

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 384 916**

51 Int. Cl.:

**B66B 1/42** (2006.01)

**B66B 7/06** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **10014385 .8**

96 Fecha de presentación: **15.09.2008**

97 Número de publicación de la solicitud: **2287101**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **23.02.2011**

54 Título: **Sistema y procedimiento para reducir al mínimo el balanceo de los cables de ascensores**

30 Prioridad:  
14.09.2007 US 972495 P  
14.09.2007 US 972506 P  
18.08.2008 US 89633

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**13.07.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**13.07.2012**

73 Titular/es:  
**Thyssenkrupp Elevator Capital Corporation  
1950 Cordell Court Suite 109  
El Cajon, CA 92020, US**

72 Inventor/es:  
**Smith, Rory S.;**  
**Kaczmarczyk, Stefan;**  
**Nickerson, Jim y**  
**Bass, Patrick**

74 Agente/Representante:  
**Carpintero López, Mario**

ES 2 384 916 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

**DESCRIPCIÓN**

Sistema y procedimiento para reducir al mínimo el balanceo de los cables de ascensores

**Campo de la invención**

5 La presente invención se refiere, en general, al campo de los sistemas de ascensores y, en particular, al control de forma activa de la frecuencia natural de los miembros de tensión.

**Antecedentes de la invención**

Los miembros de tensión, como por ejemplo cuerdas y cables están sometidos a oscilaciones. Estos miembros pueden ser estimulados por fuerzas externas, como por ejemplo el viento. Si la frecuencia de las fuerzas de estimulación coincide con la fuerza natural del miembro de tensión, entonces el miembro de tensión resonará.

10 Los vientos de gran velocidad provocan que los edificios se balanceen de alante atrás. La frecuencia de balanceo de los edificios puede coincidir con la frecuencia natural del ascensor provocando la resonancia. En la resonancia, la amplitud de las oscilaciones aumenta a menos que resulte limitada por alguna forma de amortiguación. Esta resonancia puede provocar daños considerables tanto al sistema como a la estructura del ascensor.

**Breve descripción del dibujo**

15 Los dibujos que se acompañan, que se incorporan a y forman parte de la memoria descriptiva, ilustran diversos aspectos de la presente invención y, junto con la descripción, sirven para explicar los principios de la invención; en el entendido, sin embargo, de que la presente invención no está limitada a las concretas disposiciones mostradas. En los dibujos, las mismas referencias numerales se refieren a las mismas vistas. En los dibujos:

La Fig. 1 ilustra un sistema de ascensor que incorpora una polea de compensación ajustable.

20 La Fig. 2 ilustra una versión de un controlador PID que puede ser utilizado en asociación con el sistema de ascensor de la Fig. 1.

La Fig. 3 ilustra una versión de un procedimiento que no forma parte de la presente invención para renivelar el sistema de ascensor para reducir al mínimo los efectos del estiramiento de los cables.

**Descripción detallada de la invención**

25 El documento JP 2003 104656 A divulga un sistema de ascensor de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1.

Aunque la invención se define en la reivindicación independiente 1, aspectos adicionales de la invención se definen en las reivindicaciones dependientes, los dibujos y la descripción subsecuente.

30 Dos son los principales problemas que afectan a los elevadores de gran altura con largos cables de izada. Estos son el balanceo de los cables y la renivelación debida al alargamiento de los cables. El balanceo de los cables, en particular el balanceo del cable de compensación, es un problema considerable en edificios de gran altura.

35 La frecuencia fundamental (también designada como frecuencia natural) de una señal periódica es la inversa de la longitud del periodo de paso. El periodo de paso es, a su vez, la unidad de repetición mínima de una señal. La importancia de la definición del periodo de paso como la unidad de repetición mínima puede ser apreciada teniendo en cuenta que dos o más periodos de paso concatenados forman un patrón de repetición de la señal. En aplicaciones mecánicas un miembro de tensión, como por ejemplo un cable de suspensión, fijado en un extremo y que incorpora una masa fijada en el otro, es un solo grado del oscilador armónico. Una vez puesto en movimiento, oscilará a su frecuencia natural. Para un solo grado del oscilador armónico, un sistema en el cual el movimiento puede ser descrito por una sola coordenada, la frecuencia natural depende de dos propiedades del sistema; la masa y la rigidez. La amortiguación es cualquier efecto, engendrado ya sea de forma deliberada o de manera inherente a un sistema, que tiende a reducir la amplitud de las oscilaciones de un sistema oscilatorio.

