

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 822 566**

51 Int. Cl.:

**B61F 5/22**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.08.2013 E 13182316 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.07.2020 EP 2703248**

54 Título: **Control de inclinación**

30 Prioridad:

**31.08.2012 FI 20125907**

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

**04.05.2021**

73 Titular/es:

**VR-YHTYMÄ OY (100.0%)  
Radiokatu 3  
00240 Helsinki, FI**

72 Inventor/es:

**HUTTUNEN, ALI;  
ISO-HEIKO, ANSSI;  
NEVALAINEN, KAI;  
PULKKINEN, VELI-PEKKA;  
KARHU, OTSO;  
KARVONEN, MATTI;  
LAAMANEN, ARTO;  
VILENIUS, MATTI y  
HUHTALA, KALEVI**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

**ES 2 822 566 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**

Control de inclinación

**Antecedentes de la invención**

5 La invención se refiere al control de inclinación de vagones que tienen carrocerías basculantes y, en particular, a una disposición y método para ajustar la inclinación de tal vagón.

10 Los trenes a menudo están provistos de vagones que tienen carrocerías basculantes para permitir velocidades de conducción más altas en particular en partes sinuosas de la vía, ver por ejemplo el documento de patente europea de la técnica anterior EP 0 736 438 A2. El ángulo de inclinación de la carrocería se ajusta en un intento de compensar los efectos de un efecto centrífugo al que los pasajeros están sometidos en las curvas inclinando la carrocería hacia el lado de la curva interior a lo largo del eje longitudinal del vagón. Así, es posible conducir en las curvas a velocidades más altas, sin que se vea afectada la comodidad del viaje y sin necesidad de realizar cambios en las estructuras de las vías.

15 El vagón puede inclinarse hidráulicamente colocando un cilindro hidráulico típicamente de simple efecto en cada esquina del vagón. En las soluciones de la técnica anterior, la inclinación se ajusta ajustando el movimiento de estos cilindros con servoválvulas. Las servoválvulas permiten lograr una precisión de ajuste extremadamente buena, pero un problema con estas soluciones es que las servoválvulas son componentes demasiado caros de obtener y mantener. Además, las servoválvulas son extremadamente propensas a fallar y, además, en un tren no siempre es posible garantizar que se pueda mantener un nivel de limpieza del aceite que sea suficiente para las servoválvulas, que se ensucian fácilmente. Cuando la disposición de inclinación está fuera de servicio, la velocidad de conducción del tren debe reducirse en consecuencia, lo que causa problemas para mantener el horario, por ejemplo. Es por esto que, en la práctica, típicamente se duplican las servoválvulas, y así se puede utilizar una servoválvula adicional si la servoválvula primaria falla. Sin embargo, la duplicación es una solución cara y no elimina los problemas de costes y fallos asociados con las servoválvulas.

**Breve descripción de la invención**

25 Es por tanto un objeto de la invención proporcionar un método y un aparato que implementen el método para permitir que se resuelvan los problemas mencionados anteriormente. El objeto de la invención se consigue mediante un método y una disposición caracterizados por lo que se establece en las reivindicaciones independientes. En las reivindicaciones dependientes se describen realizaciones preferidas de la invención.

30 La idea de la invención es sustituir el ajuste convencional de inclinación basado en componentes hidráulicos complejos, tales como válvulas proporcionales o servoválvulas, por componentes hidráulicos simples y control inteligente. En general, el conjunto hidráulico digital de válvulas descrito en el documento de la técnica anterior DE 2009 026 609 A1 es una alternativa al uso de servoválvulas.

Una ventaja del método y disposición de la invención es que el ajuste de la inclinación de la carrocería se puede implementar mediante una solución simple, económica, precisa y altamente tolerante a fallos.

