(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 988 774**

(51) Int. Cl.:

G01G 13/28 (2006.01)
G01F 1/00 (2012.01)
G05D 7/06 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **06.09.2019 PCT/IB2019/057521**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **12.03.2020 WO20049513**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.09.2019 E 19857130 (9)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.08.2024 EP 3847426**

(54) Título: **Procedimiento para la regulación gravimétrica de un dosificador para productos a granel durante el rellenado de su depósito de almacenamiento y dosificador para llevar a cabo el procedimiento**

(30) Prioridad:

07.09.2018 CH 10642018
19.12.2018 CH 15662018
28.12.2018 CH 16122018

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
21.11.2024

(73) Titular/es:

K-TRON TECHNOLOGIES, INC. (100.0%)
590 Woodbury Glassboro Road
Sewell, NJ 08080, US

(72) Inventor/es:

HELFENSTEIN, URS y
LUDESCHER, STEFAN

(74) Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

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 para la regulación gravimétrica de un dosificador para productos a granel durante el rellenado de su depósito de almacenamiento y dosificador para llevar a cabo el procedimiento

La presente invención se refiere a un procedimiento para regular el caudal másico de un dosificador para productos a granel según el preámbulo de la reivindicación 1 y a un dosificador para llevar a cabo este procedimiento según el preámbulo de la reivindicación 12.

Los dosificadores gravimétricos, también conocidos como básculas dosificadoras diferenciales están muy extendidos y se usan en muchos sectores de la industria para todo tipo de materiales vertibles, es decir, productos a granel, siempre que puedan ser transportados por un dosificador gravimétrico. A este respecto, los materiales vertibles se introducen en un depósito de almacenamiento y, a continuación, son dispensados del mismo a través de un transportador de salida. El dosificador está situado en una báscula, por lo que el peso registrado por la báscula es el peso bruto, es decir, el peso conocido y constante de los componentes del dosificador (tara) más el peso variable del producto a granel actualmente presente en el depósito de almacenamiento (peso neto).

Esto significa que la báscula registra continuamente la pérdida de peso de todo el dosificador durante el funcionamiento del dosificador y, por lo tanto, por el peso constante del dosificador, la pérdida de peso en el depósito de almacenamiento, de modo que un control del dosificador puede determinar el caudal másico real del material vertible dispensado a partir de la pérdida de peso y, en comparación con un caudal másico teórico predeterminado, controlar correspondientemente el transportador de salida, para minimizar la diferencia entre el caudal másico real y el caudal másico teórico.

A este respecto, puede ser necesaria una regulación muy exacta del caudal másico dispensado, por ejemplo en el sector farmacéutico o cuando deben añadirse pigmentos colorantes en la producción industrial. Además, el caudal másico teórico puede ser pequeño, por ejemplo en el caso de los pigmentos de color mencionados y en la fabricación de medicamentos, o grande, como por ejemplo en el área de la fabricación de plásticos y en la minería.

Si se pretende que el caudal másico dispensado por el dosificador continúe sin interrupción, el depósito de almacenamiento debe rellenarse periódicamente mientras la dosificación está en marcha. A continuación, una estación de rellenado lo rellena con producto a granel en cuanto se detecte gravimétricamente (es decir, a través de la pérdida de peso en el depósito de almacenamiento) un nivel de llenado inferior predeterminado en este y detiene el rellenado en cuanto el depósito de almacenamiento haya alcanzado su peso de llenado o se haya dispensado al depósito de almacenamiento la cantidad medida por un nivel en el depósito de relleno. Por regla general, la estación de rellenado está situada por encima del depósito de almacenamiento, de modo que, para el rellenado puede abrirse y volver a cerrarse por ejemplo, una válvula de corredera o una válvula configurada de otra manera en el conducto entre el depósito de almacenamiento y la estación de rellenado.

Durante el rellenado, el control gravimétrico es ciego, ya que la báscula ya no registra una pérdida de peso correspondiente al caudal másico real dispensado, sino un aumento del peso caracterizado por perturbaciones considerables. Dependiendo del comportamiento dinámico de la báscula usada, estas perturbaciones perduran un período más o menos largo tras el fin del rellenado, de modo que la dosificación gravimétrica no puede reanudarse hasta que la báscula se haya estabilizado de nuevo tras finalizar el rellenado. Esta ventana de tiempo ciega puede durar entre 5 segundos y 5 minutos, según el tipo de producto a granel, el caudal másico teórico y el dosificador usado o la estación de rellenado usada.