40 Debido a la masa reducida de la polea de compensación, la frecuencia natural de los cables de compensación es muy baja y normalmente se sitúa entre 0,05 Hz y 1 Hz. La siguiente ecuación (Ecuación 1) se utiliza para calcular la frecuencia natural de los cables de compensación en Hz:

45

$$f_n = \frac{n}{2L} \sqrt{g \left( \frac{M}{2n, m} + \frac{L}{2} \right)} \quad (1)$$

en la que  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ ,  $n$  = número del modo de vibración,  $n_c$  = número de cables.  $L$  = Longitud del cable en m,  $M$  = masa del montaje de la polea de compensación en kg, y  $m$  = masa del cable por longitud unitaria en kg / m.

5 Es sabido que los edificios de gran altura se balancean cuando se producen situaciones de viento pronunciadas. La frecuencia de balanceo del edificio se sitúa, en general, entre 0,05 y 1 Hz. Debido a que la frecuencia natural de los cables de compensación es muy próxima a la frecuencia natural del edificio, a menudo se produce la resonancia. La resonancia de los cables de compensación puede provocar que los cables choquen con las paredes y con las puertas del ascensor provocando daños y asustando a los pasajeros.

10 Para evitar esta resonancia, la frecuencia de los cables puede ser ajustada de tal manera que sea diferente de la de la propia estructura. Con referencia a la Fig. 1, un sistema (10) de ascensor comprende uno o más servoaccionadores (12) fijados a una polea (14) de compensación. El servoaccionador (12) está configurado para desplazar el cable en vertical dentro de un margen predeterminado ( $u$ ). Un cable (16) de compensación está enrollado alrededor de una polea (14) de compensación y está fijado en un primer extremo a una cabina (18) del ascensor, y en un segundo extremo a un contrapeso (20). El cable (16) de compensación tendrá una frecuencia natural que será una función de la longitud del cable y de la tensión del cable (16) de compensación. En edificios de  
15 gran altura, la frecuencia natural del cable (16) de compensación puede coincidir con la frecuencia natural de los edificios, provocando de esta forma una resonancia potencialmente perjudicial.

20 El cable (16) de compensación puede estar fijado al ascensor (18) y / o a un contrapeso (20) con un igualador de la tensión del cable, de acuerdo con lo descrito, por ejemplo, en la Solicitud de Patente Provisional estadounidense con el No. de Serie 61/073,911, depositada el 19 de junio de 2008. Cualquier cable apropiado, como por ejemplo un cable de aramida o alambre, puede ser utilizado de acuerdo con las versiones descritas en la presente memoria. En una versión, puede ser utilizado un cable que tenga una frecuencia natural relativamente alta.

25 En la versión del sistema (10) de ascensor, mostrado en la Fig. 1, uno o más servoaccionadores (12) son modulados en respuesta a un algoritmo de control que amortigua de forma activa la oscilación de los cables haciendo variar la tensión de los cables de compensación. El término "control de tendón" se refiere al ajuste de forma activa de la tensión o a la supresión activa del miembro de tensión o de un cable de compensación para alterar la frecuencia natural del miembro de tensión.

