

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 740 781**

51 Int. Cl.:

**B66C 15/04** (2006.01)

**B66C 13/16** (2006.01)

**G01C 9/00** (2006.01)

**B66C 13/08** (2006.01)

**B66C 13/22** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.02.2016 E 16156287 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.05.2019 EP 3059200**

54 Título: **Procedimiento de control para un sistema de grúa que incluye una viga de separación**

30 Prioridad:

**19.02.2015 GB 201502801**

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

**06.02.2020**

73 Titular/es:

**NISSAN MOTOR MANUFACTURING (UK) LTD.  
(100.0%)**

**Nissan Technical Centre Europe Cranfield  
Technology Park Moulsoe Road Cranfield  
Bedfordshire MK43 0DB, GB**

72 Inventor/es:

**MCLAUGHLIN, STEVE**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

ES 2 740 781 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

Procedimiento de control para un sistema de grúa que incluye una viga de separación

**Campo de la invención**

5 La invención se refiere a un procedimiento de control para un sistema de grúa que incluye una viga de separación. En particular, pero no exclusivamente, la invención se refiere al control de sistemas de grúa que incluyen vigas de separación que tienen dos o más puntos de carga para elevar cargas.

**Antecedentes de la invención**

10 Los entornos de fabricación a menudo incluyen grúas para elevar y colocar cargas pesadas. Pueden surgir diversos problemas durante el funcionamiento de la grúa, como la sobrecarga de la grúa, o el enganche de una carga o de un polipasto de la grúa en el aparato circundante durante la elevación o la maniobra.

15 Algunos sistemas de grúa incorporan vigas de separación que distribuyen la carga de los accesorios a través de dos o más puntos de fijación en la carga, lo que reduce la carga en cada punto de fijación en comparación con un solo polipasto. Se proporciona un polipasto respectivo para cada punto de fijación, lo que aumenta la posibilidad de que surjan problemas y también introduce la posibilidad de cuestiones más complejas. Por ejemplo, si un polipasto se engancha, la grúa puede continuar arrastrando hacia arriba los polipastos libres restantes. Esto puede desequilibrar la carga y provocar una inclinación y balanceo, con resultados impredecibles. Una situación similar surge si uno o más de los polipastos no están fijados a la carga correctamente.

20 El documento JP2014174020 desvela un procedimiento para operar un sistema de grúa, monitorizar y controlar el sistema de grúa dependiendo de las cargas. Sin embargo, este procedimiento solo considera cómo calcular los parámetros de carga y no puede gestionar las condiciones de fallo.

25 Las consecuencias de continuar operando una grúa después de que se desarrolle un fallo pueden ser graves, incluyendo daños a la grúa, a la carga y a la maquinaria circundante, y también lesiones al personal. Por lo tanto, no es deseable confiar en que un operario se dé cuenta de los problemas que surgen y en que intervenga. Además, las grúas pueden operarse de forma remota a través de una interfaz de usuario, o pueden estar completamente automatizadas como en un entorno de línea de producción, sin que el operario tenga la oportunidad de darse cuenta de los problemas.

30 Por esta razón, a veces se implementan sistemas de monitorización de carga de grúa en un esfuerzo por detectar problemas a medida que surgen. Por ejemplo, la patente de Estados Unidos 5.152.183 describe una disposición de polipastos que incluye transductores de fuerza configurados para detectar una carga excesiva, lo que puede indicar que el polipasto se ha enganchado o que se ha fijado una carga inadecuada. Como esta disposición se refiere a un solo polipasto, el diagnóstico de fallos es relativamente sencillo: si el transductor de fuerza detecta una carga mayor a la esperada, esto debe indicar que el polipasto o la carga se han enganchado, o que la carga que se ha fijado es demasiado pesada.

35 Como se ha señalado anteriormente, los fallos que pueden surgir en un sistema de grúa que incluye una viga de separación, son considerablemente más complejos. La acción correctiva que debe tomarse depende de la naturaleza del fallo, por lo que es importante determinar con precisión la causa precisa del problema.

40 Un tipo particular de grúa que se encuentra comúnmente en un entorno de fabricación es una grúa de pórtico, en la que un polipasto está suspendido de un carro que está montado en un par de largueros horizontales paralelos. Los largueros terminan en cada extremo en las unidades de desplazamiento respectivas que, a su vez, se montan en los carriles respectivos de una viga-carril que discurre ortogonal a los largueros. El carro puede moverse hacia delante y hacia atrás a lo largo de los largueros, mientras que las unidades de desplazamiento son operables para mover los largueros hacia delante y hacia atrás a lo largo de la viga-carril. De esta manera, el sistema de grúa de pórtico proporciona un movimiento de traslación para una carga fijada al polipasto en dos dimensiones. Esto permite al carro mover artículos suspendidos en el polipasto entre dos ubicaciones, por ejemplo, dos fases sucesivas en una ruta de fabricación.

45 Si se utiliza una viga de separación con una grúa de pórtico, la posibilidad de que surjan problemas aumenta aún más. Por ejemplo, además de las cuestiones presentadas anteriormente, como el enganche de los polipastos durante la elevación, un polipasto podría engancharse durante el movimiento de traslación del carro. Además, si el carro se mueve demasiado rápido, la carga podría comenzar a balancearse en una medida indeseable. Tales problemas son complejos, ya que están influenciados por varias variables que incluyen: la posición del carro; la posición de la carga; la masa de la carga; y los estados de los polipastos, es decir, si uno o más polipastos se han enganchado o no están fijados a la carga.

50 En los sistemas conocidos, muchas de estas variables no se pueden detectar automáticamente, incluso de forma aislada; por lo tanto, es imposible diagnosticar con precisión la naturaleza precisa y la causa de problemas complejos.

55

Ante esta situación se ha ideado la presente invención.

**Sumario de la invención**

De acuerdo con un primer aspecto de la invención, se proporciona un procedimiento para detectar una condición de fallo en un sistema de grúa, el sistema de grúa que comprende una viga de separación para elevar una carga, comprendiendo la viga de separación al menos dos puntos de carga, disponiéndose cada punto de carga para soportar una porción respectiva de la carga. El procedimiento comprende monitorizar las cargas respectivas aplicadas a cada uno de los puntos de carga, y analizar las cargas para determinar si el sistema de grúa está operando fuera de uno o más intervalos de carga aceptables. El procedimiento comprende además monitorizar una inclinación de la viga de separación con respecto a un plano horizontal, y comparar la inclinación con un umbral de inclinación para determinar si el sistema de grúa está operando fuera del umbral de inclinación. El procedimiento comprende además determinar la existencia de una condición de fallo si el sistema de grúa está operando fuera del umbral de inclinación o de al menos uno de los intervalos de carga aceptables.

Al medir la carga en cada punto de carga, el procedimiento permite de manera beneficiosa una comparación de la carga en cada punto de carga para determinar una condición de fallo. Por ejemplo, si hay una gran discrepancia entre dos puntos de carga, esto puede indicar un desequilibrio causado por un polipasto enganchado o por un polipasto fijado de forma incorrecta.

Cada intervalo de carga aceptable representa un intervalo aceptable para un parámetro operativo particular, y se define por los umbrales superior e inferior. El parámetro operativo puede referirse a las cargas individuales aplicadas a cada punto de carga, a una distribución de carga a través de dos o más puntos de carga, o a una carga general total aplicada sobre todos los puntos de carga. Como se ha indicado, puede usarse más de un intervalo de carga, de manera que las cargas individuales, la distribución de la carga y la carga total pueden referenciarse en cualquier combinación para permitir la detección de la existencia de un amplio intervalo de condiciones de fallo.

Además de esto, se observa que, en general, se espera que la viga de separación sea sustancialmente horizontal en condiciones operativas normales. Por lo tanto, la monitorización de la inclinación de la viga de separación proporciona información útil sobre su condición actual, ya que la medición de la inclinación puede proporcionar una indicación de si la viga se ha desviado de su orientación esperada.

Analizar las cargas puede comprender determinar una carga general total aplicada a través de todos los puntos de carga. Alternativamente, el procedimiento puede comprender monitorizar por separado una carga general total aplicada a la viga de separación de la monitorización de las cargas en cada punto de carga. En cualquier caso, el procedimiento puede comprender determinar si la carga general indica que el sistema de grúa está operando fuera de un intervalo de carga aceptable definido por un umbral superior y un umbral inferior, cada uno relacionado con la carga general.

Analizar las cargas puede comprender determinar una distribución de carga a través de los puntos de carga. En tales realizaciones, el procedimiento puede comprender determinar si la distribución de carga indica que el sistema de grúa está operando fuera de un intervalo de carga aceptable definido por un umbral superior y un umbral inferior, cada uno relacionado con la distribución de carga.

El procedimiento puede comprender monitorizar la inclinación de la viga de separación en dos ejes ortogonales del plano horizontal para proporcionar una indicación de la inclinación de la viga de separación en dos dimensiones, permitiendo así determinar una inclinación máxima de la viga de separación.

El procedimiento puede comprender ajustar la carga aceptable o cada intervalo de carga aceptable de manera dinámica en respuesta a las cargas monitorizadas. De manera similar, el umbral de inclinación puede ajustarse de manera dinámica en respuesta a la inclinación monitorizada. Estas realizaciones permiten de manera beneficiosa que el diagnóstico de fallos se adapte a las condiciones operativas cambiantes para evitar falsas alarmas molestas.

El procedimiento puede comprender monitorizar una velocidad vertical de la viga de separación, analizar la velocidad vertical para determinar si el sistema de grúa está operando fuera de un intervalo de velocidad, y determinar la existencia de una condición de fallo si el sistema de grúa está operando fuera del intervalo de velocidad. En este caso, el procedimiento puede comprender además ajustar el intervalo de velocidad de manera dinámica en respuesta a la velocidad vertical monitorizada. Alternativa o adicionalmente, el procedimiento puede comprender ajustar el intervalo de carga aceptable o cada intervalo de carga aceptable de manera dinámica en respuesta a la velocidad vertical monitorizada.

Convenientemente, el procedimiento puede usarse con un sistema de grúa que comprende una viga de separación que comprende al menos cuatro puntos de carga.

Además, el procedimiento puede usarse con un sistema de grúa de pórtico que comprende un carro montado de forma móvil en un conjunto de largueros generalmente horizontales, y que incluye la suspensión de la viga de separación en un polipasto que está soportado por el carro. En este caso, el procedimiento puede comprender monitorizar una velocidad del carro a lo largo de los largueros, analizar la velocidad del carro para determinar si el

5 sistema de grúa está operando fuera de un intervalo de velocidad del carro, y determinar la existencia de una condición de fallo si el sistema de grúa está operando fuera del intervalo de velocidad del carro, y opcionalmente ajustar de manera dinámica el intervalo de velocidad del carro en respuesta a la velocidad del carro monitorizada. Cuando el procedimiento se usa con un sistema de grúa de pórtico, puede comprender monitorizar una dirección del movimiento del carro a lo largo de los largueros para determinar una dirección del carro y determinar la existencia de una condición de fallo si la dirección del carro no es la misma que la dirección del carro solicitada.

Con cualquier tipo de sistema de grúa, el procedimiento puede comprender controlar el sistema de grúa para tomar acciones correctivas en caso de que se detecte la existencia de una condición de fallo.

### **Breve descripción de los dibujos**

10 Para que la invención pueda entenderse más fácilmente, ahora se describirán realizaciones no limitativas preferidas de la misma, solo a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que características similares se asignan con números de referencia similares, y en los que:

la figura 1 es una vista en perspectiva esquemática de un sistema de grúa de pórtico conocido que es adecuado para su uso e incorporación en realizaciones de la invención;

15 la figura 2 es una vista en perspectiva de una viga de separación de acuerdo con una realización de la invención vista desde arriba;

la figura 3 es una vista frontal esquemática de la viga de separación mostrada en la figura 2;

la figura 4 corresponde a la figura 3, pero muestra la viga de separación desde el lateral;

la figura 5 corresponde a la figura 3, pero muestra la viga de separación desde abajo;

20 la figura 6 es una vista esquemática simplificada de una viga de separación de acuerdo con una realización de la invención con una carga fijada;

la figura 7 es una vista lateral ampliada de un punto de carga de la viga de separación de la figura 2;

la figura 8 corresponde a la figura 7, pero muestra el punto de carga en vista en perspectiva;

la figura 9 corresponde a la figura 7, pero muestra el punto de carga desde el frente;

25 la figura 10 muestra un sistema de detección de fallos que incluye la viga de separación de la figura 2, que muestra el hardware físico incluido en el sistema;

la figura 11 corresponde a la figura 10, pero muestra una porción de sensor del sistema en forma esquemática que incluye entradas y salidas del sistema;

30 la figura 12 corresponde a la figura 10, pero muestra una porción de procesamiento del sistema en forma esquemática;

la figura 13 es un gráfico que muestra un ejemplo de parámetros de tolerancia de condición de fallo utilizados por el sistema de detección de fallos de la figura 10;

la figura 14 es un gráfico que muestra otro ejemplo de parámetros de tolerancia de condición de fallo utilizados por el sistema de detección de fallos de la figura 10;

35 las figuras 15 a 20 muestran capturas de pantalla de una interfaz de usuario del sistema de detección de fallos de la figura 10;

las figuras 21 a 26 muestran diagramas de lógica en escalera utilizados para calcular umbrales dinámicos en un procedimiento de control para el sistema de detección de fallos de la figura 10, con la figura 21 referente a un primer umbral de distribución de carga, la figura 22 referente a un segundo umbral de distribución de carga, la figura 23 referente a un umbral de movimiento, la figura 24 referente a un ensayo de velocidad, la figura 25 referente a un umbral de carga total, y la figura 26 referente a un umbral de dirección; y

40 la figura 27 es un diagrama de flujo que ilustra un procedimiento para detectar una condición de fallo de acuerdo con una realización de la invención.

### **Descripción detallada de las realizaciones de la invención**

45 La figura 1 muestra un sistema 10 de grúa de pórtico convencional que es adecuado para su uso con realizaciones de la invención. Debe apreciarse que este sistema 10 de grúa se describe solo con fines ilustrativos, y que las realizaciones de la invención pueden usarse con una amplia gama de sistemas de grúa alternativos.

El sistema incluye un carro 12 del que se suspende un polipasto 14. El extremo inferior del polipasto 14 incluye un medio de fijación en forma de un gancho 16, al que pueden fijarse las cargas a elevar y mover mediante el sistema 10 de grúa. Las cargas se fijan directamente o, como se describe con más detalle a continuación, a través de una viga de separación intermedia. El polipasto 14 puede introducirse en el carro 12, correspondiente a una operación de elevación, y, a la inversa, el polipasto 14 puede sacarse del carro 12, correspondiente a una operación de bajada.