35 **Breve descripción de las figuras**

La invención se describe ahora con más detalle en relación con realizaciones preferidas y con referencia a los dibujos adjuntos, en los que

la Figura 1 es una vista esquemática de una inclinación de una carrocería 2 de un vagón 1;

40 la Figura 2 es una vista esquemática de componentes asociados con la inclinación de un vagón con una carrocería basculante y el control de la misma;

la Figura 3 es una vista esquemática de una disposición de ajuste de inclinación que emplea hidráulica digital para ajustar la inclinación de un vagón que tiene una carrocería basculante;

la Figura 4 es una vista esquemática de un ejemplo de un vástago virtual de válvula; y

45 la Figura 5 es una vista esquemática de un método para ajustar la inclinación de un vagón que tiene una carrocería basculante.

**Descripción detallada de la invención**

50 La Figura 1 es una vista esquemática posterior de una inclinación de una carrocería 2 de un vagón 1. La carrocería 2 del vagón está dispuesta para inclinarse con respecto a un bogie 3. En curvas, por ejemplo, la vía 4 puede estar inclinada con respecto al plano del suelo y en vagones que tienen carrocerías basculantes, la carrocería 2 también puede estar inclinada con respecto a la vía. Un ángulo A de inclinación total comprende tanto una inclinación B de la carrocería como una inclinación C de la vía. La carrocería puede inclinarse con respecto a la vía mediante

actuadores 5 de inclinación, tales como cilindros hidráulicos. Una velocidad de inclinación típica de un coche de pasajeros puede ser de 8 grados por segundo, por ejemplo, y las distancias desde una disposición de ajuste de inclinación a los actuadores de inclinación son típicamente relativamente largas, por ejemplo de 11 metros.

5 La Figura 2 es una vista esquemática de componentes asociados con la inclinación de un vagón que tiene una carrocería basculante y con el control de la misma. Un vagón que tiene una carrocería basculante típicamente comprende actuadores 5 de inclinación, típicamente cuatro cilindros hidráulicos, que están normalmente dispuestos en las esquinas del vagón 1 o en las proximidades de las mismas. La disposición de ajuste de inclinación comprende típicamente medios 6 para producir una presión y un flujo volumétrico, tales como una unidad de motobomba, y medios 7 para controlar los actuadores de inclinación, por ejemplo al menos una unidad de servoválvula. Además, 10 un sistema de este tipo comprende típicamente un número plural de otros componentes, por ejemplo, un tanque, acumuladores de presión y válvulas. En estas soluciones, las servoválvulas, que son caras en lo que se refiere a su precio de compra y costes de mantenimiento en particular, provocan diversos problemas y error en el control de inclinación e incluso en la dirección de la inclinación. Es posible que el control tienda a inclinar el vagón en alguna dirección incluso cuando no hay una necesidad real de control y no se emite ninguna señal de control.

15 La Figura 3 es una vista esquemática de una disposición de ajuste de inclinación que emplea hidráulica digital para ajustar la inclinación de un vagón que tiene una carrocería basculante, mostrándose en particular los medios para controlar los actuadores de inclinación. En ese caso, la disposición de ajuste de inclinación comprende al menos un conjunto hidráulico digital 7a de válvulas y una unidad 7b de control. El conjunto hidráulico digital de válvulas en cuestión comprende un número de válvulas y es ajustable para controlar el movimiento de al menos un actuador 5 20 de inclinación del vagón 1 que tiene una carrocería basculante. La disposición de ajuste de inclinación puede comprender también naturalmente una pluralidad de otros componentes, tales como medios para producir una presión y un flujo volumétrico, un tanque, acumuladores de presión y otros componentes necesarios para el funcionamiento.

25 La hidráulica digital aplicada al control de inclinación permite utilizar componentes hidráulicos simples, que son ventajosos en muchos sentidos, cuando las características versátiles de la disposición se implementan mediante un regulador inteligente de la unidad de control. Ejemplos de componentes básicos del conjunto hidráulico digital 7a de válvulas que se pueden utilizar en este tipo de disposición son, por ejemplo, válvulas simples todo/nada (on/off), cuyos flujos pueden determinarse libremente mediante obturadores y cuya apertura y cierre pueden ser controlados por un regulador. Cambiando los códigos de control del regulador, los mismos componentes hidráulicos permiten 30 implementar conjuntos de válvulas diferentes, y también más complejos, que actúan como válvulas. Las válvulas a utilizar se pueden seleccionar para tener un tiempo de respuesta suficientemente rápido, un caudal suficiente y para que sustancialmente no tengan fugas.