30 El servoaccionador (12) puede ser un servomotor, un servomecanismo o cualquier dispositivo automático apropiado que utilice un bucle de retroacción para ajustar el funcionamiento de un mecanismo en la modulación del control de tendón. Los accionadores podrían ser un pistón hidráulico y unos cilindros, unos accionadores de tornillo esférico, o cualquier accionador habitualmente utilizado en la industria de las herramientas mecánicas. En particular, el servoaccionador (12) puede ser configurado para controlar la posición mecánica de la polea (14) de compensación a lo largo de un eje geométrico vertical mediante la creación de una fuerza mecánica para forzar al cable (14) de compensación en una dirección genéricamente ascendente o descendente. Pueden obtenerse unas fuerzas mecánicas con un motor eléctrico, con sistemas hidráulicos, neumáticos y / o mediante la utilización de principios magnéticos.  
35

40 En una versión, el servoaccionador (12) funciona sobre el principio de la retroacción negativa, en la que la frecuencia natural del cable (16) de compensación es comparada con la frecuencia natural del edificio tal y como se mide mediante cualquier transductor o sensor apropiado. Un controlador (no mostrado) asociado con el servoaccionador (12) puede estar provisto de un algoritmo para calcular la diferencia entre la frecuencia natural del cable (16) de compensación y la frecuencia natural del edificio. Si la diferencia entre estas frecuencias queda dentro de un margen predeterminado, el controlador puede dar instrucciones al servoaccionador (12) para que ajuste la posición de la polea (14) de compensación hasta que las frecuencias respectivas sean suficientemente distintas. Debe apreciarse que cualquier aplicación apropiada de la teoría de control puede ser aplicada a las versiones descritas en la presente memoria.

45 En una versión, para medir la frecuencia natural de un edificio, un acelerómetro es situado en la sala de máquinas del ascensor y la salida de potencia del acelerómetro es integrada dos veces para producir el desplazamiento. Cuando se produzcan periodos de gran velocidad de los vientos el edificio se balanceará. La salida de potencia dos veces integrada del acelerómetro puede ser utilizada para acelerar el desplazamiento de la sala de máquinas desde su emplazamiento normal.

50 Pueden ser aplicadas diversas estrategias de control para llevar a cabo el control de tendón, como por ejemplo la estabilización exponencial, la retroacción proporcional, integral y derivativa (PID), y un control de lógica difusa. Cualquier medio de control apropiado puede ser asociado con el controlador para modular la frecuencia natural del cable (16) de compensación. Puede ser utilizada cualquier técnica de control de vibración activa (AVC) que supongan la aportación de unos accionadores para generar unas fuerzas para su aplicación a la estructura con el fin de reducir su respuesta dinámica.  
55

Con referencia a la Fig. 2, el balanceo de los cables puede ser modulado, por ejemplo, por un controlador PID que vigile las frecuencias naturales del cable (16) de compensación y del edificio para impedir la resonancia. La modulación de la frecuencia natural del cable (16) de compensación de la forma divulgada hace posible que el

miembro de tensión sea amortiguado de forma activa. La Fig. 2 ilustra un esquema de una versión de un controlador proporcional - integral - derivativo o "controlador PID", que puede ser utilizado para amortiguar de manera activa un miembro de tensión. El controlador PID puede ser implementado en software en controladores de lógica promagrables (PLCs) o como un controlador digital montado en panel. Como alternativa, el controlador PID puede ser un controlador analógico electrónico fabricado a partir de un amplificador de estado sólido o tubo, un condensador y una resistencia. Debe apreciarse que puede ser incorporado cualquier controlador apropiado, en el que determinadas versiones puedan utilizar solo uno o dos modos para obtener el control del sistema apropiado. Esto puede conseguirse, por ejemplo, poniendo a cero la ganancia de las salidas de control no deseadas para crear un controlador PI, PD, P, o I.

Debe apreciarse que cualquier modificación apropiada del controlador PID puede llevarse a cabo incluyendo, por ejemplo, la provisión de un bucle PID con una banda sin cobertura de salida para reducir la frecuencia de activación de la salida. De esta manera, el controlador PID mantendrá su salida estable si el cambio fuera pequeño, de tal manera que se incluya en el margen de banda sin cobertura definido. Dicho margen de banda sin cobertura puede ser especialmente eficaz para amortiguar los miembros de tensión cuando se requiera un punto de partida preciso. El controlador PID puede ser modificado potenciado en mayor medida mediante procedimientos tales como la programación de ganancias PID o la lógica difusa.