El carro 12 está soportado por un subconjunto 18 de pórtico, que está definido por un par de largueros 20 paralelos que se extienden entre un par de unidades 22 de desplazamiento paralelas para formar una estructura rígida, generalmente oblonga. El carro 12 se monta a horcadas sobre los largueros 20, y cada extremo del carro 12 tiene un par de ruedas 24 que se apoyan sobre la superficie superior de un larguero 20 respectivo. Las ruedas 24 están accionadas para permitir que el carro 12 se mueva hacia delante y hacia atrás a lo largo de los largueros 20 entre las unidades 22 de desplazamiento, lo que comúnmente se conoce como “desplazamiento transversal”. Por lo general, la energía se entrega al carro 12 a través de un cable (no mostrado) que está soportado por una de los largueros 20, estando dispuesto el cable para plegarse de manera similar a una concertina cuando el carro 12 se mueve en una dirección a lo largo del larguero, y para desplegarse a medida que el carro 12 se mueve en la dirección opuesta. El cable plegable está fijado a un carril 26 de suministro de energía que se extiende a lo largo de un lado de uno de los largueros 20.

Un colgante 28 de control cuelga de una de los largueros 20, para proporcionar un punto de conexión para el cableado a través del que se transmiten las señales de control para controlar el movimiento del carro 12 y el subconjunto 18 de pórtico. Otro equipamiento eléctrico está alojado dentro de una caja 30 montada en el extremo del mismo larguero. Este equipamiento incluye accionamientos de grúa que son responsables de implementar el movimiento del carro 12, del subconjunto 18 de pórtico y del polipasto 14. Los accionamientos de grúa son circuitos de accionamiento simples que están configurados para suministrar energía eléctrica para accionar el carro o el subconjunto de pórtico en respuesta a las señales de control proporcionadas a los accionamientos de grúa; en esta realización, los accionamientos de grúa no están dispuestos para realizar ningún tipo de análisis de los parámetros operativos.

El subconjunto 18 de pórtico está montado en una viga-carril definida por un par de carriles 32 horizontales. Cada unidad 22 de desplazamiento está alineada con y soportada por un carril 32 respectivo, de manera que los largueros 20 están dispuestas ortogonalmente a los carriles 32. La viga-carril también incluye un punto 34 de conexión para que una fuente de alimentación proporcione energía a las unidades 22 de desplazamiento. Las unidades 22 de desplazamiento están dispuestas para moverse a lo largo de los carriles 32, de manera que el subconjunto 18 de pórtico se mueve hacia delante y hacia atrás a lo largo de la viga-carril. Esto se conoce comúnmente como “desplazamiento longitudinal”.

De esta manera, el carro 12 puede moverse en dos dimensiones para ubicarlo en cualquier ubicación dentro de un área operativa definida por la anchura y la longitud de la viga-carril. Por consiguiente, el carro 12 es operable para mover artículos entre dos ubicaciones cualesquiera dentro del área operativa, que pueden ser, por ejemplo, fases sucesivas en una ruta de fabricación.

El sistema 10 de grúa incluye diversos equipos de detección que permiten determinar la posición del carro 12 en todo momento. Esto, a su vez, proporciona una indicación de la ubicación de cualquier carga soportada en el polipasto del carro 12.

El equipo de detección incluye un codificador de hilo que determina la extensión a la que el carro 12 ha arrastrado el polipasto 14, que a su vez indica la altura del gancho 16 y, por lo tanto, la medida a la que se ha elevado la carga.

El equipo de detección también incluye dos sistemas de detección de desplazamiento por láser que se colocan para determinar la extensión del desplazamiento longitudinal y del desplazamiento transversal. Un primer sistema de detección por láser incluye un primer sensor que está montado en una ubicación fija más allá del extremo de la viga-carril. El primer sensor está dispuesto para dirigir un rayo láser hacia un primer reflector ubicado en un larguero 20 del subconjunto 18 de pórtico de grúa. El primer sensor láser utiliza un rayo reflejado que regresa del primer reflector para determinar la distancia al larguero 20, lo que indica la extensión del desplazamiento longitudinal. Un segundo sistema de detección por láser incluye un segundo sensor que está montado en una de las unidades 22 de desplazamiento. El segundo sensor coopera con un segundo reflector que está ubicado en el carro 12 para determinar la extensión del desplazamiento transversal. Por lo tanto, entre ellos, el primer y el segundo sistema de detección por láser pueden determinar la ubicación precisa del carro 12.

Como se describirá ahora, las realizaciones de la invención proporcionan una viga de separación que incluye medios de detección para permitir la detección de condiciones de fallo a medida que surgen. El sistema 10 de grúa de pórtico representativo descrito anteriormente es particularmente adecuado para su uso con una viga de separación de este tipo, debido al uso común de dichos sistemas en entornos de fabricación en los que es deseable detectar fallos automáticamente. Como se ha indicado anteriormente, el sistema 10 de grúa de pórtico también presenta potencial para el desarrollo de condiciones de fallo particularmente complejas, y por lo tanto es un buen ejemplo en el que basar la descripción de las realizaciones de la invención. Sin embargo, como se ha indicado anteriormente, las vigas de separación de acuerdo con las realizaciones de la invención pueden usarse con cualquier tipo de

sistema de grúa.

En las figuras 2 a 5 se muestra una primera realización de la viga 40 de separación desde varios ángulos. Estas figuras se describirán en conjunto.

5 La viga 40 de separación está formada por una placa 42 central generalmente triangular, con placas 44 laterales mutuamente opuestas que se extienden ortogonalmente desde una línea central de la placa 42 central en un plano vertical. Como se ve mejor en la figura 5, esta disposición crea una estructura cruciforme en una porción inferior de la viga 40 de separación, para definir cuatro brazos 46.

10 Las bridas 48 triangulares opuestas se extienden lateralmente entre una superficie superior de cada placa 44 lateral y la placa 42 central para reforzar la estructura y aumentar la rigidez. Una porción superior expuesta de la placa 42 central por encima de las bridas 48 incluye una abertura 50 para fijarse a un medio de acoplamiento como el gancho 16 del sistema 10 de grúa de pórtico de la figura 1, para permitir que la viga 40 de separación se suspenda en un polipasto de grúa.

15 Como se ve mejor en las figuras 3 y 4, cada brazo 46 tiene una abertura dispuesta en su extremo distal que define un punto 52 de carga. En consecuencia, la viga 40 de separación de esta realización tiene cuatro puntos 52 de carga en total. Puede fijarse una carga a cada punto 52 de carga mediante cualquier medio adecuado, y puede facilitarse mediante un grillete 54 que tiene su pasador insertado a través de la abertura, como se muestra en la figura 2.

20 La figura 6 ilustra de forma simplificada una carga 56 que se está siendo elevada por la viga 40 de separación descrita anteriormente. La viga 40 de separación está soportada a su vez en el polipasto de una grúa tal como la grúa 10 de pórtico de la figura 1, de modo que la grúa eleva la carga indirectamente a través de la viga 40 de separación intermedia. Por simplicidad, el sistema de grúa se omite en la figura 6.

25 En esta realización, un polipasto 58 respectivo está suspendido de cada punto 52 de carga. Cada uno de los polipastos 58, en su extremo inferior, está fijado a la carga 56 en un punto 60 de fijación. Por consiguiente, hay cuatro puntos 60 de fijación en la carga 56. De esta manera, la carga máxima en cualquiera de los puntos 60 de fijación se reduce significativamente en comparación con la elevación de la carga 56 sin una viga 40 de separación mediante un solo punto de fijación. Esto reduce el riesgo de daño a la carga 56, y también el riesgo de fallo del polipasto.

30 Sin embargo, el aumento del número de polipastos 58 aumenta la posibilidad de que surjan problemas. Por ejemplo, como se ha descrito anteriormente, existe un mayor riesgo de que un polipasto 58 se enganche en un sistema con cuatro polipastos 58 en comparación con uno que tiene un solo polipasto. También hay mayor posibilidad de que un polipasto 58 se fije incorrectamente. En ambos casos, la carga entre los polipastos 58 se desequilibrará, lo que puede provocar una inclinación y/o balanceo de la carga 56. Como se ha indicado anteriormente, es altamente deseable detectar dichos problemas lo antes posible, para evitar daños al equipo y también para reducir el peligro para los operarios.

35 Para abordar esto, la viga 40 de separación está provista de un medio de detección de carga que puede detectar cargas individuales en cada punto 52 de carga. En la realización mostrada en la figura 2, el medio de detección comprenden un módulo 62 sensor ubicado debajo de una de las bridas, estando compuesto el módulo 62 sensor por un sensor electrónico contenido dentro de una carcasa.

40 Específicamente, el módulo 62 sensor contiene circuitos que están configurados para procesar señales de datos de salida de sensores en bruto del medio de detección para convertirlas en señales que puedan ser reconocidas por otros dispositivos. Los circuitos también pueden incluir amplificación y filtrado para mejorar la calidad de las señales. En esta realización, el módulo 62 sensor también aloja parte de los medios de detección, por ejemplo, uno o más inclinómetros, como se describirá a continuación. Esto proporciona una disposición compacta que reduce el tiempo de instalación. El módulo 62 sensor incluye además un transmisor inalámbrico que está dispuesto para transmitir las señales de salida de sensores convertidas a un módulo de control para su análisis. Finalmente, el módulo 62 sensor incluye una batería que proporciona energía eléctrica para el medio de detección y para el transmisor. De esta manera, el medio de detección de la viga 40 de separación es autónomo y autoalimentado, eliminando convenientemente la necesidad de cualquier forma de conexión por cable a la viga 40 de separación. Esta es una clara ventaja en un sistema de grúa de pórtico con movimiento en tres ejes dentro de un entorno de fabricación, en el que los cables adicionales pueden enredarse o engancharse fácilmente en el equipo circundante.

55 En condiciones operativas normales, se espera que las cargas se equilibren sustancialmente a través de los puntos 52 de carga. Sin embargo, si se produce un fallo, uno o más puntos 52 de carga experimentarán un aumento o disminución repentina e inesperada de la carga. Como el medio de detección puede monitorizar cada punto 52 de carga individualmente, los cambios repentinos en cualquiera de los puntos 52 de carga pueden detectarse y usarse para activar una alerta de una condición de fallo. La alerta puede utilizarse para implementar acciones correctivas para evitar daños al equipo y peligro al personal.

Se observa que cuando se eleva inicialmente una carga 56, hay un período de inestabilidad durante el cual los

polipastos 58 se tensan sucesivamente a medida que la viga 40 de separación sube y se orienta hacia el plano horizontal; la carga 56 solo debe elevarse una vez que todos los polipastos 58 estén tensos. Esto se tiene en cuenta al procesar datos proporcionados por el medio de detección, para evitar falsas alarmas.

5 En una realización, mostrada más claramente en las figuras 7 a 9, el medio de detección comprende medios de detección de carga en forma de celdas 64 de carga. Estas figuras muestran un punto 52 de carga en primer plano, de tal manera que una celda 64 de carga asociada con el punto 52 de carga es claramente visible. En esta realización, la celda 64 de carga es solidaria con el pasador del grillete. Como la ubicación del pasador del grillete con respecto al punto 52 de carga es fija, la celda 64 de carga puede usar este punto como un dato. Debajo del pasador del grillete, se extiende dos pasadores 66 de carga desde un cuerpo 68 principal de la celda 64 de carga para apoyarse contra el grillete 54, con un pasador 66 de carga a cada lado del grillete 54. Cuando una carga 56 induce una tensión en el grillete 54, este, a su vez, aplica presión a los pasadores 66 de carga. La celda 64 de carga incluye una disposición de galga extensiométrica que convierte la presión aplicada a los pasadores 66 en una señal indicativa de la carga en el grillete 54. La celda 64 de carga es de otra manera totalmente convencional, y el lector experto apreciará que podrían usarse diversas formas de celda de carga en esta aplicación.

15 Se observa que cada grillete 54 tiene una celda 64 de carga respectiva, de manera que en esta realización, el medio de detección comprende cuatro celdas 64 de carga. En consecuencia, se producen cuatro señales para indicar la carga en cada punto 52 de carga. Estas señales se pasan al módulo 62 sensor a través de un cable. El módulo 62 sensor incluye amplificadores para amplificar las señales. Las señales amplificadas se envían a un módulo de control para su procesamiento. El módulo de control no forma parte de la viga 40 de separación y, por lo tanto, se describirá más adelante.

20 Las señales de salida del medios de detección de carga pueden usarse para proporcionar una primera indicación de una condición de fallo en la viga 40 de separación. Sin embargo, el medio de detección también está dispuesto para proporcionar una segunda indicación de un fallo por medio de un medio de detección de pendiente en forma de un inclinómetro, que está situado en el módulo 62 sensor. En esta realización, el inclinómetro mide la inclinación de la viga 40 de separación en dos ejes para proporcionar una buena indicación de la orientación de la viga 40 de separación.

25 Durante una condición de fallo, como el enganche de un polipasto 58, es probable que la viga 40 de separación se incline repentinamente hacia una orientación generalmente horizontal. Este movimiento puede ser detectado por el inclinómetro y puede tomarse para indicar un fallo. La dirección en la que se inclina la viga 40 de separación variará dependiendo de que el polipasto 58 se enganche o de que se fije incorrectamente. Por lo tanto, el inclinómetro está dispuesto para medir la inclinación de la viga 40 de separación en todas las direcciones resolviendo las mediciones de inclinación en cada uno de los dos ejes.

30 Tanto la inclinación de la viga 40 de separación como la carga individual en cada punto 52 de carga pueden ser indicativas de una condición de fallo. Como la viga 40 de separación incluye medios para monitorizar cada uno de estos parámetros, puede implementarse una mejor detección de fallos comparando ambos conjuntos de datos, es decir, los datos de carga y los datos de inclinación.

35 Pasando ahora a las figuras 10 y 11, se ilustra una arquitectura 70 de control para el sistema 10 de grúa de pórtico anterior. La arquitectura 70 se muestra gráficamente en la figura 10, y esquemáticamente en la figura 11.

40 En esta realización, el módulo de control toma la forma de un controlador 72 lógico programable (PLC, por sus siglas en Inglés de programmable logic controller) que está dispuesto para recopilar las señales de salida de los diversos sensores del sistema 10 de grúa, y para analizar esas señales para determinar una condición de fallo. El PLC 72 puede, por ejemplo, transportarse en un larguero 20 del subconjunto 18 de pórtico. En tal disposición, las señales procesadas y las alertas de fallo se envían a través del colgante 28 de control a un ordenador 74, que registra los datos. El ordenador 74 también proporciona una interfaz de usuario (UI, por sus siglas en inglés user interface) configurada para presentar alertas de condición de fallo a un operario, y para permitirle ver datos históricos y ajustar parámetros operativos tales como una velocidad máxima de elevación y restricciones de altura. La UI también proporciona un nivel de control que permite al operario realizar acciones específicas, como detener y apagar la grúa 10. También se proporciona una unidad 75 de control del usuario que permite al operario introducir comandos manualmente para controlar el sistema de grúa. Estos comandos se transmiten al PLC 72, que los implementa de acuerdo con los parámetros operativos del sistema.