35 Los bordes de control del conjunto hidráulico digital 7a de válvulas se pueden implementar independientemente unos de otros, lo que permite proporcionar eficiencia energética y un buen rendimiento. Optimizando los bordes de control, también es posible optimizar el número de las válvulas que se van a utilizar para permitir un rendimiento y una precisión de ajuste suficientes. La optimización permite conseguir una buena precisión de ajuste y fiabilidad operativa con el conjunto hidráulico digital 7a de válvulas en cuestión y, al mismo tiempo, mantener un precio razonable. Para mejorar aún más la fiabilidad operativa, se pueden duplicar algunas de las válvulas más grandes, lo que mejora el rendimiento en situaciones de fallos. Por un lado, la fiabilidad también se puede mejorar, y al mismo 40 tiempo la precisión de ajuste, añadiendo más válvulas, pero, por otro lado, esto aumenta el tamaño de la disposición y el precio de adquisición de las válvulas y la unidad de control.

45 La unidad 7b de control comprende al menos un regulador 8, que comprende códigos de control para controlar los estados de las válvulas del conjunto hidráulico digital 7a de válvulas y medios para recibir 9 datos de entrada y retroalimentación para determinar una necesidad de inclinación y para generar 10 señales de control para las etapas de potencia de los controles de las válvulas de acuerdo con los comandos emitidos por el regulador. Estas operaciones se pueden implementar mediante microcontroladores, por ejemplo. Además, la unidad 7b de control puede comprender otras partes y componentes, tales como medios para monitorizar el funcionamiento de la disposición de ajuste de inclinación, o sus partes pueden estar dispuestas para implementar tales tareas.

50 En hidráulica digital, por ejemplo, operaciones hidromecánicas que convencionalmente se llevan a cabo utilizando válvulas proporcionales y servoválvulas pueden estar dispuestas para implementarse mediante códigos de control en el regulador empleando diferentes algoritmos. Con el conjunto hidráulico digital de válvulas descrito anteriormente y el regulador en cuestión, es posible implementar el "vástago virtual 11 de válvula" de la Figura 4, algo que no sería factible mediante tecnología convencional y que, además, permite cambios de estado extremadamente rápidos.

55 En otras palabras, el uso del conjunto hidráulico digital 7a de válvulas permite que muchas y diversas válvulas de la técnica anterior, por ejemplo, sean reemplazadas por un número limitado de componentes hidráulicos extremadamente simples cambiando el código de control del regulador. Cuando sea necesario, los parámetros del código de control se pueden cambiar incluso durante el funcionamiento, lo que permite cambiar las características del sistema siempre que sea necesario. Esto, a su vez, permite una excelente tolerancia a fallos del sistema, por ejemplo, porque en caso de un mal funcionamiento de un componente simple, que generalmente ya es fiable como

tal, el funcionamiento del componente se puede compensar por medio de un programa o equilibrarse completamente de manera automática.

La Figura 5 es una vista esquemática de un método para ajustar la inclinación de un vagón que tiene una carrocería basculante. El método comprende al menos las siguientes etapas. Controlar 51 al menos un actuador de inclinación del vagón que tiene una carrocería basculante mediante un conjunto hidráulico digital de válvulas que comprende una pluralidad de válvulas. Recibir 52 los datos de entrada y retroalimentación necesarios para determinar una necesidad de inclinación. Controlar 53 los estados de las válvulas del conjunto hidráulico digital de válvulas por medio de códigos de control de un regulador dispuesto en una unidad de control. Generar 54 señales de control para controlar las etapas de potencia del control de válvulas para las válvulas del conjunto hidráulico digital de válvulas de acuerdo con comandos emitidos por el regulador.

