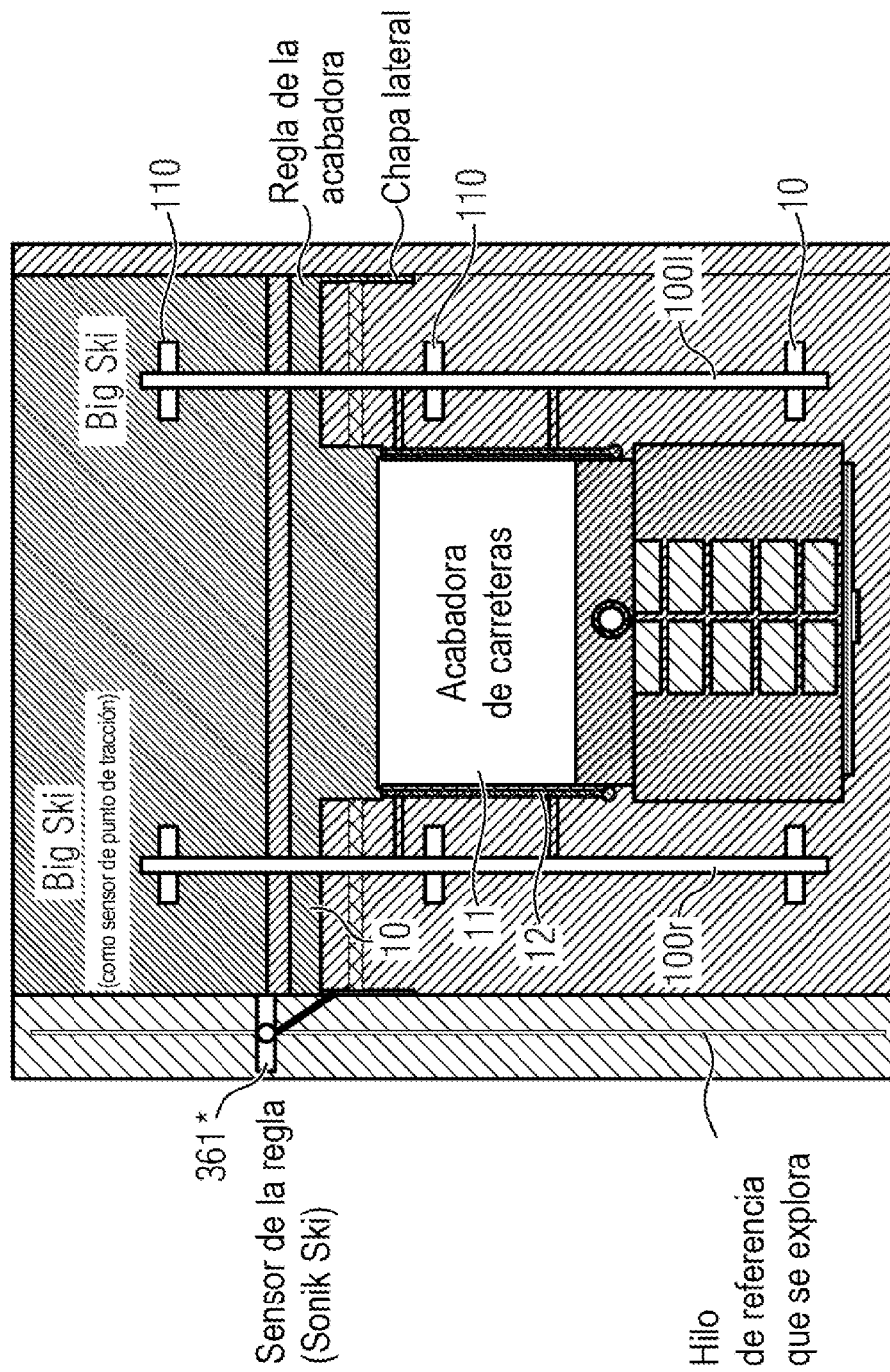


Fig. 3h