45 El PLC 72 también está dispuesto para controlar la grúa 10 en respuesta a las señales de control recibidas desde el ordenador 74 en combinación con los comandos recibidos desde la unidad 75 de control del usuario y las señales de salida de sensor. Las señales de control indican los parámetros operativos para el sistema 10 de grúa de acuerdo con lo definido por el operario a través de la UI. Además de esto, el PLC 72 analiza las señales de salida de sensor para determinar las condiciones de fallo de acuerdo con los parámetros definidos por el operario. En el caso de una condición de fallo, el PLC 72 está dispuesto para anular las señales de control para implementar una acción correctiva.

50 En una realización alternativa en la que más de un sistema 10 de grúa se controla a través de una red común, cada

5 sistema 10 de grúa tiene su respectivo PLC 72 esclavo que está dispuesto para comunicarse con un PLC 72 maestro. El PLC 72 maestro está dispuesto para recibir señales de salida de sensor de cada uno de los PLC 72 esclavos, y para procesar las señales para detectar condiciones de fallo. Por otra parte, cada PLC 72 esclavo implementa el control de su respectivo sistema 10 de grúa de acuerdo con las señales de control recibidas desde el PLC 72 maestro. Por lo tanto, en esta disposición, el procesamiento de las señales de salida de sensor para la detección de fallos se centraliza en el PLC 72 maestro. Esto proporciona una disposición eficaz en la que los cambios en los parámetros operativos pueden implementarse de forma centralizada y, por lo tanto, rápidamente.

10 En esta realización, el medio de detección de la viga 40 de separación se comunican de forma inalámbrica con el PLC 72, por ejemplo, usando Bluetooth®. Las señales inalámbricas se crean y se emiten mediante el transmisor del módulo 62 sensor, y se reciben mediante un receptor 76 inalámbrico conectado al PLC 72. Por separado, las señales del equipo de detección del sistema de pórtico 10, como el codificador de hilo y los sistemas de detección de desplazamiento por láser, se envían a través de una conexión cableada al PLC 72. Las señales se envían usando un protocolo de red industrial como el Profibus.

15 La figura 12 muestra la arquitectura interna del PLC 72, junto con los módulos funcionales del ordenador 74 con los que se comunica el PLC 72. Como se ilustra, el PLC 72 incluye un módulo 78 de entrada/salida (E/S) y un módulo 80 de procesamiento que incluye una unidad 82 central de procesamiento (UCP), un módulo 84 de memoria de acceso aleatorio (RAM, por sus siglas en inglés, random access memory) y un módulo 86 de memoria no volátil, como una memoria CompactFlash. Uno o más programas o algoritmos de control se almacenan en la memoria 86 no volátil, junto con los parámetros operativos. Como se muestra, un control de entrada que incluye una interfaz hombre-máquina (IHM), concretamente el ordenador 74, tiene acceso de lectura y escritura a la memoria 86 no volátil, lo que permite el ajuste de los parámetros operativos y de los programas de control, así como el control directo de la grúa 10 a través del PLC 72.

25 El módulo 78 de E/S está en comunicación con un controlador 88 de grúa como el accionamiento de grúa descrito anteriormente. Las señales de control generadas por el módulo 80 de procesamiento o por un operario a través de la UI se envían al accionamiento de grúa desde el módulo 78 de E/S para efectuar el movimiento de la grúa 10. El módulo 78 de E/S también lee datos del accionamiento de grúa, como es convencional en los sistemas de accionamiento de esta naturaleza, los datos se recopilan principalmente con fines de diagnóstico.

30 El ordenador 74 está conectado a un servidor 90 a través de una red local. Una aplicación 92 se ejecuta en el servidor 90 que recibe y almacena datos operativos para el sistema 10 de grúa en una base 94 de datos. La base 94 de datos 94 también es accesible mediante un servidor 96 web, que permite una implementación basada en la web del sistema que hace uso conveniente de la infraestructura de telecomunicaciones fácilmente disponible, y también crea el potencial para centralizar el control de múltiples sistemas dispersos si es necesario. La inclusión de la base 94 de datos permite que los datos operativos históricos se almacenen para un análisis posterior, por ejemplo, con fines de diagnóstico.

35 La figura 13 ilustra una envolvente 100 operativa típica para el sistema 10 de grúa que puede usarse para determinar una condición de fallo. La gráfica muestra la grúa moviéndose a tres velocidades de estado estable distintas, S1 a S3, correspondientes a las porciones horizontales de la gráfica. Estas son velocidades operativas discretas del sistema 10 de grúa y podrían estar relacionadas con el movimiento vertical o de traslación. Las porciones en ángulo del gráfico corresponden a períodos de aceleración o desaceleración entre las velocidades operativas establecidas. La línea 102 central continua de la gráfica representa el perfil de desplazamiento deseado, mientras que las líneas 104, 106 discontinuas superior e inferior representan la desviación aceptable del perfil deseado, para definir una envolvente 100 permisible. La desviación aceptable se calcula para tener en cuenta las características del sistema de grúa, como la potencia de los accionamientos de la grúa y la inercia del sistema, así como el tamaño, la forma y la masa de una carga 56 que debe mover la grúa 10. También se tiene en cuenta el rendimiento del sistema de control en términos de rebasamiento, no rebasamiento y linealidad. Debe apreciarse que la envolvente 100 permisible se determina de manera dinámica para tener en cuenta las demandas variables impuestas al sistema: aunque el sistema 10 de grúa puede usarse de manera repetitiva y predecible en un entorno de producción, normalmente los sistemas de grúa 10 se requieren al menos ocasionalmente para llevar a cabo operaciones no rutinarias para las cuales la envolvente 100 permisible no puede determinarse por adelantado. Por ejemplo, el operario de la grúa puede desear mover un objeto entre dos ubicaciones no rutinarias, elevar un objeto inusualmente pesado o moverla más rápido de lo normal. Por este motivo, la envolvente 100 se determina en tiempo real, teniendo en cuenta todos los parámetros operativos instantáneos.

55 Los datos mostrados en el gráfico pueden derivarse convenientemente del equipo de detección provisto con el sistema 10 de grúa de pórtico, es decir, los sistemas de detección de desplazamiento por láser x e y, y el codificador de hilo.

60 Se producirá una desviación si la grúa 10 se mueve a una velocidad de estado estable incorrecta, o si acelera demasiado rápido o demasiado lento. En cualquier caso, es probable que la desviación fuera de la envolvente 100 permisible sea un signo de un problema en desarrollo, como un enganche de un polipasto 58 o una fijación incorrecta de la carga 56. La desaceleración rápida puede ser indicativa de una avería. Por lo tanto, cualquier

desviación fuera de la envolvente 100 permisible se trata como indicativa de una condición de fallo, y se genera y se muestra una alerta al operario, que puede tomar la acción correctiva. Alternativamente, en ciertas condiciones de fallo, el sistema 10 de grúa puede implementar una acción correctiva automáticamente, que simplemente se reporta al operario. Ejemplos de acciones correctivas que el sistema 10 de grúa puede tomar incluyen: ralentizar el movimiento del carro 12, del polipasto 14 o del subconjunto 18 de pórtico; detener el movimiento de la carga 56 en su conjunto; o detenerla y luego moverla en una dirección inversa, por ejemplo, bajando un polipasto 14 que estaba subiendo cuando se produjo un fallo.

También se aplican tolerancias aceptables a las cargas instantáneas informadas en cada punto 52 de carga de la viga 40 de separación, y esto se muestra en la figura 14. Al igual que con los datos de velocidad en la figura 13, se aplica una envolvente 108 permitida a los datos de carga para definir condiciones de fallo. Se espera que la carga en cada punto 52 de carga sea consistente a lo largo del movimiento de la grúa, excepto durante los períodos de aceleración o desaceleración en los que la carga aumenta o disminuye en consecuencia, como se ha indicado anteriormente. Puede aplicarse un filtro cuando se eleva inicialmente una carga 56, donde las cargas individuales pueden ser muy altas durante períodos cortos, ya que cada polipasto 58 se tensa sucesivamente. Se observa que el perfil de respuesta de carga puede seguir una trayectoria más curva que la trayectoria relativamente lineal representada en la figura 14. También debe observarse que el perfil de respuesta de carga que se muestra en la figura 15 no se corresponde con el perfil de velocidad de la figura 14.

La figura 15 es una captura de pantalla de una IU 110 que es adecuada para su uso con el sistema 10 de grúa. Debe apreciarse que la IU 110 que se muestra es totalmente representativa y podría variar considerablemente en el diseño y en la implementación. La captura de pantalla es de una pantalla 112 de "Descripción general principal" que un operario normalmente monitorizaría. Esta pantalla incluye representaciones gráficas de la viga 40 de separación desde varias perspectivas, y muestra mediciones instantáneas para cada una de las celdas de carga, así como de los inclinómetros, actualizándose todas en tiempo real.

Una barra 114 de estado se extiende a lo largo de un borde inferior de la pantalla 112, que sirve como medio principal de comunicación de una alerta al operario. En la figura 15, la barra 114 es verde, lo que indica que no se han detectado fallos y que la grúa 10 está operando dentro de límites aceptables. Al detectar una condición de fallo, la barra 114 de estado cambiará de color para alertar al operario de manera visible, con alertas graduadas de amarillo a ámbar y hasta rojo de acuerdo con la gravedad de la fallo.

El operario puede navegar entre seis pantallas principales haciendo clic en uno de los seis iconos correspondientes en la esquina superior izquierda de la pantalla. En esta realización, las pantallas disponibles son: "Descripción general principal", que es la pantalla que está seleccionada en la figura 15; "Descripción general detallada"; "Visor de alarmas"; "Seguimiento de eventos"; "Visor de tendencias"; y "Menú y configuración". Debe observarse que la barra 114 de estado aparece en todas las pantallas, de modo que el operario recibe una alerta de los fallos, independientemente de la pantalla que se esté visualizando. Cada una de las pantallas se describirá ahora brevemente con referencia a las figuras 16 a 20.

Como se muestra en la figura 16, la "Descripción general detallada" 116 incluye datos textuales que muestran las mismas mediciones para las celdas de carga y los inclinómetros que están disponibles en la pantalla 112 "Descripción general principal". Además, esta pantalla 116 muestra el estado de otros diversos elementos del sistema 10 de grúa, así como un resumen de los datos operativos históricos de la grúa.

El "Visor de alarmas" 118, que se muestra en la figura 17, enumera los eventos de alarma recientes, incluyendo una breve descripción de cada alarma. Esta pantalla incluye un botón 120 "anterior" y un botón 122 "siguiente" para permitir al operario navegar por una serie de pantallas de visor de alarmas para ver alarmas históricas.

La figura 18 muestra la pantalla 124 de "Visor de eventos", que tiene un formato similar al de la pantalla 118 del "Visor de alarmas", pero incluye una lista más completa de eventos que incluyen operaciones de grúa y actualizaciones de estado, además de los eventos de alarma.

La pantalla 126 "Visor de tendencias" que se muestra en la figura 19 representa mediante gráficos los datos de la celda de carga y del inclinómetro durante un período predefinido, por ejemplo, 5 minutos. Esto permite al operario ver las tendencias en los datos de la viga de separación, lo que permite la detección de problemas más sutiles que el software no puede detectar, por ejemplo, una distribución inesperada de las cargas alrededor de los puntos 52 de carga de la viga 40 de separación. Por lo tanto, esto aumenta la capacidad del sistema para permitir la identificación remota de las condiciones de fallo en el sistema 10 de grúa.

La pantalla 128 "Menú y configuración" en la figura 20 incluye botones que permiten al operario navegar a varias subpantallas para ajustar los parámetros operativos y realizar otras funciones. Estas características se corresponden en términos generales con los menús de configuración para un software de IU similar que será familiar para el experto, y por lo tanto no se describen con más detalle aquí.

La UI 110 descrita anteriormente proporciona al operario todo lo necesario para monitorizar el estado del sistema 10 de grúa para garantizar que esté operando correctamente. De esta manera, la IU 110 junto con el sistema de control permiten la detección remota de fallos para el sistema 10 de grúa de pórtico, lo que permite una rápida

implementación de la acción correctiva para evitar daños a la grúa 10, a la carga 56 y al equipo circundante, mientras el operario se retira de las proximidades de la grúa 10 para evitar peligros. La variedad de fallos que pueden detectarse automáticamente se mejora en gran medida a través de la inclusión del medio de detección de la viga de separación, es decir, las celdas de carga y los inclinómetros, maximizando así la eficacia de la detección y de la corrección de fallos.

Las figuras 21 a 26 ilustran la lógica en escalera gráfica de un tipo que será familiar para el experto, con la que puede programarse el PLC 72 de la arquitectura 70 de control anterior para calcular umbrales dinámicos para varios parámetros operativos del sistema 10 de grúa. Las figuras representan una serie de programas o rutinas que se ejecutan en el PLC 72 para monitorizar los parámetros operativos y ajustar los umbrales en consecuencia. Las series de rutinas mostradas se basan en un sistema que incluye una viga 40 de separación con cuatro puntos 52 de carga, en el que la carga 56 está soportada mediante eslingas que se transportan entre los puntos 52 de carga diametralmente opuestos de la viga 40 de separación.

La figura 21 muestra una primera rutina 130 que se usa para determinar un umbral apropiado para la carga total medida a través de los cuatro puntos 52 de carga, junto con la inclinación general de la viga 40 de separación medida por los inclinómetros. Se observa que la carga total esperada generalmente no se conoce de antemano ya que el sistema 10 de grúa puede usarse para levantar una diversidad de cargas. Por lo tanto, la primera rutina 130 está configurada para ajustar un intervalo de umbral de valores aceptables para la carga total de manera dinámica en respuesta a las mediciones de carga en tiempo real a medida que se eleva la carga 56.

Se observa que las mediciones de carga producidas por el medio de detección de carga variarán no solo de acuerdo con el peso de la carga 56, sino también como resultado de la aceleración vertical de la carga 56 a medida que sube. A medida que la carga 56 acelera durante las fases iniciales de elevación, la fuerza requerida para acelerar la masa de la carga 56 aumenta la carga general medida en los puntos 52 de carga. Por el contrario, cuando la carga 56 se desacelera a medida que se acerca a su punto más alto, la fuerza general cae por debajo del peso de la carga 56 ya que la fuerza de desaceleración actúa en la dirección opuesta al peso. Normalmente, la primera rutina 130 se basa en un valor para el peso general de la carga unos pocos segundos después de elevar la carga 56, y posteriormente este valor se ajusta solo ligeramente para tener en cuenta la desviación en las mediciones de carga resultantes del movimiento de la carga 56. Las mediciones de carga también pueden referenciarse de forma cruzada con los datos de velocidad, ya que los períodos de velocidad constante corresponderán a las mediciones de carga que reflejan el peso real de la carga 56, mientras que los períodos de aceleración y desaceleración deben reflejarse en las mediciones de carga como un aumento o disminución general de la carga respectivamente.