Además del balanceo de los cables, el estiramiento de los cables durante la carga y descarga puede provocar problemas en ascensores de gran altura. El estiramiento de los cables se define mediante la siguiente ecuación:

$$S = \frac{P \times L}{A \times E \times n} \quad (2)$$

en la que  $S$  = estiramiento,  $P$  = carga,  $L$  = longitud del cable,  $A$  = área en sección transversal del cable,  $E$  = Módulo de Young, y  $n$  = número de cables.

Los ascensores de gran altura típicamente presentan una o dos entradas en o cerca del nivel del suelo y luego presentan una zona sin paradas intermedias hasta que se alcanza una zona local en la parte superior del edificio. En un edificio de 100 plantas, la zona local podría tener 10 paradas y la zona sin paradas intermedias podría salvar 80 o 90 pisos.

Otra aplicación de gran altura es el ascensor de lanzadera. Por ejemplo un ascensor de lanzadera podría tener solo dos paradas, la planta baja y un nivel de observación en el piso 100. Dicho ascensor podría desplazarse 450 metros entre los pisos. En el piso superior de dicho ascensor el estiramiento de los cables no constituye un problema tan considerable, debido a que la longitud de los cables es corta. Sin embargo, en rellanos más bajos el estiramiento de los cables es un problema debido a que la longitud de los cables es mucho mayor.

Con referencia de nuevo a la Fig. 1, en una versión, los servoaccionadores (12) están configurados para controlar el estiramiento de los cables llevando a cabo la renivelación de la cabina (18) del ascensor en los rellanos inferiores. Cuando la gente entra y sale de la cabina (18) del ascensor resulta necesario renivelar la cabina (18). Aunque este es un procedimiento de rutina en todos los ascensores, constituye un problema especial en ascensores de gran altura en los pisos inferiores, debido a que hay un retardo de tiempo cuando la polea (14) de compensación gira y cuando la cabina (18) se mueve. Este retardo se debe al estiramiento de la polea (16) de compensación y puede provocar que la cabina (18) oscile en el piso. Sistemas de la técnica anterior han intentado reducir al mínimo el estiramiento de cables mediante la adición de cables de compensación adicionales, pero estos cables añaden un peso y un coste suplementarios, en general no mejoran la seguridad del sistema y funcionan casi exclusivamente para impedir el estiramiento de los cables. La versión del sistema (10) de ascensor mostrado en la Fig. 1 puede ser configurada para renivelar la cabina (18) para reducir el estiramiento de los cables.

Con referencia a la Fig. 3, en ella se muestra una versión de un procedimiento que muestra una parte de la presente invención 100 para renivelar la cabina (18) de un ascensor con un servoaccionador (12). Las etapas del procedimiento (100) comprenden:

La etapa (102) incluye el desplazamiento de la cabina (18) del ascensor desde un piso superior hasta el piso más bajo de un edificio. La etapa (104) comprende la aplicación de un freno mecánico para retener la cabina (18) del ascensor en el nivel del piso más bajo. La etapa (106) comprende la apertura de la puerta del ascensor para permitir que el pasajero entre y salga en el rellano más bajo. La etapa (108) comprende la elevación de la cabina (18) del ascensor cuando el peso de la cabina (18) disminuye a la salida de pasajeros. La etapa (110) comprende la utilización de un sensor de nivelación para determinar el punto hasta el cual la cabina (18) del ascensor se ha desviado de la posición nivelada. La etapa (112) comprende la utilización de un servoaccionador para ajustar la posición de la polea (14) de compensación provocada por la deriva de la cabina (18) del ascensor. La etapa (112) comprende así mismo el ajuste de la posición de la polea (14) de compensación de tal manera que la cabina (18) del ascensor permanezca sustancialmente al mismo nivel a lo largo del proceso de carga y descarga. Debe apreciarse que la renivelación puede llevarse a cabo en cualquier momento apropiado en cualquier piso apropiado.