Según una realización, el regulador puede implementarse mediante una conversión AD, que permite alcanzar 128 estados controlando 7 válvulas, por ejemplo. Una ventaja de este ajuste es que no requiere una capacidad computacional elevada y es sencillo de implementar de una manera fiable. Dado que las válvulas en el conjunto hidráulico digital de válvulas pueden ser controladas de forma totalmente independiente unas de otras y dado que los refuerzos de los diferentes bordes de control se pueden seleccionar para ser iguales o no iguales, puede determinarse que el control sea simétrico o asimétrico. Un control asimétrico puede ser ventajoso por ejemplo en usos de cilindros cuando las áreas de superficie de las cámaras difieren entre sí o, en el caso de cilindros de simple efecto, cuando los tamaños de los flujos volumétricos son desiguales entre el lado activo y el pasivo.

Según una realización, el método de regulación utilizado es un método PNM (modulación por el número de impulsos, por sus siglas en inglés). Este método permite conseguir una precisión de ajuste suficientemente buena en el control de la inclinación de la carrocería. El código de ajuste requerido por el método PNM es extremadamente simple, el sistema no es sensible a circunstancias cambiantes, tales como temperatura y viscosidad del aceite o diferencia de presión, tiene una buena tolerancia a fallos y típicamente no es necesario calibrar el sistema antes de que entre en uso. Además, la clase de limpieza del aceite requerida en una disposición hidráulica digital de ajuste de inclinación controlada por PNM es más baja que en una disposición convencional controlada por servoválvulas, por ejemplo. Según otra realización, el método de regulación utilizado es un método PCM (modulación por impulsos codificados, por sus siglas en inglés), que permite obtener un ajuste de una precisión aún mayor pero, por otro lado, debido a la precisión extremadamente alta, requiere el filtrado de interferencias de las señales y/o compensación de temperatura y/o calibración para evitar movimientos de inclinación innecesarios.

Según una realización, el regulador puede estar dispuesto para tener en cuenta datos de medición de presión recibidos del sistema hidráulico, en cuyo caso el regulador puede intentar mantener el caudal de las válvulas, mediante una operación de control específica, en un valor específico, sustancialmente constante independientemente de las diferencias de presión. Este tipo de compensación de presión basada en programas permite lograr una velocidad de viaje independiente de la carga también en un sistema de circuito abierto.

Según una realización, también se pueden utilizar otras válvulas adaptables a la hidráulica digital en vez de, o además de, válvulas todo/nada (on/off), por ejemplo válvulas que puedan ser controladas por un modo de control balístico (BaM, por sus siglas en inglés) además de un control todo/nada.

Según una realización, una unidad de tren puede comprender un número plural de diferentes disposiciones de ajuste de inclinación, por ejemplo, diferentes vagones pueden estar provistos de diferentes disposiciones de ajuste de inclinación. En este contexto, una unidad de tren se refiere a una entidad que comprende al menos uno o más vagones acoplados entre sí y que tienen carrocerías basculantes, comprendidas las disposiciones de ajuste de inclinación por la entidad formando un todo sustancialmente uniforme. Por tanto, pueden estar dispuestas una o más disposiciones de ajuste de inclinación para procesar datos de detección, tales como una señal obtenida de sensores de aceleración o velocímetros, para usarlos en el control de inclinación y para determinar basándose en estas señales de detección al menos una señal de control de inclinación para al menos un vagón provisto de la disposición de ajuste de inclinación. Además, la disposición de ajuste de inclinación puede estar dispuesta para determinar una señal de control de inclinación correspondiente para al menos otro vagón o, de forma particularmente preferible, para todos los vagones de una misma unidad de tren, y para transmitir la señal de control de inclinación al vagón o vagones en cuestión. Asimismo, pueden estar dispuestas una o más disposiciones de ajuste de inclinación, por ejemplo, para recibir una señal de control de inclinación de otra disposición de ajuste de inclinación y para controlar el movimiento de los actuadores de inclinación basándose en esta señal y/o guiar la señal de control de inclinación u otras señales más allá a una siguiente disposición de ajuste de inclinación.