Las figuras 22 y 23 se relacionan a una segunda rutina 132 y una tercera rutina 134 respectivamente, que son ambos ensayos de distribución de carga. Estas rutinas 132, 134 efectúan la monitorización de la salida de los sensores de carga y operan para determinar si las señales recibidas de esos sensores siguen siendo aceptables.

Como se ha indicado anteriormente, el filtrado se aplica cuando la carga 56 se sube inicialmente para tener en cuenta las altas fuerzas generadas en las eslingas a medida que se tensan repentinamente al tomar la carga 56. Después de esto, las rutinas segunda y tercera 132, 134 monitorizan las mediciones de carga para determinar si la distribución de carga a través de los puntos 52 de carga es aceptable, teniendo en cuenta el hecho de que, en un sistema con cuatro puntos 52 de carga, un par de puntos 52 de carga diametralmente opuestos normalmente transportará una mayor proporción de la carga 56 que la otra par. Esto se debe a la longitud de las eslingas y a su colocación con respecto al centro de masa de la carga 52. La eslinga que transporta la mayor proporción de carga generalmente permanece tensa durante todo el movimiento de la grúa, mientras que la distribución del resto de la carga a través de los otros puntos 52 de carga puede variar a medida que la carga 56 pivota u oscila alrededor de la eslinga tensa hasta cierto punto. El alcance de esta variación dependerá de la masa general de la carga 56 y también de su forma. Por lo tanto, el umbral de distribución de carga se ajusta de manera dinámica para tener en cuenta estos factores, en el contexto de la carga general total de acuerdo con lo determinado por la rutina paralela descrita anteriormente.

Aparte de esto, las rutinas segunda y tercera 132, 134 también incluyen verificaciones para asegurar que la carga 56 esté correctamente fijada a los cuatro puntos 52 de carga. Esto implica verificar que las cargas individuales en cada punto 52 de carga no sean cero, y también que ninguna de esas cargas excede un umbral que sería indicativo de que uno de los puntos 52 de carga está cargando más peso de la carga 56 que lo que debería debido a una fijación incorrecta de la carga 56 a uno de los otros puntos 52 de carga.

La lógica en escalera que se muestra en la figura 24 define una cuarta rutina 136 para identificar si una grúa se está moviendo cuando no debería hacerlo, es decir, cuando no se ha solicitado ningún movimiento. Dicho movimiento se detecta usando las señales recibidas de los dos sistemas de detección de desplazamiento por láser. La figura 25 se refiere a una quinta rutina 138 que define un ensayo de velocidad, que nuevamente usa datos de los dos sistemas de detección de desplazamiento por láser, en este caso monitorizando el desplazamiento en el tiempo para derivar la velocidad de la grúa. Esta rutina 138 usa estos datos para ajustar de manera dinámica una envolvente de velocidad aceptable, como las descritas anteriormente con referencia a las figuras 13 y 14.

Por último, una sexta rutina 140, que se muestra en la figura 26, también procesa los datos de posición proporcionados por los sistemas de detección de desplazamiento por láser, en este caso para establecer si la grúa se está moviendo en la dirección incorrecta.

5 Volviendo finalmente a la figura 27, se muestra un diagrama de flujo que representa un procedimiento 142 para determinar la existencia de una condición de fallo usando el aparato descrito anteriormente. Este procedimiento 142 se enfoca en las mediciones relacionadas con las cargas en cada punto 52 de carga y con la inclinación de la viga 40 de separación, aunque debe apreciarse que el procedimiento 142 puede extenderse para incluir otros parámetros operativos del sistema, tales como: una velocidad vertical de la viga 40 de separación a medida que se sube en el polipasto 14; una velocidad de movimiento del carro 12; una posición del carro 12; y una dirección de movimiento del carro 12.

10 El procedimiento comprende un par de subprocedimientos 144, 146, paralelos que se muestran a la izquierda y a la derecha en la figura 27. La subrutina 144 izquierda comienza en la etapa 148 con la monitorización de las cargas individuales en cada punto 52 de carga. Debe observarse que esta etapa 148 itera continuamente para proporcionar mediciones en tiempo real para las cargas en cada punto 52 de carga. A partir de estas mediciones, se calculan parámetros operativos adicionales que incluyen una distribución de carga y una carga general total en las etapas 150 y 152 respectivamente. Los valores calculados se comparan luego en la etapa 154 con los intervalos de carga correspondientes que definen valores aceptables para esos parámetros operativos. Si los valores monitorizados se encuentran dentro de los intervalos de carga aceptables respectivos, el procedimiento determina en la etapa 156 que no hay una condición de fallo con respecto a las mediciones de carga. Las cargas monitorizadas se usan luego para actualizar los intervalos de carga de manera dinámica en la etapa 158, como se ha descrito anteriormente. El subprocedimiento 144 izquierdo se repite.

15 Si los valores monitorizados caen fuera de los intervalos aceptables respectivos, el procedimiento determina en la etapa 156 que hay una condición de fallo con respecto a las mediciones de carga. Posteriormente, el procedimiento continúa con el sistema 10 de grúa tomando acciones correctivas en la etapa 160 en respuesta a la condición de fallo.

20 La subrutina 146 mostrada a la derecha en la figura 27 comienza con la monitorización en la etapa 162 de la inclinación de la viga 40 de separación. Como en la monitorización de las cargas, la monitorización de la inclinación de la viga 40 de separación itera continuamente para proporcionar datos de inclinación en tiempo real. Los datos de inclinación se comparan en la etapa 164 con un umbral de inclinación, para determinar en la etapa 166 si hay una condición de fallo. Si no hay una condición de fallo, el umbral de inclinación se actualiza en la etapa 168 según sea necesario, y se repite el subprocedimiento 146 derecho.

25 Si la inclinación está por encima del umbral de inclinación, el subprocedimiento 146 derecho determina en la etapa 166 que hay una condición de fallo con respecto a la inclinación. El subprocedimiento 146 derecho continúa posteriormente con el sistema 10 de grúa tomando la acción correctiva de la etapa 160 en respuesta a la condición de fallo.

30 Se observa que el procedimiento 142 continúa con la etapa 160 de acción correctiva si se detecta una condición de fallo en cualquiera de los subprocedimientos 144, 146. Esto se representa en la figura 27 mediante el operador 170 booleano "OR" en el que las rutas de ambos subprocedimientos 144, 146 convergen. La naturaleza de la acción correctiva que se toma se adapta al tipo de fallo que se ha detectado, y puede incluir ralentizar, detener o incluso invertir el movimiento del carro 12 o del polipasto 14, por ejemplo.

35 Una vez que se ha tomado una acción correctiva, el sistema 10 de grúa se coloca normalmente en un modo de seguridad hasta que un operario confirma manualmente que es seguro continuar con la operación de la grúa. Un experto en la materia apreciará que la invención podría modificarse para adoptar muchas formas alternativas a la descrita en el presente documento, sin apartarse del ámbito de las reivindicaciones adjuntas.

40 Por ejemplo, mientras que la viga de separación descrita anteriormente es de estructura cruciforme con cuatro puntos de carga, son posibles muchas otras estructuras, incluida una viga simple con un punto de carga en cada extremo. Una celda de carga respectiva para cada punto de carga puede proporcionarse aún en cualquier variación, y de manera similar, los inclinómetros pueden usarse de la misma manera que se ha descrito anteriormente.

45 El procedimiento descrito anteriormente para la detección de una condición de fallo puede expandirse para tener en cuenta muchos parámetros operativos adicionales, y cuantos más parámetros estén involucrados, mayor será el intervalo de tipos de condición de fallo que pueden detectarse. Alternativamente, el procedimiento puede simplificarse, por ejemplo, eliminando las etapas de cálculo de la distribución de carga o la carga total, para usar solo las cargas individuales para la detección de fallos.

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Un procedimiento para detectar una condición de fallo en un sistema (10) de grúa, el sistema de grúa que comprende una viga (40) de separación para elevar una carga, comprendiendo la viga de separación al menos dos puntos (52) de carga, estando dispuesto cada punto de carga para soportar una porción respectiva de la carga, comprendiendo el procedimiento:
- 10 monitorizar las cargas respectivas aplicadas a cada uno de los puntos (52) de carga;  
 analizar las cargas para determinar si el sistema de grúa está operando fuera de uno o más intervalos de carga aceptables;  
 monitorizar una inclinación de la viga de separación con respecto a un plano horizontal;  
 10 comparar la inclinación con un umbral de inclinación para determinar si el sistema de grúa está operando fuera del umbral de inclinación; y  
 determinar la existencia de una condición de fallo si el sistema de grúa está operando fuera del umbral de inclinación o de al menos uno de los intervalos de carga aceptables.
- 15 2. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que analizar las cargas comprende determinar una carga general total aplicada a través de todos los puntos (52) de carga.
3. El procedimiento de la reivindicación 1, que comprende monitorizar una carga general total aplicada a la viga (40) de separación por separado de la monitorización de las cargas en cada punto (52) de carga.
- 20 4. El procedimiento de la reivindicación 2 o la reivindicación 3, que comprende determinar si la carga general indica que el sistema (10) de grúa está operando fuera de un intervalo de carga aceptable definido por un umbral superior y un umbral inferior, relacionado cada uno con la carga general.
5. El procedimiento de cualquier reivindicación precedente, en el que analizar las cargas comprende determinar una distribución de carga a través de los puntos (52) de carga.
- 25 6. El procedimiento de la reivindicación 5, que comprende determinar si la distribución de carga indica que el sistema (10) de grúa está operando fuera de un intervalo de carga aceptable definido por un umbral superior y un umbral inferior, relacionado cada uno con la distribución de carga.
7. El procedimiento de cualquier reivindicación precedente, que comprende monitorizar la inclinación de la viga (40) de separación en dos ejes ortogonales del plano horizontal.
8. El procedimiento de cualquier reivindicación precedente, que comprende ajustar el o cada intervalo de carga aceptable de manera dinámica en respuesta a las cargas monitorizadas.
- 30 9. El procedimiento de cualquier reivindicación precedente, que comprende ajustar el umbral de inclinación de manera dinámica en respuesta a la inclinación monitorizada.
10. El procedimiento de cualquier reivindicación precedente para detectar una condición de fallo en un sistema (10) de grúa que comprende una viga (40) de separación que comprende al menos cuatro puntos (52) de carga.
- 35 11. El procedimiento de cualquier reivindicación precedente, que comprende monitorizar una velocidad vertical de la viga (40) de separación, analizar la velocidad vertical para determinar si el sistema (10) de grúa está operando fuera de un intervalo de velocidad, y determinar la existencia de una condición de fallo si el sistema de grúa está operando fuera del intervalo de velocidad.
12. El procedimiento de la reivindicación 11, que comprende ajustar el intervalo de velocidad de manera dinámica en respuesta a la velocidad vertical monitorizada.
- 40 13. El procedimiento de la reivindicación 11 o la reivindicación 12, que comprende ajustar el o cada intervalo de carga aceptable de manera dinámica en respuesta a la velocidad vertical monitorizada.
- 45 14. El procedimiento de cualquier reivindicación precedente, para detectar una condición de fallo en un sistema (10) de grúa de pórtico que comprende un carro (12) montado de forma móvil en un conjunto de largueros (20) generalmente horizontales, y que incluye suspender la viga (40) de separación en un polipasto (58) que está soportado por el carro.
15. El procedimiento de la reivindicación 14, que comprende monitorizar una velocidad del carro (12) a lo largo de los largueros (20), analizar la velocidad del carro para determinar si el sistema (10) de grúa está operando fuera de un intervalo de velocidad del carro, y determinar la existencia de una condición de fallo si el sistema de grúa está operando fuera del intervalo de velocidad del carro.
- 50 16. El procedimiento de la reivindicación 15, que comprende ajustar el intervalo de velocidad del carro de manera dinámica en respuesta a la velocidad del carro monitorizada.

17. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 14 a 16, que comprende monitorizar una dirección de movimiento del carro (12) a lo largo de los largueros (20) para determinar una dirección del carro, y determinar la existencia de una condición de fallo si la dirección del carro no es la misma que una dirección del carro solicitada.

5 18. El procedimiento de cualquier reivindicación precedente, que comprende además la etapa de controlar el sistema (10) de grúa para tomar una acción correctiva en el caso de que se detecte la existencia de una condición de fallo.