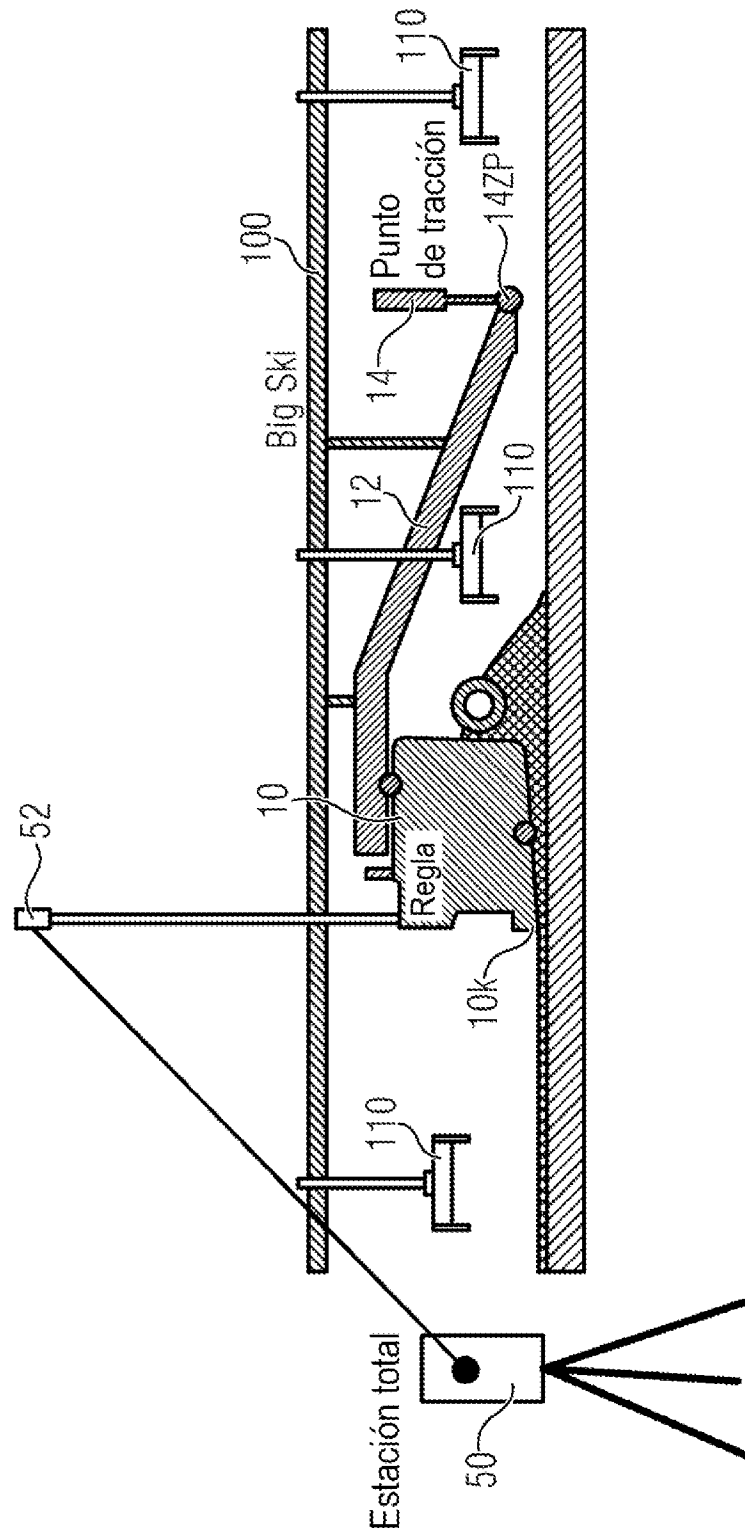


Fig. 3i