Según una realización, el conjunto hidráulico digital de válvulas y la unidad de control de la disposición de ajuste de inclinación, así como otros componentes necesarios, tales como conexiones de entrada y salida, pueden estar dispuestos en un mismo módulo para que al menos una disposición original de ajuste de inclinación de la unidad de tren y/o un vagón basada en control hidráulico convencional, tal como válvulas proporcionales o servoválvulas, sea reemplazable por la disposición hidráulica digital de ajuste de inclinación descrita en la presente memoria, sin que se realicen otros cambios esenciales en el vagón o la unidad de tren. En ese caso, por ejemplo, las señales de control actuales de la unidad de tren o el vagón se pueden modificar para adaptarse a la disposición hidráulica digital de ajuste de inclinación sin tener que cambiar las disposiciones de sensores o dispositivos de medición, por ejemplo.

Será evidente para un experto en la técnica que, según avanza la tecnología, la idea básica de la invención puede implementarse de muchas formas diferentes. Por tanto, la invención y sus realizaciones no están restringidas a los ejemplos descritos anteriormente, sino que pueden variar dentro del alcance de las reivindicaciones.

**REIVINDICACIONES**

1. Una disposición para ajustar la inclinación de un vagón que tiene una carrocería basculante, caracterizada por que la disposición comprende:
- 5 un conjunto hidráulico digital de válvulas que comprende una pluralidad de válvulas y es adaptable para controlar un movimiento de al menos un actuador de inclinación de un vagón que tiene una carrocería basculante; y
- una unidad de control que comprende al menos un regulador, que a su vez comprende códigos de control para controlar estados de las válvulas del conjunto hidráulico digital de válvulas, mediante el cual se pueden cambiar las características del conjunto hidráulico digital de válvulas cambiando los parámetros de los códigos de control, y
- 10 para generar señales de control para las etapas de potencia del control de válvulas de acuerdo con comandos emitidos por el regulador.
2. Una disposición según la reivindicación 1, caracterizada por que al menos algunas de las válvulas son válvulas hidráulicas todo/nada (on/off) cuya apertura y cierre están controlados por el regulador.
3. Una disposición según la reivindicación 1 ó 2, caracterizada por que al menos algunas de las válvulas son
- 15 válvulas hidráulicas controlables por un modo de control balístico.
4. Una disposición según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizada por que el regulador está implementado mediante una conversión AD.
5. Una disposición según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizada por que el método de regulación utilizado en el control de válvulas es PNM.
- 20 6. Una disposición según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizada por que el método de regulación utilizado en el control de válvulas es PCM.
7. Una unidad de tren que comprende al menos un vagón que tiene una carrocería basculante, caracterizada por que la unidad de tren comprende una disposición según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6.
8. Una unidad de tren según la reivindicación 7, caracterizada por que la unidad de tren comprende al menos dos
- 25 vagones que tienen carrocerías basculantes;
- que cada vagón comprende al menos una disposición de ajuste de inclinación según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6;
- que al menos una de estas disposiciones de ajuste de inclinación está configurada para manejar los datos de detección utilizados en el control de inclinación y para determinar y transmitir una señal de control de inclinación
- 30 basándose en estas señales de detección a los actuadores de inclinación de los al menos dos vagones; y
- que al menos una de estas disposiciones de ajuste de inclinación está configurada para recibir la señal de control de inclinación de otro de estos aparatos de ajuste y para controlar el movimiento de los actuadores de inclinación basándose en esta señal.
9. Un método para ajustar la inclinación de un vagón que tiene una carrocería basculante, caracterizado por que el
- 35 método comprende al menos las siguientes etapas de
- controlar al menos un actuador de inclinación de un vagón que tiene una carrocería basculante mediante un conjunto hidráulico digital de válvulas que comprende una pluralidad de válvulas;
- recopilar los datos de entrada necesarios para determinar una necesidad de inclinación;
- 40 controlar los estados de las válvulas del conjunto hidráulico digital de válvulas por medio de códigos de control de un regulador dispuesto en una unidad de control, mediante el cual se pueden cambiar características del conjunto hidráulico digital de válvulas cambiando los parámetros de los códigos de control; y
- generar señales de control para controlar las etapas de potencia del control de válvulas para las válvulas del conjunto hidráulico digital de válvulas de acuerdo con comandos emitidos por el regulador.
10. Un método según la reivindicación 9, caracterizado por implementar el regulador mediante una conversión AD.
- 45 11. Un método según la reivindicación 9 ó 10, caracterizado por regular el control de válvulas mediante PNM.