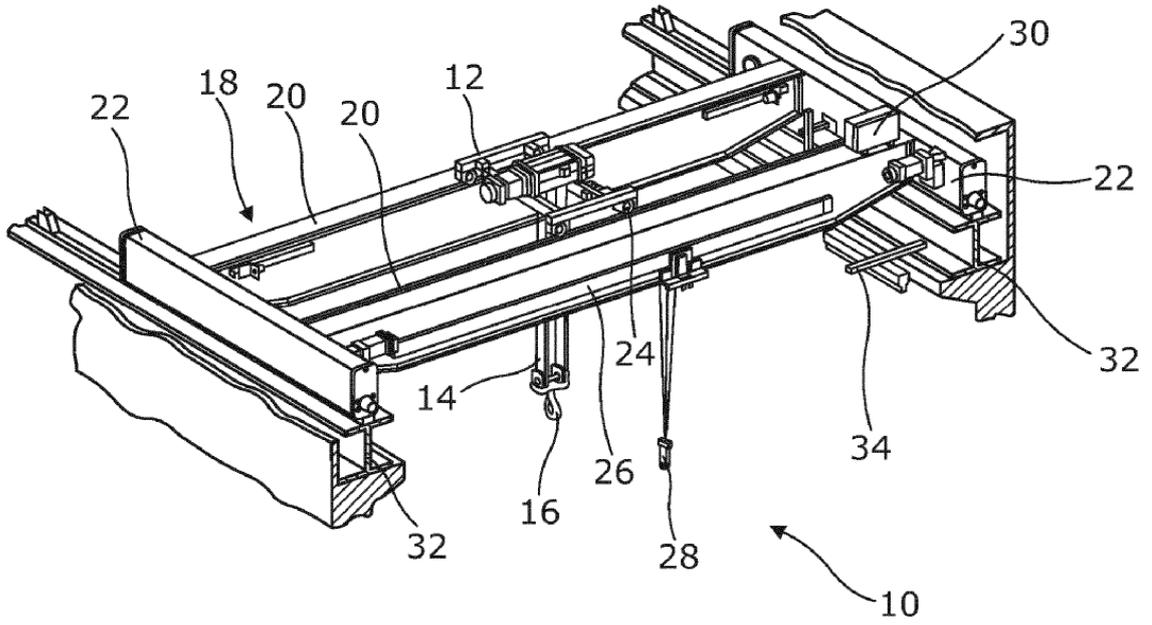


Figura 1

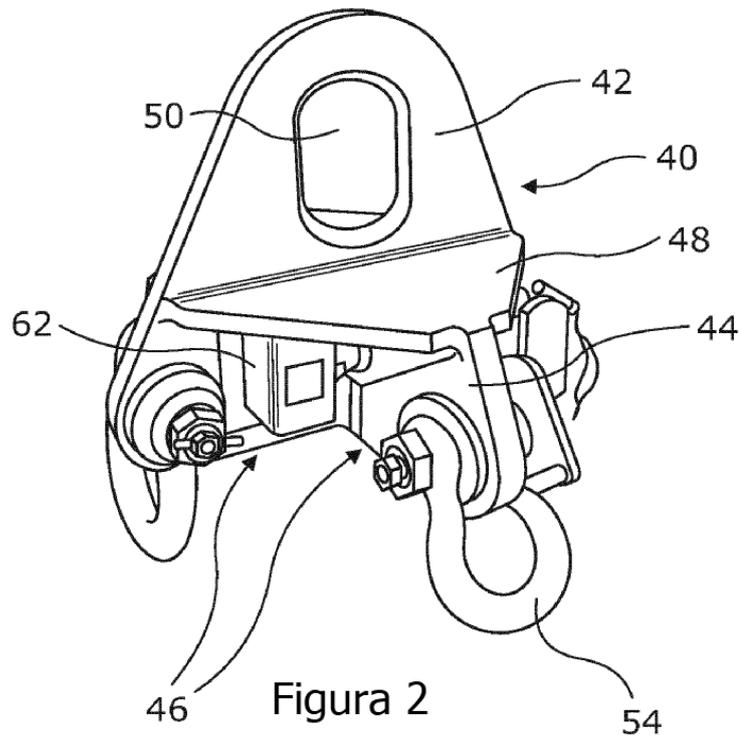
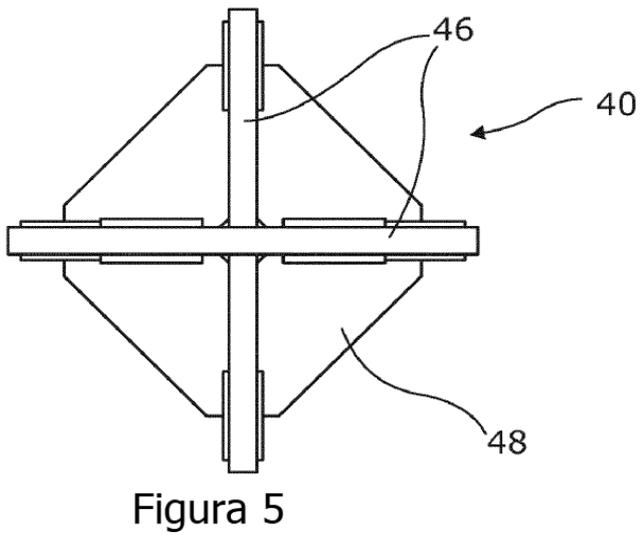
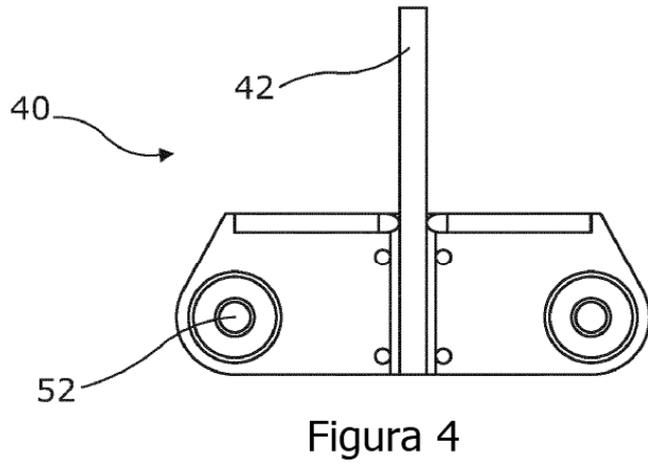
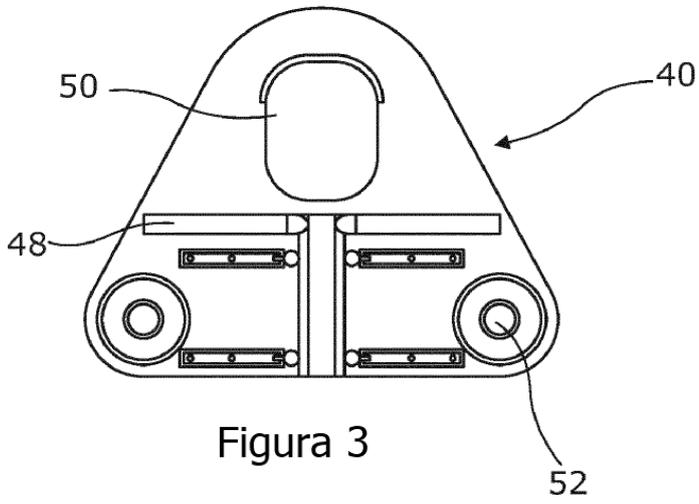