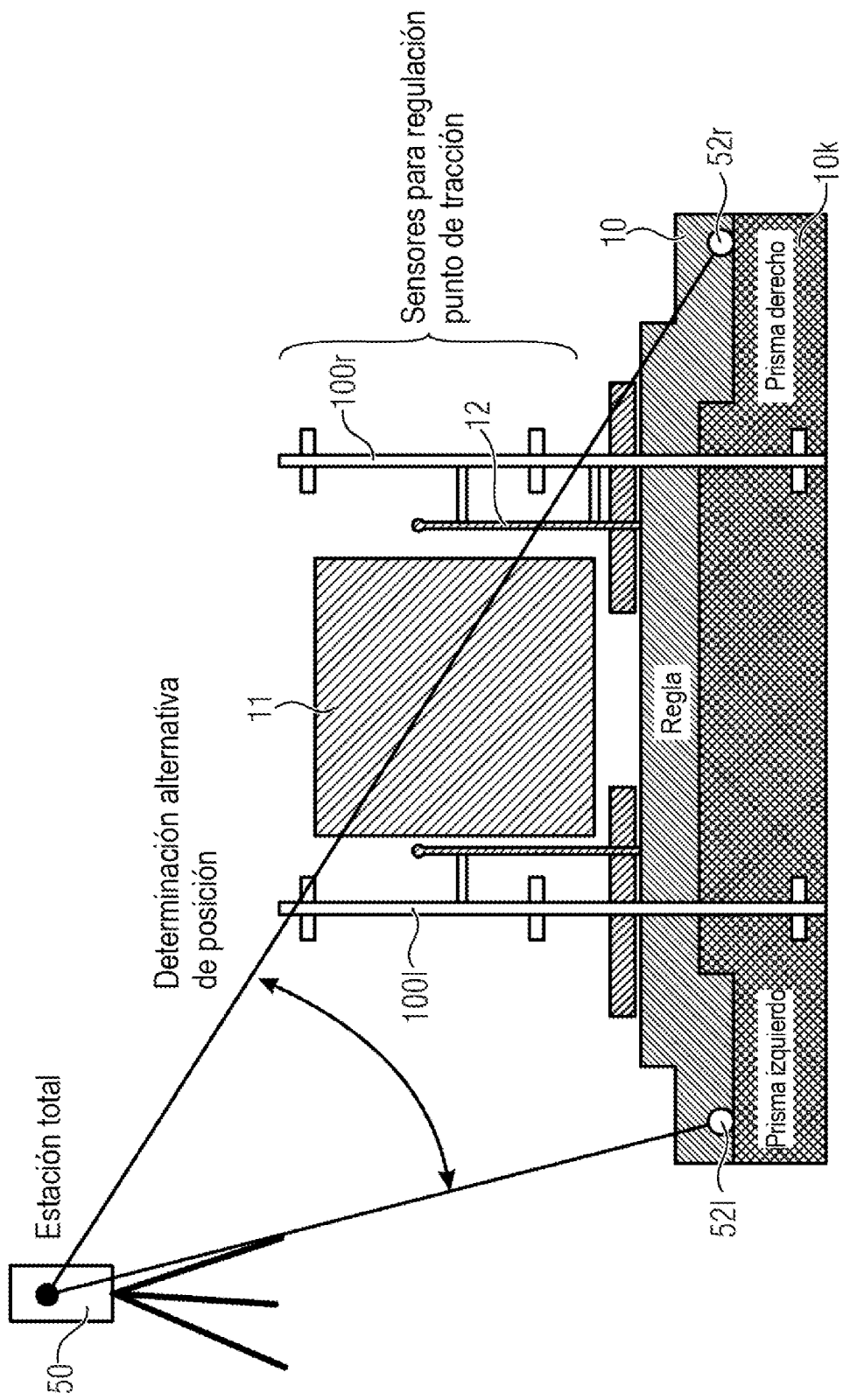


Fig. 3j