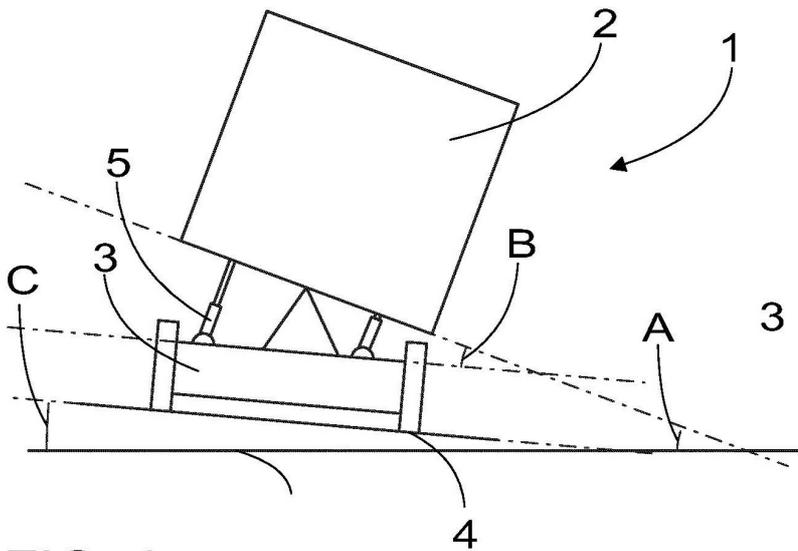


FIG. 1

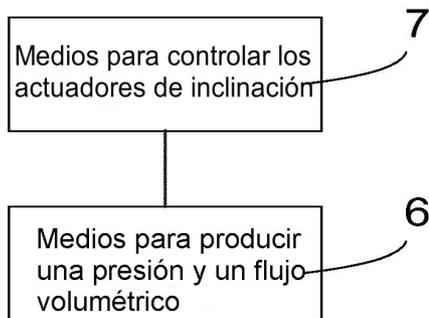


FIG. 2

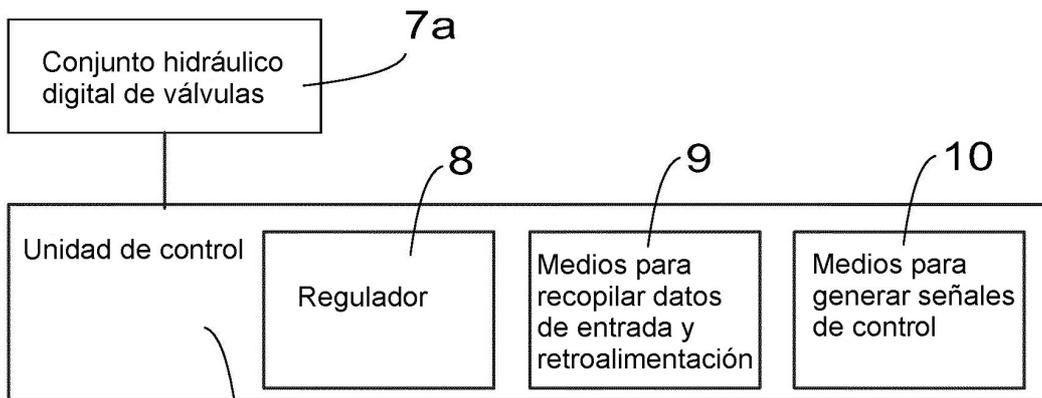