Figura 2



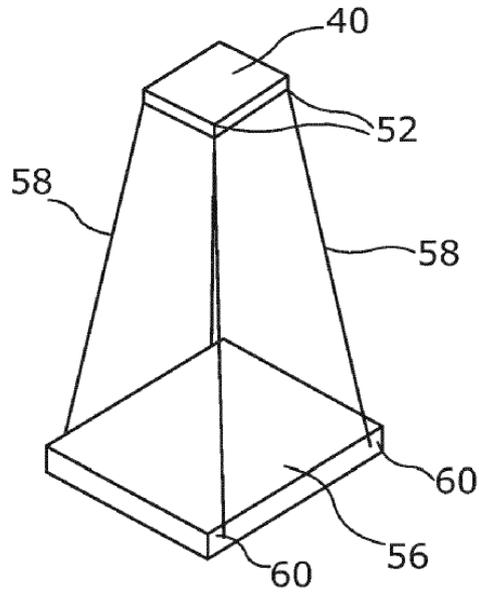


Figura 6

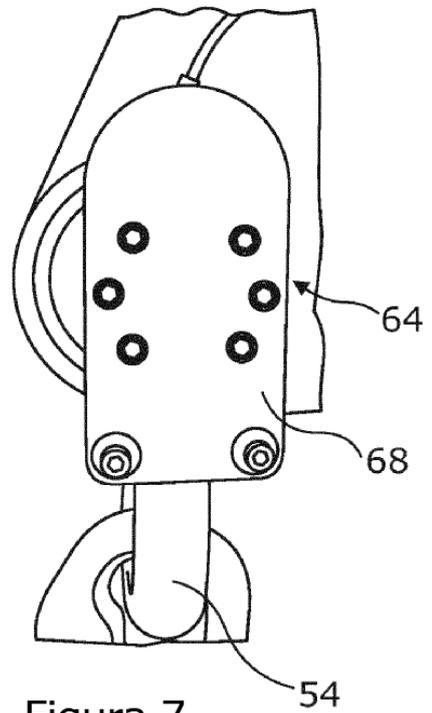


Figura 7

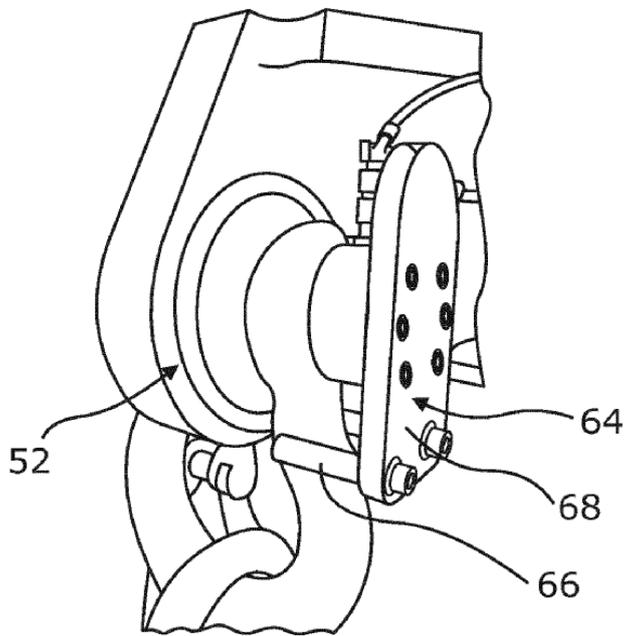


Figura 8

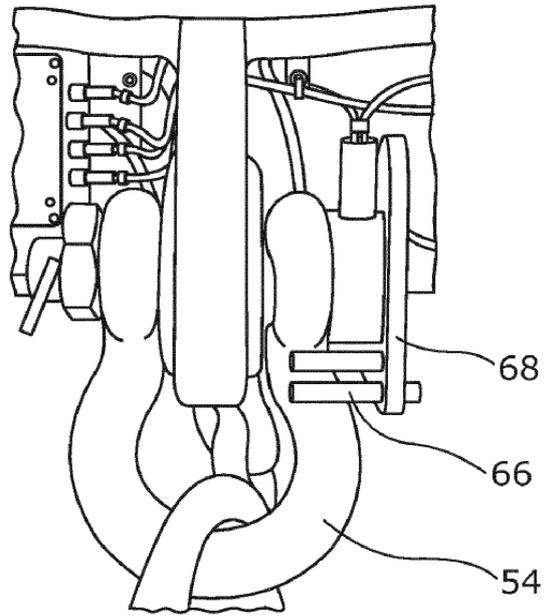


Figura 9

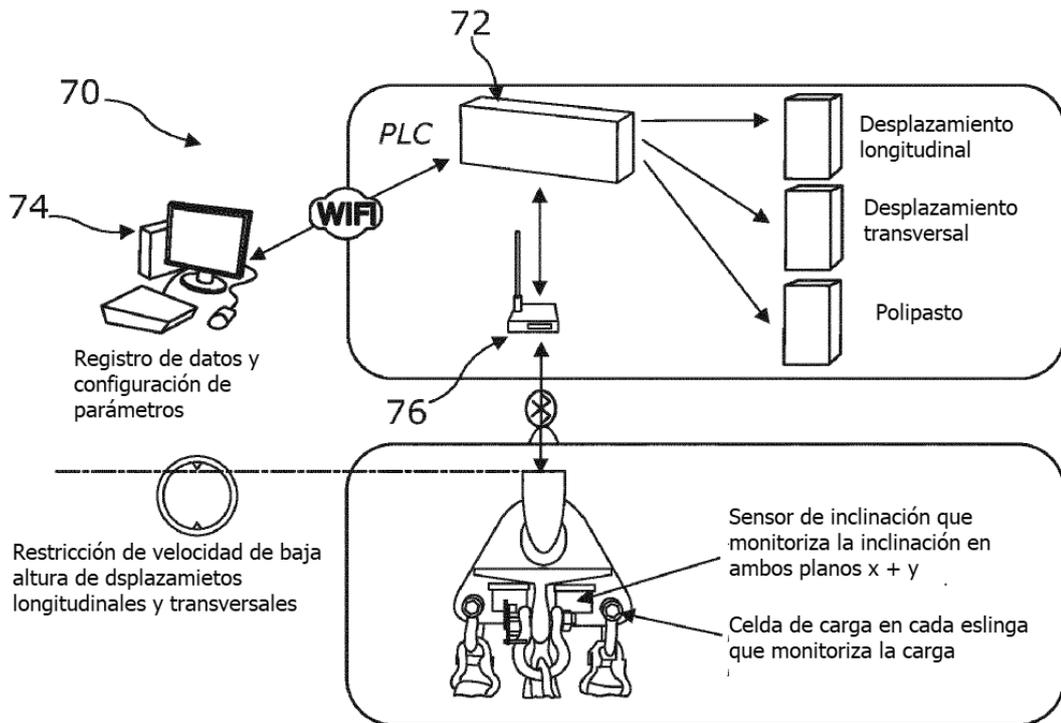


Figura 10

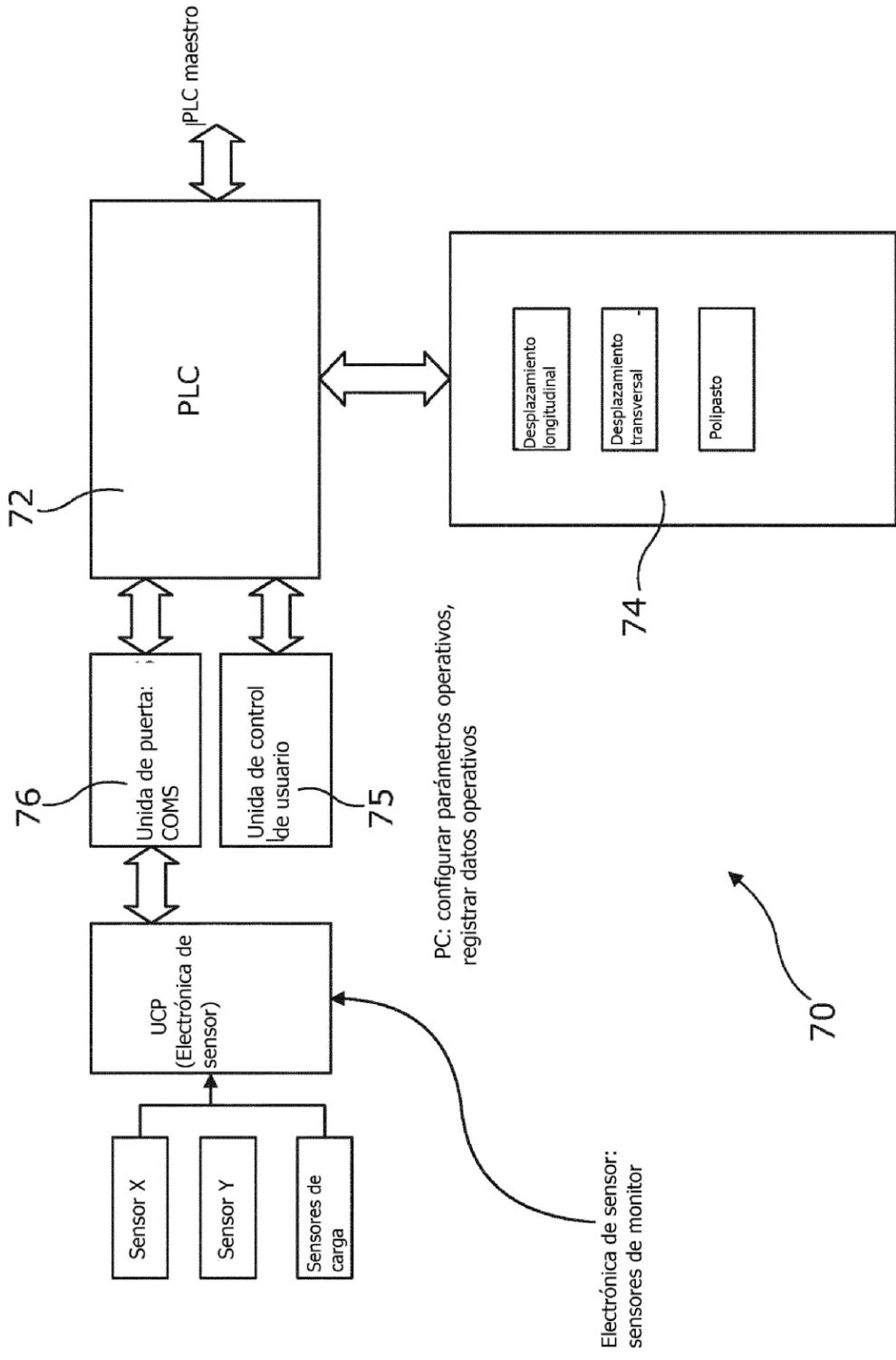


Figura 11

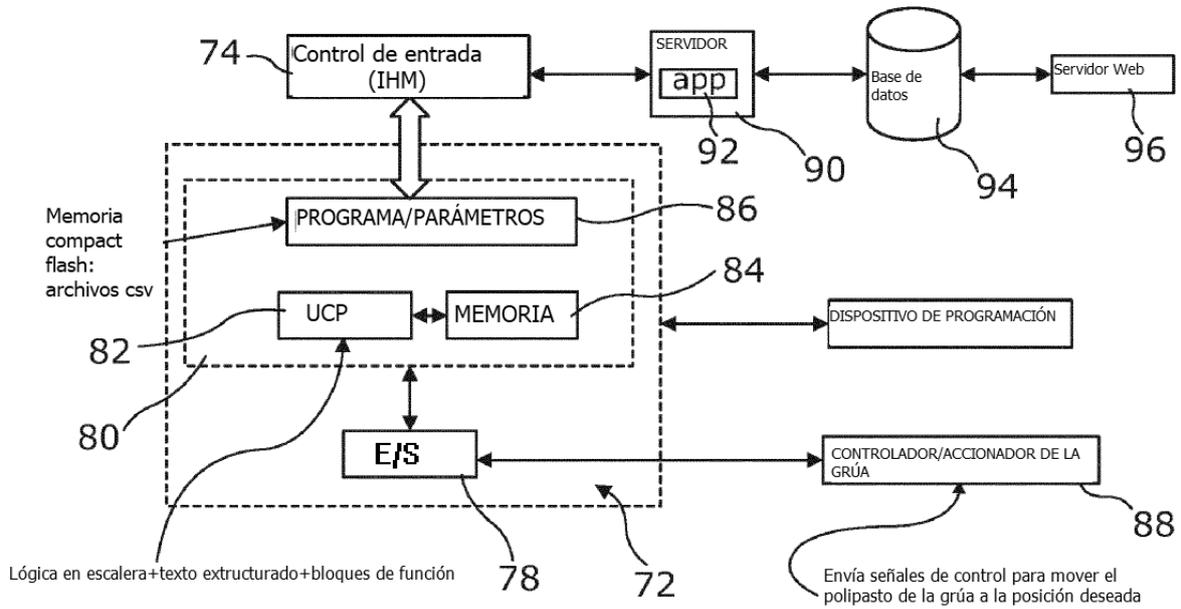


Figura 12