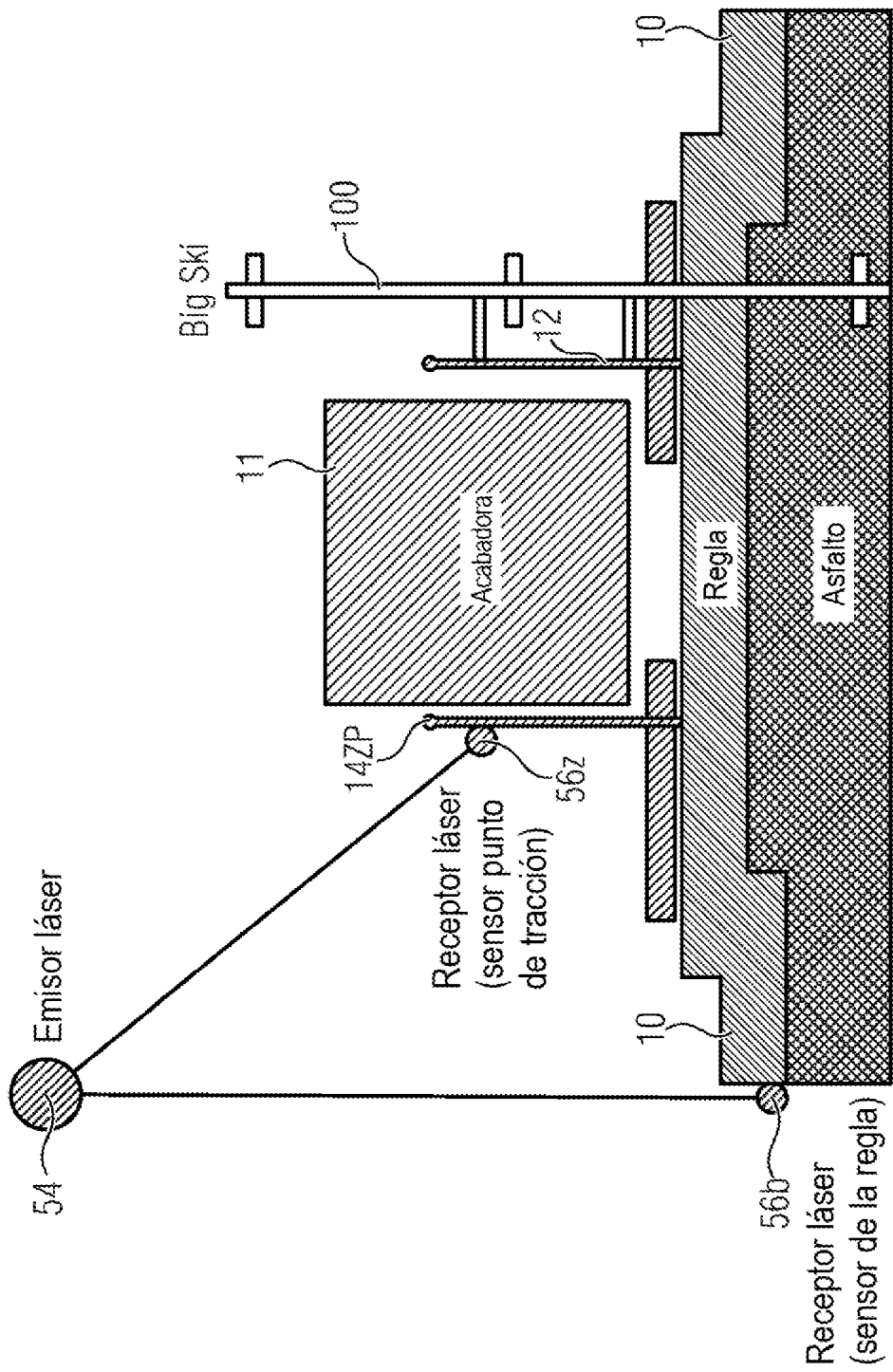


Fig. 3k