FIG. 3 7b

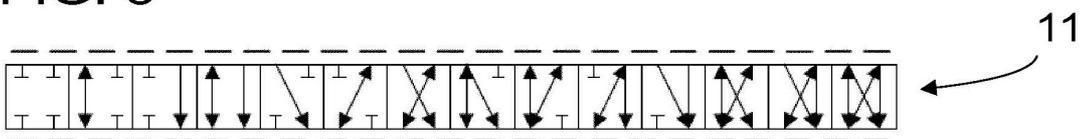


FIG. 4

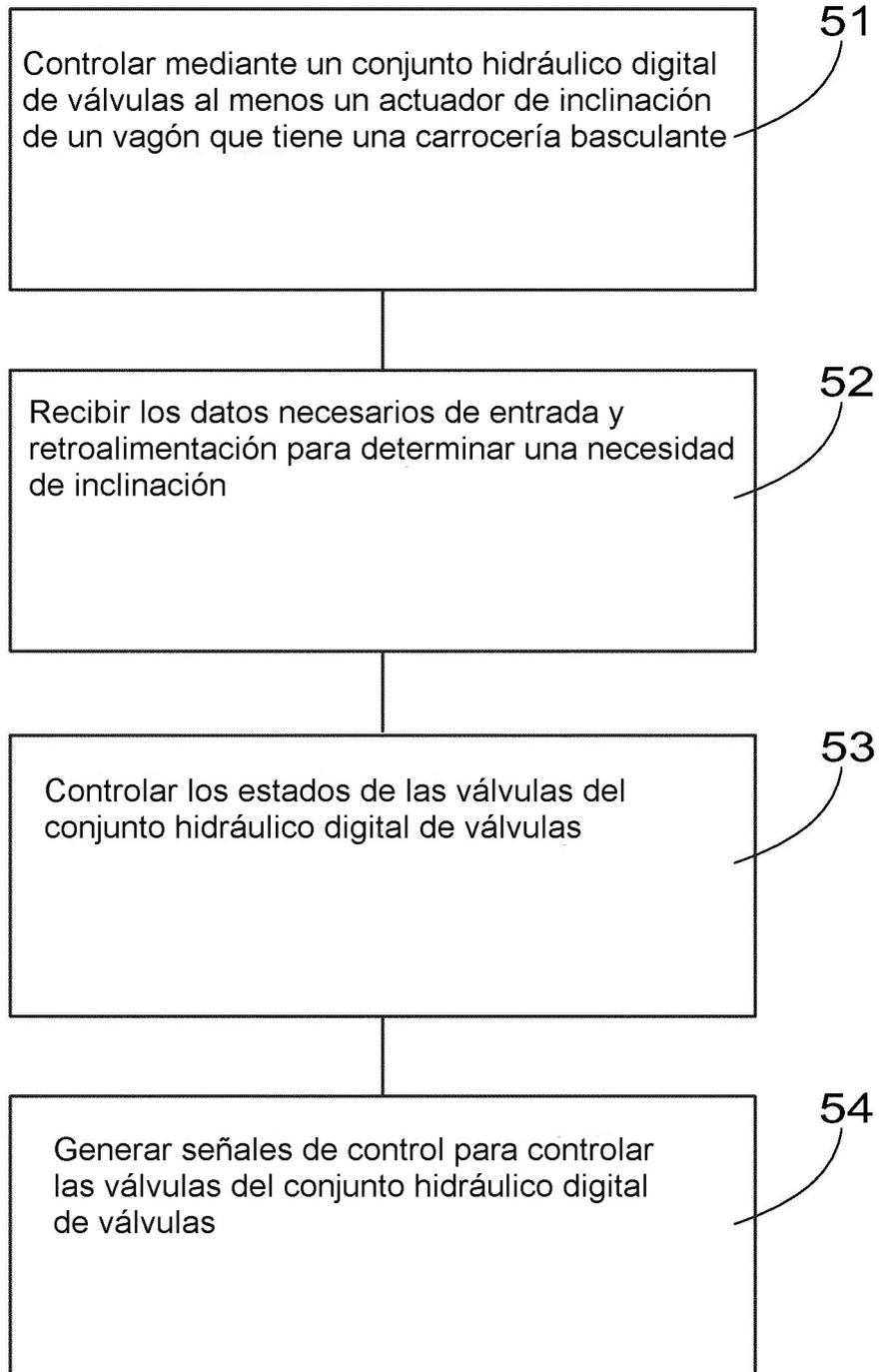


FIG. 5