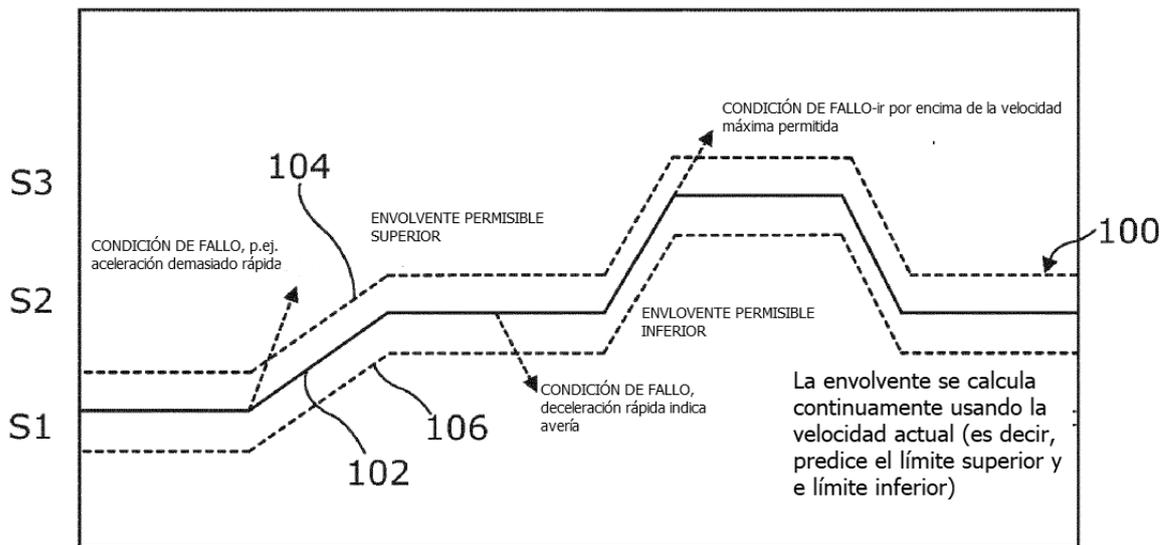


Figura 13

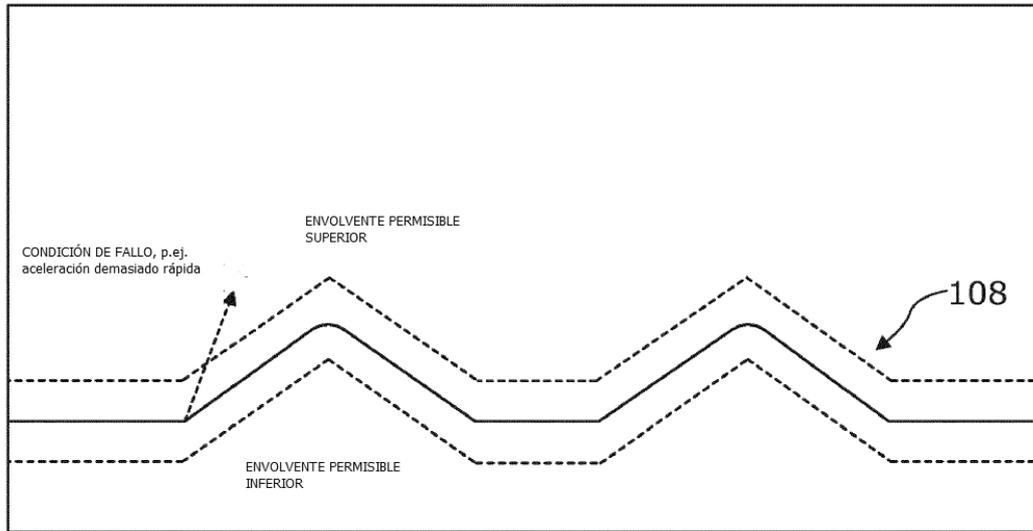


Figura 14

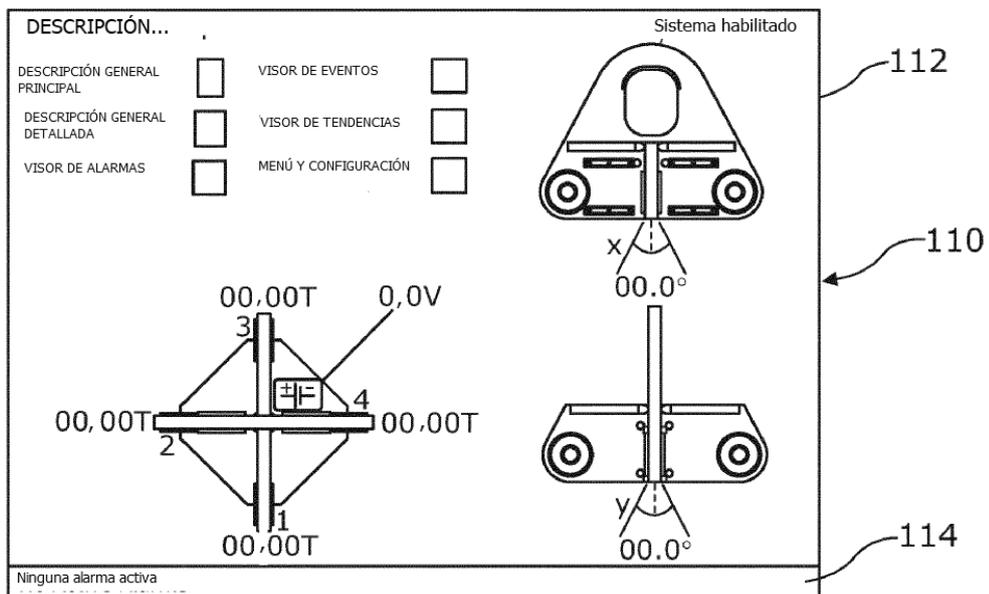


Figura 15

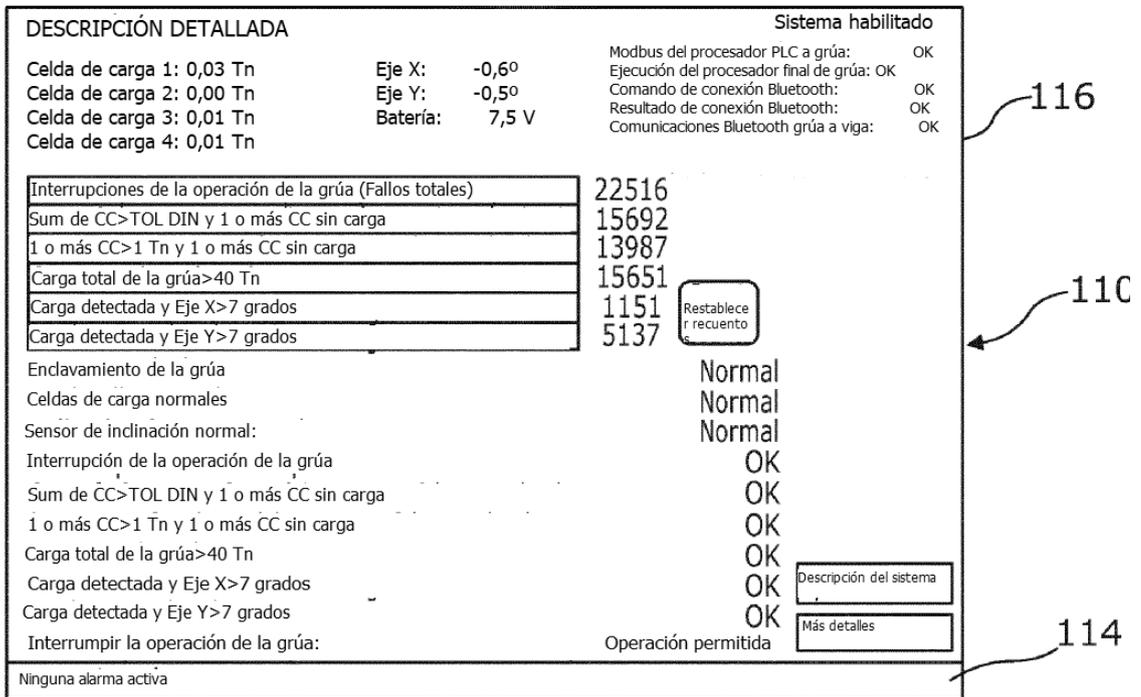


Figura 16

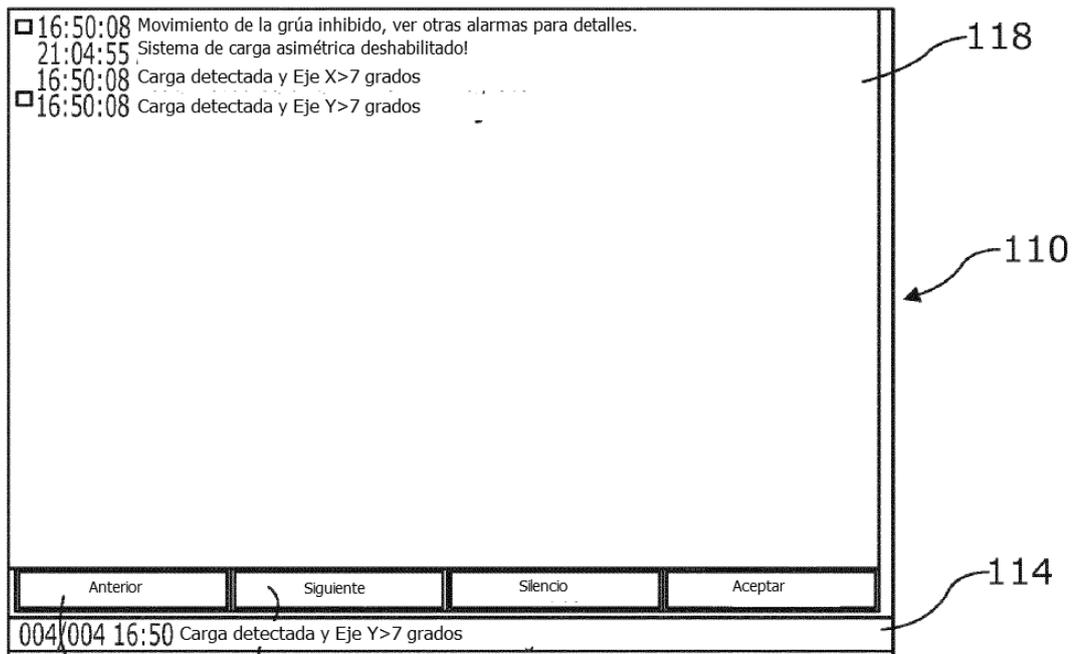


Figura 17

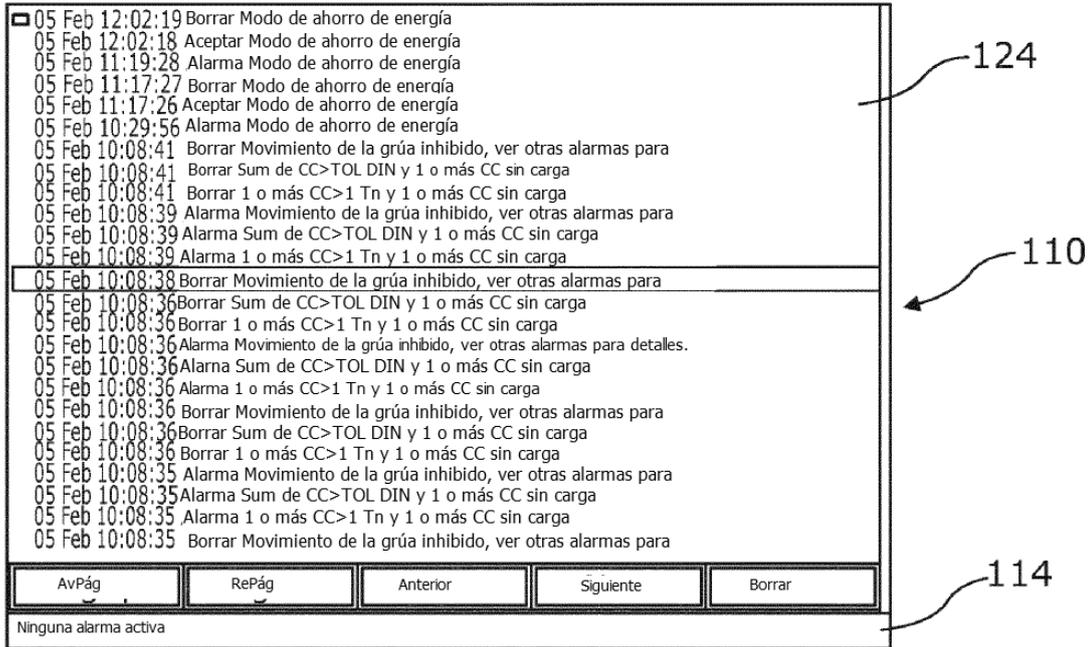


Figura 18

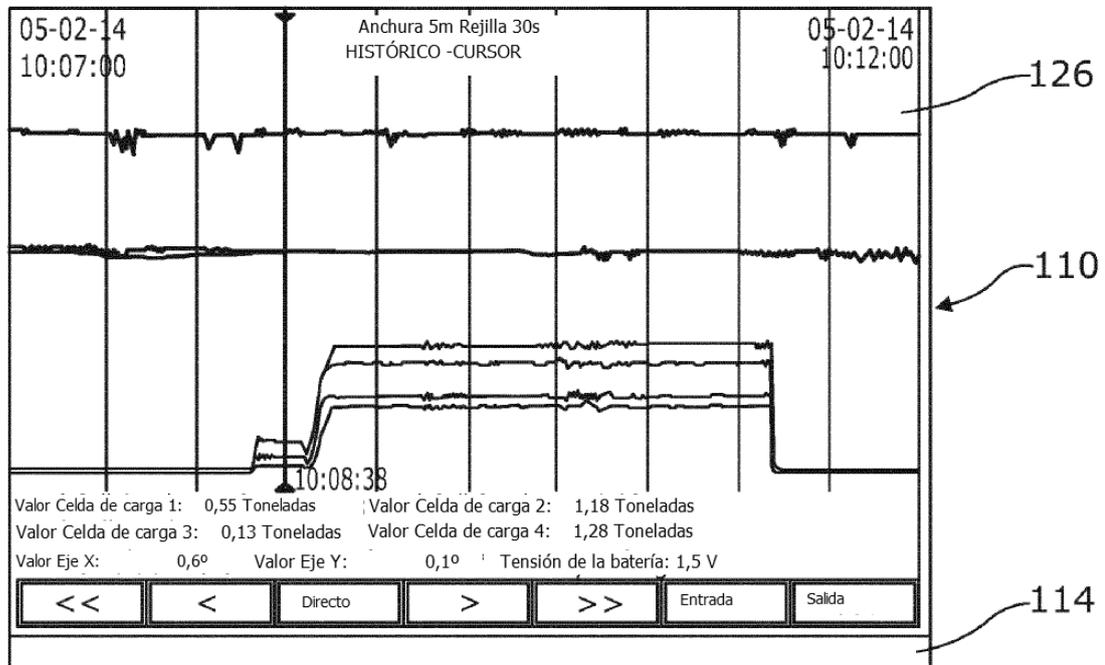


Figura 19

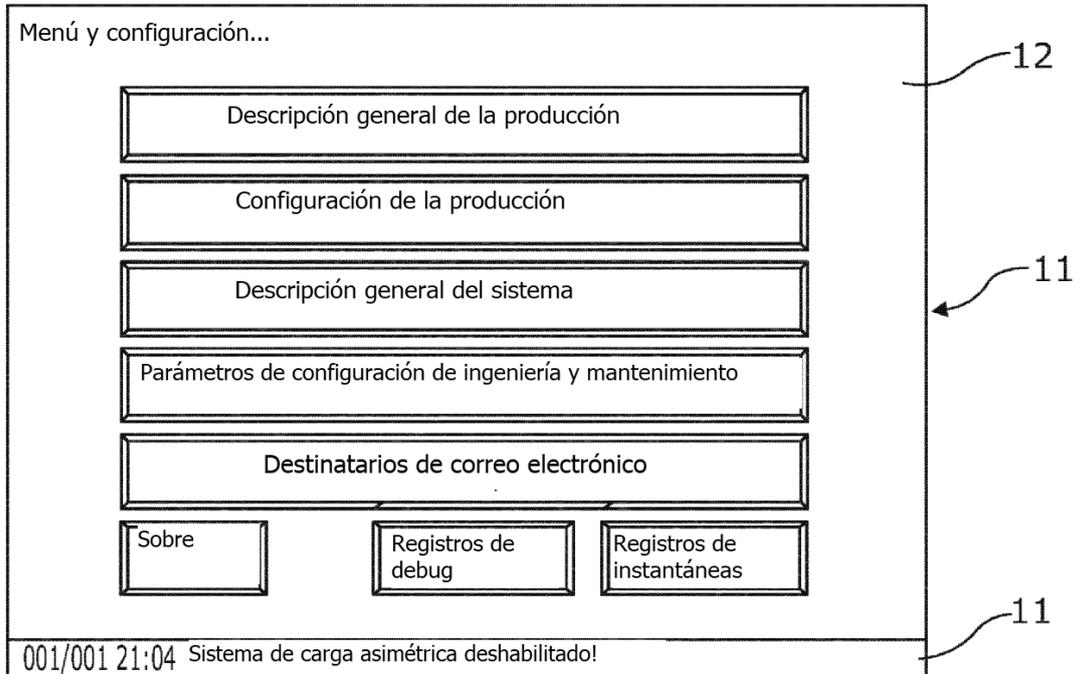