El uso del sistema (10) de ascensor de acuerdo con el procedimiento (100) hace posible que la cabina (18) del ascensor sea renivelada sin la adición de más cables. Por ejemplo, en una instalación con unos cables de 22 mm, generalmente se requieren siete cables de izado, pero pueden incorporarse nueve para controlar el estiramiento de los cables. El procedimiento (100) puede eliminar la necesidad de los dos cables adicionales requeridos para contribuir al control del estiramiento de los cables. Así mismo, los cables restantes estarán sometidos a una mayor presión y, por tanto, ofrecerán unas frecuencias más elevadas, lo cual puede ser beneficioso para evitar la resonancia.

Una ventaja adicional del procedimiento (100) puede ser la reducción del riesgo debido al movimiento no intencionado cuando las puertas se abren. Es posible, como resultado de un fallo del control, que la cabina se desplace rápidamente mientras que los pasajeros están entrando o saliendo de la cabina debido a que el freno de la máquina es levantado (desconectado) y la máquina es energizada. Los evidentes resultados de esta circunstancia son daños graves o la muerte de los pasajeros. El procedimiento (100) puede reducir la probabilidad de daños debido a que la renivelación se lleva a cabo utilizando unos accionadores cuyo margen de movimiento está limitado.

La posición del cable (16) de compensación con respecto al edificio constituye, así mismo, un factor en la determinación de si se puede producir la resonancia. Con referencia de nuevo a la Fig. 1, el cable (16) de compensación puede ser fijado a unas terminaciones dispuestas en el fondo de la cabina (18) del ascensor y / o a un contrapeso (20) asociado con un primer carro amovible (30) y con un segundo carro amovible (32), respectivamente. En una versión, los primero y segundo carros amovibles son amovibles en ambas direcciones hacia delante y hacia atrás (X) y en las direcciones de lado a lado (Y). Fijadas al carro se encuentra una pluralidad de servoaccionadores (34), (36) que desplazan los primero y segundo carros amovibles en las direcciones (X e Y). El desplazamiento de la localización de la terminación del cable (16) de compensación puede contribuir a impedir que el sistema (10) del ascensor entre en resonancia con el edificio mediante la desviación de la frecuencia del cable (16) de compensación.

Puede apreciarse que el movimiento  $u$  del tendón activo se traduce en una excitación paramétrica lo cual facilita el control activo. El tratamiento del cable de compensación como una cuerda y la toma en cuenta del efecto de estiramiento de un modelo simplificado de un solo modo pueden ser representados mediante la siguiente ecuación:

$$m\ddot{y} + \frac{\pi^2}{l} [T + \alpha y^2 + \beta u(t)] y = 0 \quad (3)$$

en la que  $y$  representa el desplazamiento dinámico,  $\alpha$  y  $\beta$  son coeficientes conocidos, y la tensión media se representa mediante la ecuación:

$$T = Mg + mg \frac{L}{2} \quad (4)$$

los servoaccionadores (34), (36) pueden ser cualquier accionador apropiado, como por ejemplo los descritos en la presente memoria. Los servoaccionadores pueden estar asociados con un controlador (38) configurado para ajustar la posición de los primero y segundo carros amovibles (30), (32), como respuesta a la posición y al balanceo del edificio. El controlador puede estar configurado con un bucle de retroacción que tenga un umbral predeterminado para cuando el balanceo del edificio se aproxime a una zona demasiado estrecha a la posición y al balanceo de los cables (16) de compensación. Cuando se cruza dicho umbral, el controlador (38) puede ser configurado para ajustar la posición de los primero y segundo carros amovibles (30), (32). La estabilización puede conseguirse mediante la retroacción de la velocidad lateral negativa tal y como se indica en la siguiente ecuación:

$$u(t) = -Kw_t(L, t) \quad (5)$$

donde  $u(t)$  = fuerza de la entrada de control,  $K$  = una ganancia positiva constante, y  $w_t(L, t)$  = la velocidad lateral de los cables en el extremo  $x = L$ .