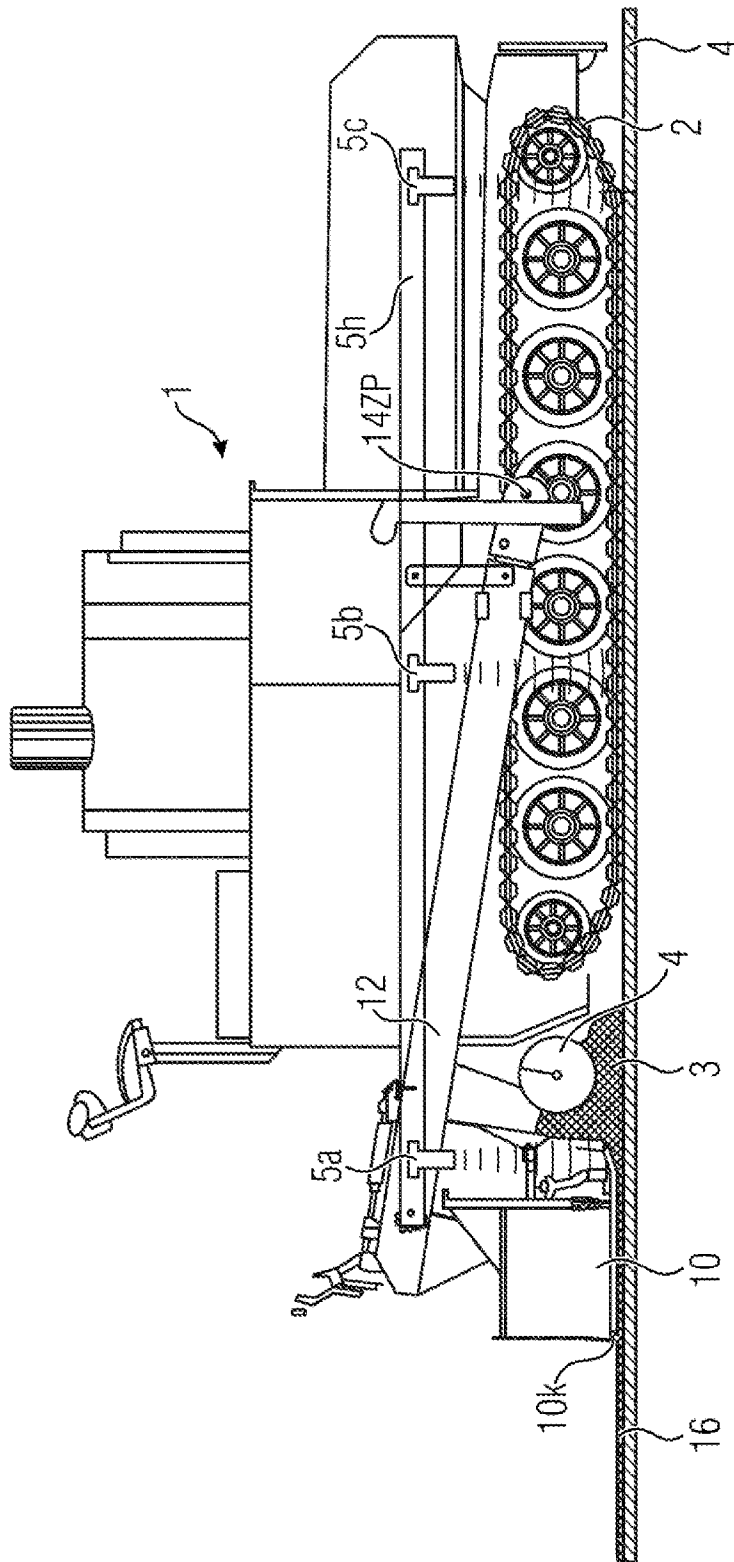


Fig. 4