Figura 20

130

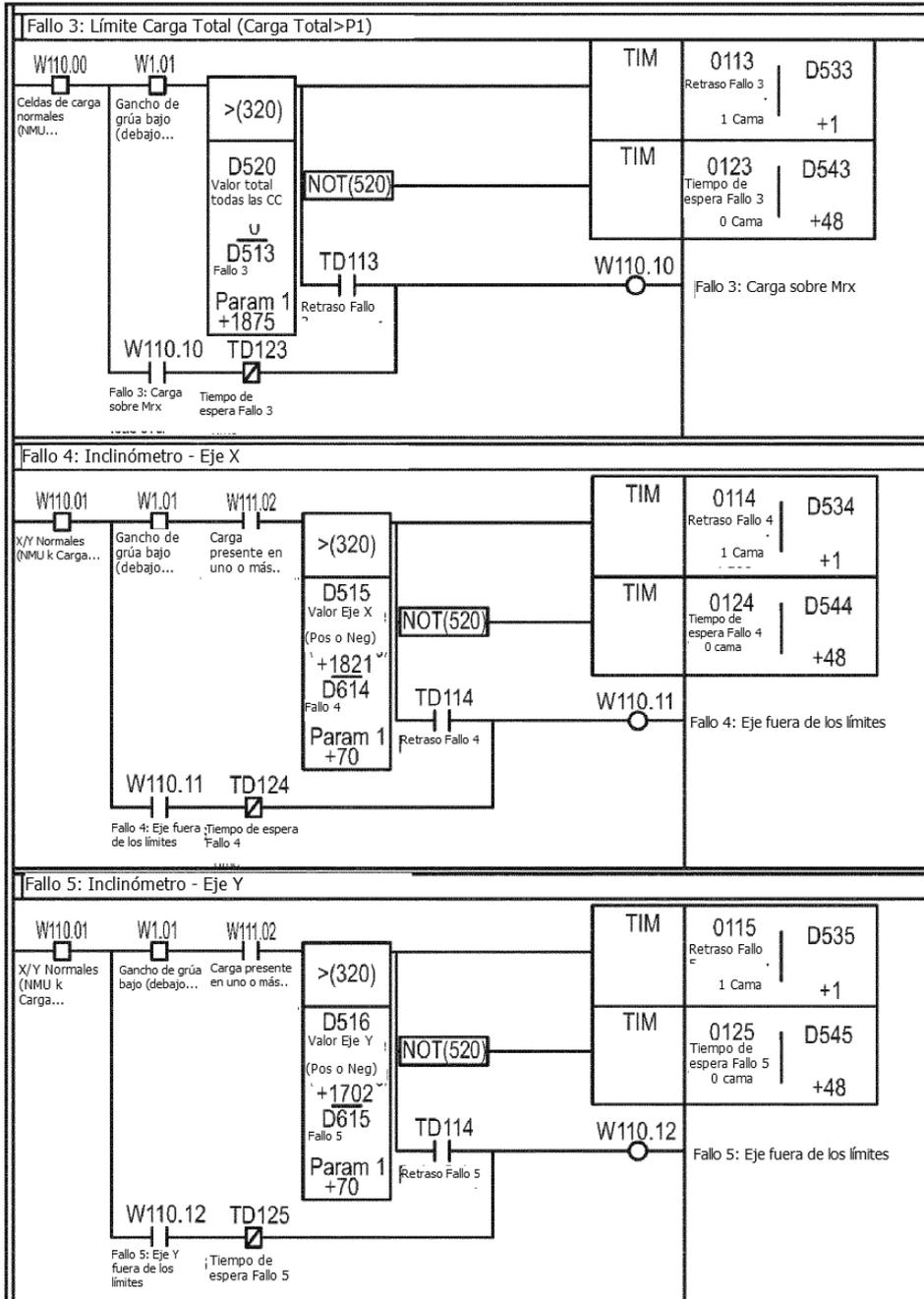


Figura 21

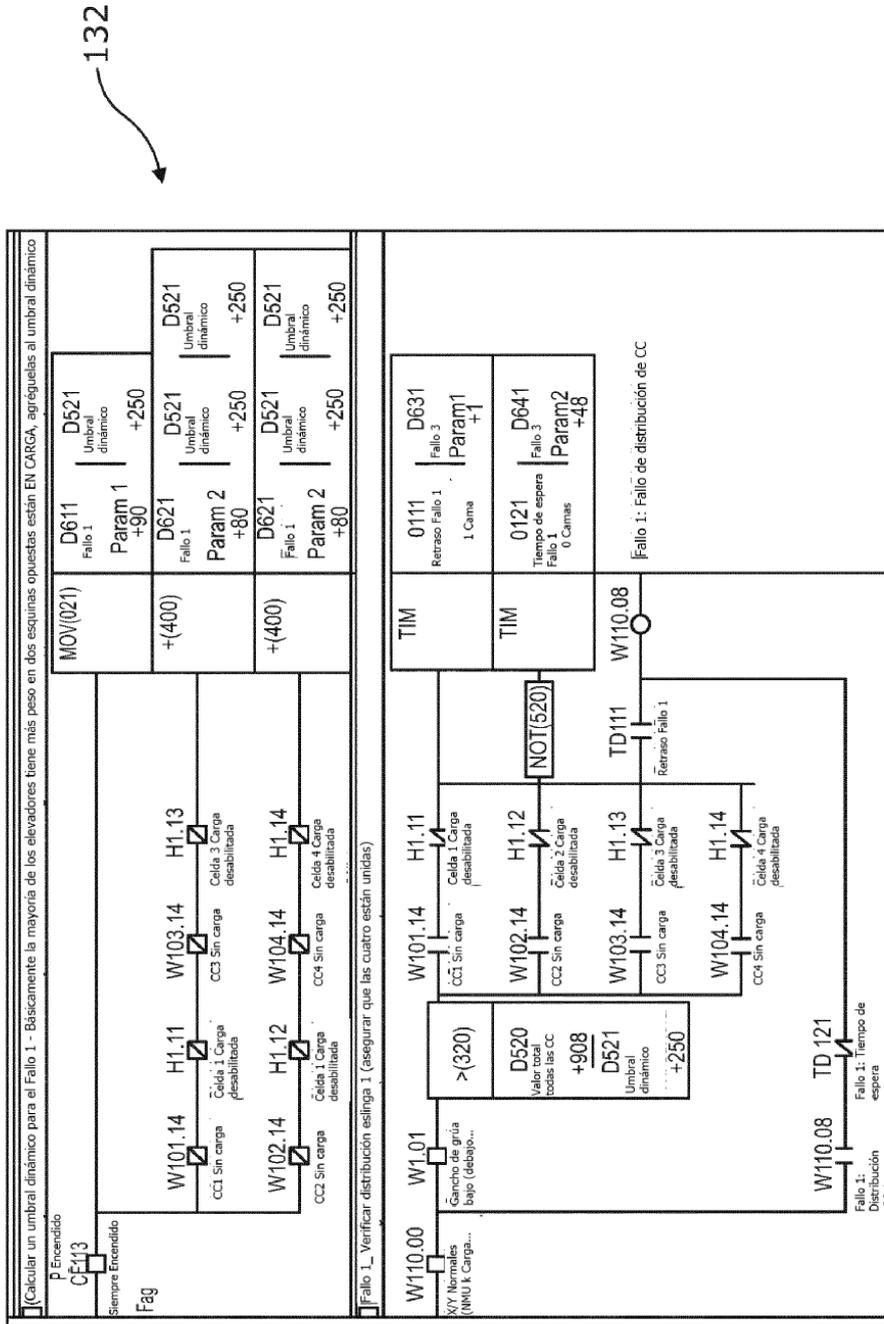


Figura 22

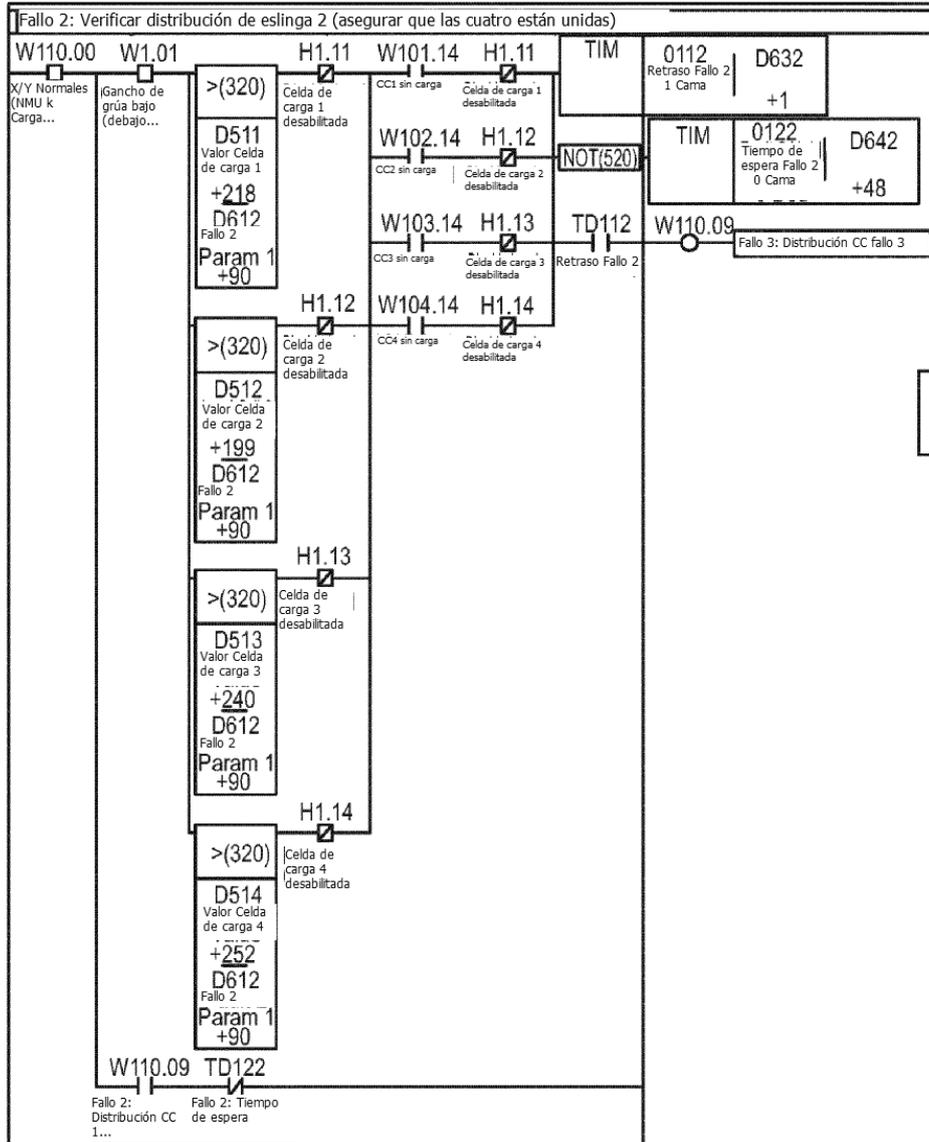


Figura 23

136

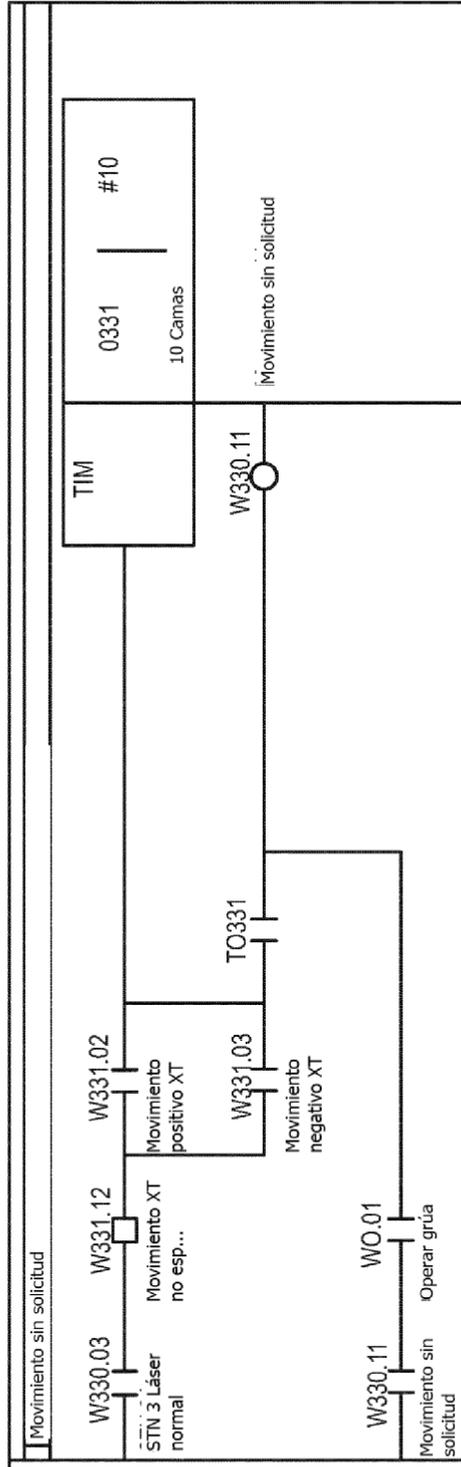


Figura 24

138

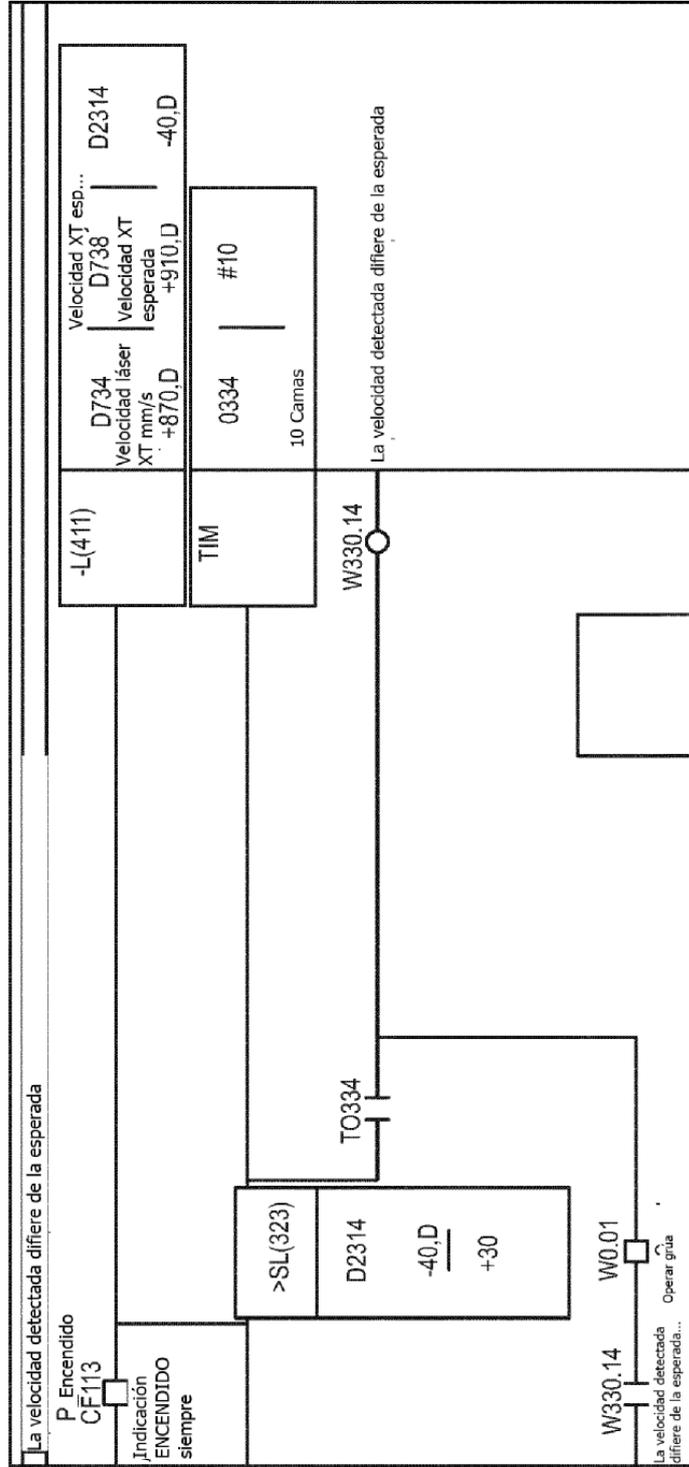


Figura 25

140

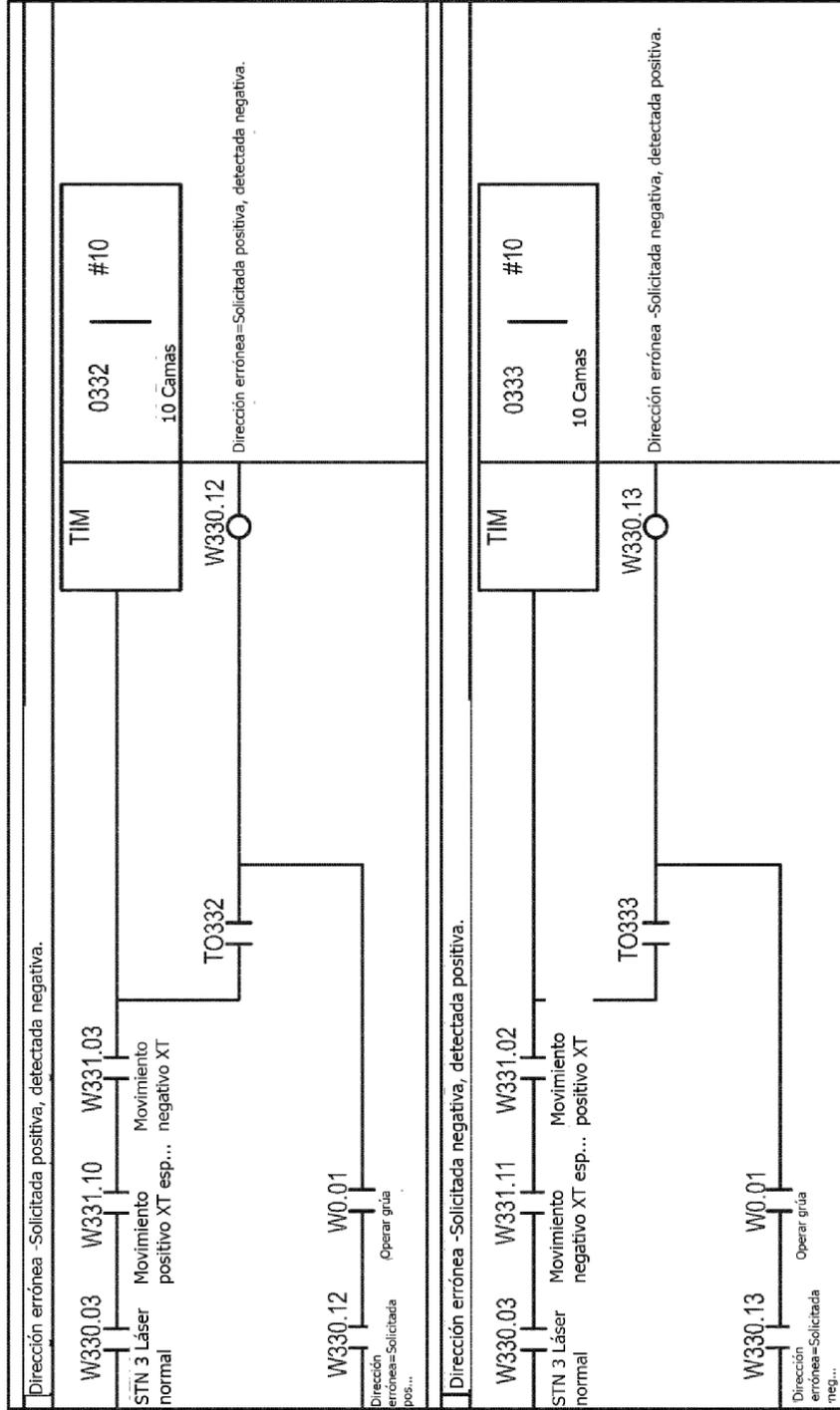


Figura 26

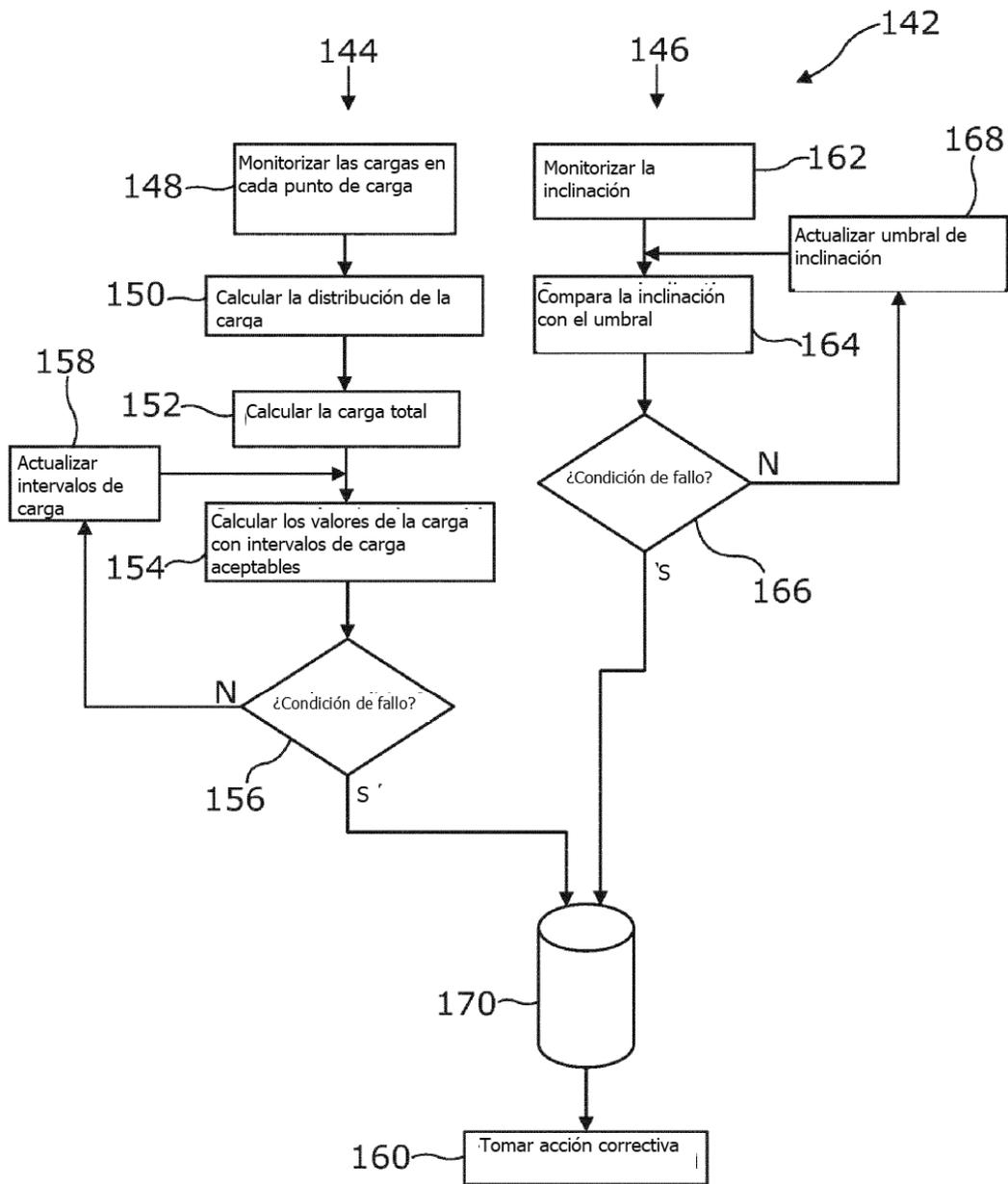


Figura 27