En una versión, el carro amovible (30) situará el extremo fijo del cable (16) de compensación donde estaría situado si el edificio no se estuviera balanceando. Por ejemplo, si la salida del acelerómetro dos veces integrado indica que la parte superior del edificio se ha desplazado hasta una posición de + 100 mm en el eje X y de + 200 mm en el eje e Y, la terminación del cable (16) de compensación se desplazará hasta una posición de - 100 mm en la dirección X de - 200 mm en la dirección Y. Los servoaccionadores (34), (36) pueden estar asociados con unos dispositivos de seguimiento que incluyan, por ejemplo, unos codificadores de la posición. Unos sistemas digitales pueden incluir unos codificadores rotatorios o unos codificadores lineales que sean ópticos o magnéticos.

Las versiones ofrecidas en la presente divulgación se ofrecen únicamente a modo de ejemplo. Por tanto, el alcance de la invención debe ser determinada mediante las reivindicaciones adjuntas y sus equivalentes legales y no mediante los ejemplos ofrecidos.

**REIVINDICACIONES**

1.- Un sistema (10) de ascensor que comprende:

(a) una cabina (18) del ascensor,

(b) un contrapeso (20),

5 (c) un cable (16) de compensación, estando el cable (16) de compensación fijado en un extremo de la cabina (18) del ascensor y en un segundo extremo al contrapeso (20),

(d) una polea (14) de compensación amovible, estando el cable (16) de compensación enrollado alrededor de la polea (14) de compensación,

10 (e) un servoaccionador (12), estando el servoaccionador (12) asociado con un controlador, en el que el servoaccionador (12) está configurado para ajustar la posición de la polea (14) de compensación amovible

**caracterizado porque**

15 el controlador está configurado para medir la frecuencia natural de la estructura del edificio y la frecuencia natural del cable (16) de compensación y para calcular si las frecuencias son sustancialmente similares para ajustar la posición de la polea (14) de compensación, en el que el controlador está configurado para ajustar la posición de la polea (14) de compensación amovible y las frecuencias son sustancialmente similares.

2.- El sistema (10) de ascensor de la reivindicación 1, en el que el servoaccionador (12) está configurado para ajustar la posición de la polea (14) de compensación amovible, de tal manera que la frecuencia natural de la polea (14) de compensación sea diferente de la frecuencia natural de la estructura del edificio.

20 3.- El sistema (10) de ascensor del a reivindicación 1, en el que el servoaccionador (12) está configurado para ajustar la posición de la polea (14) de compensación amovible en posición vertical.

4.- El sistema (10) de ascensor de la reivindicación 3, en el que el servoaccionador (12) está configurado para ajustar la posición de la polea (14) de compensación amovible dentro de un margen definido.

25 5.- El sistema (10) de ascensor de la reivindicación 1, en el que el controlador está configurado para ajustar la posición de la polea (14) de compensación amovible en base a un algoritmo de retroacción programado en el controlador.

6.- El sistema (10) de ascensor de la reivindicación 1, en el que el servoaccionador (12) está configurado para ajustar la posición de la polea (14) de compensación amovible utilizando un bucle de retroacción.

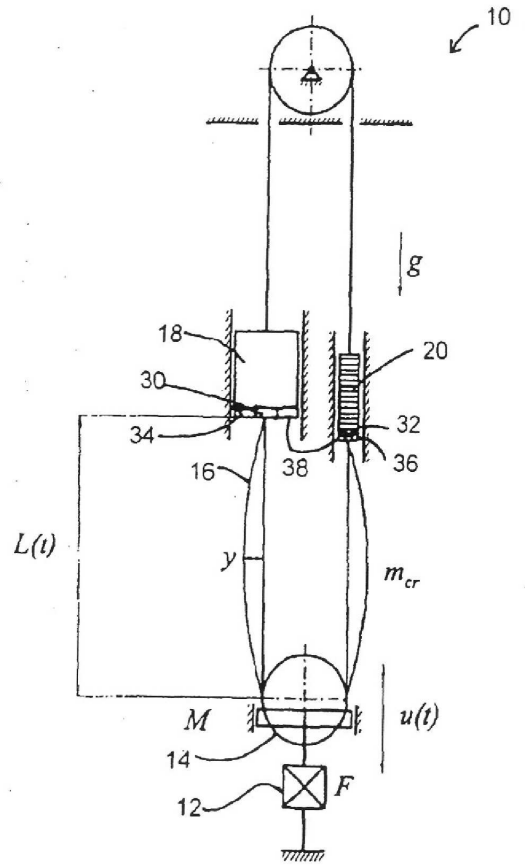


Figura 1

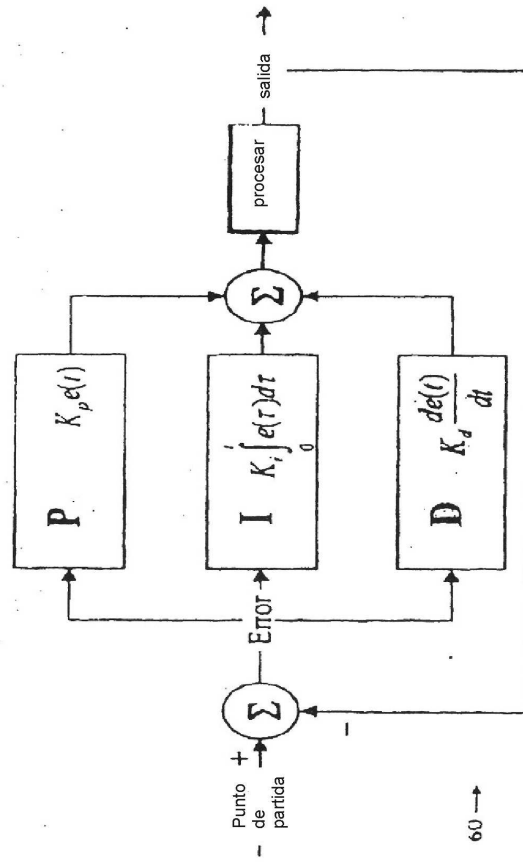


Figura 2



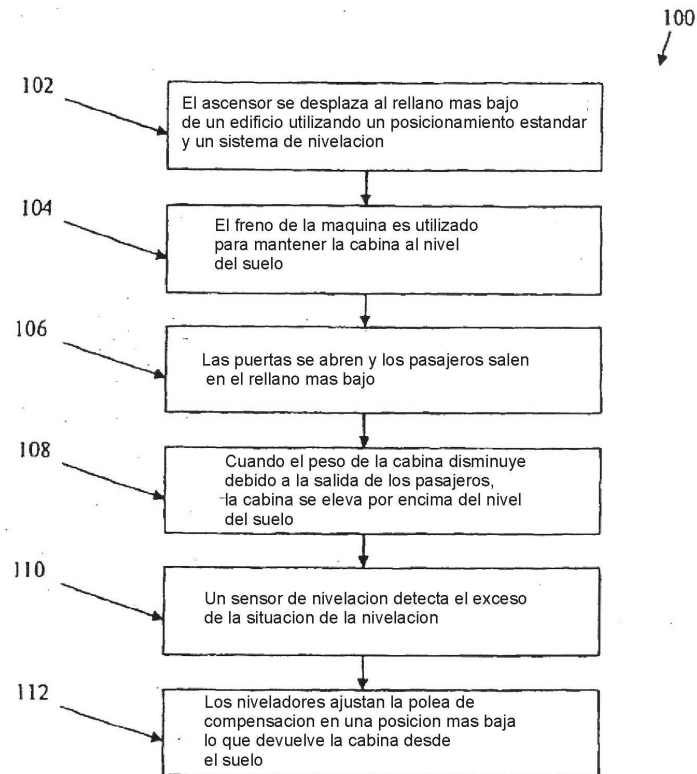


Figura 3