Puesto que en el estado de la técnica la dosificación gravimétrica no es posible durante el rellenado, se usa un control volumétrico, es decir, el transportador de salida se controla a través del volumen de producto a granel transportado por el mismo, no teniéndose en cuenta en este caso debido a la naturaleza de la materia por ejemplo la densidad o la compactación del producto a granel. En el caso del ejemplo de los transportadores de tornillo que se usan frecuentemente, esto significa que el control de la velocidad del tornillo se ajusta según el volumen del caudal másico teórico, es decir, según el volumen entre las espiras del tornillo (transporte volumétrico) y ya no según la pérdida de peso del depósito de almacenamiento (transporte gravimétrico).

El transporte volumétrico tiene la desventaja de que, a diferencia del control gravimétrico, no puede registrarse el comportamiento fluidodinámico propiamente dicho del producto a granel movido por el rellenado y la dosificación, es decir, en principio no puede regularse el caudal másico del producto a granel volumétricamente controlado, si no se tiene en cuenta la mera regulación de la velocidad de los transportadores de tornillo o la velocidad de funcionamiento del transportador de salida.

Sin embargo, el comportamiento del producto a granel movido influye decisivamente en el caudal másico volumétricamente generado: por ejemplo, como ya se ha mencionado anteriormente, algunos productos a granel se compactan fuertemente bajo presión (otros menos), de modo que su masa por unidad de volumen depende del nivel de llenado del depósito de almacenamiento, lo que da lugar a un caudal másico diferente en función del nivel de llenado en el caso del transporte volumétrico.

El folleto "K-Tron Smart Refill Technology" de 2009 muestra en la página 2, figura 3, "Dynamics of the refill operation" un modelo de control volumétrico para el transportador de salida, que tiene en cuenta la compactación del producto a granel abajo en la zona del transportador de tornillo que resulta por la altura de la columna de material, es decir, el nivel de llenado del depósito de almacenamiento. Durante el transporte gravimétrico, el control gravimétrico reduce la velocidad del tornillo cuando el nivel de llenado es alto (es decir, cuando el producto a granel está compactado) y vuelve a aumentarla nuevamente cuando el nivel de llenado disminuye (es decir, cuando disminuye la compactación). Esto significa durante el vaciado del depósito de almacenamiento puede asignarse una velocidad de tornillo a cada nivel de llenado. Para el rellenado, cuando una estación de rellenado dispensa polvo rápidamente y en grandes cantidades al depósito de almacenamiento, se supone ahora una curva adecuada para el aumento del nivel de llenado (por regla general una línea recta) y a esta curva de nivel de llenado se le asigna respectivamente la velocidad del tornillo determinada durante el vaciado del depósito de almacenamiento, por lo que la velocidad del tornillo disminuye correspondientemente durante el rellenado hasta que se haya llenado el depósito de almacenamiento. El error durante el transporte volumétrico se reduce correspondientemente en comparación con una velocidad de tornillo constante, pero no se elimina, ya que siguen sin conocerse las verdaderas condiciones en el depósito de almacenamiento durante el rellenado.

Además, se propone en este prospecto en la página 4, figura 4 "Refill Frequency" aumentar la frecuencia de rellenado hasta a 60 rellenados por hora. De esta manera se consigue que se reduce el tiempo de rellenado individual, es decir, el error de dosificación durante el funcionamiento con el modelo de control volumétrico solo puede llegar a ser menos grande. No obstante, ha de partirse de que el tiempo total de rellenado por hora permanece constante, independientemente de la frecuencia de rellenado. Sin embargo, cuanto más se prolongue el proceso de rellenado, mayor será la desviación entre los valores teórico y real, es decir, el error de dosificación será cada vez más grave. Para la mayoría de las aplicaciones, son tolerables unos errores de dosificación más frecuentes, pero pequeños, ya que se mantienen dentro de la especificación, mientras que los errores de dosificación menos frecuentes, pero grandes, hacen que ya no se cumpla la especificación, por lo que no son aceptables. El modelo de control volumétrico, que tiene en cuenta la compactación basada en los datos del vaciado anterior del depósito de almacenamiento en combinación con una alta frecuencia de rellenado, permite para determinadas aplicaciones una dosificación comparativamente buena durante el rellenado. Sin embargo, la desventaja del modelo de regulador volumétrico que tiene en cuenta la compactación es que se siguen produciendo errores de dosificación considerables durante el rellenado, es decir, errores de dosificación mayores que los que se producen durante la dosificación gravimétrica. Una desventaja especialmente grande a este respecto es que el propio error de dosificación sigue sin conocerse, aunque pueda reducirse su magnitud mediante un modelo de control volumétrico con una mayor frecuencia de rellenado. La mera existencia de un error de dosificación desconocido puede dar lugar a un problema de calidad, por ejemplo en la industria farmacéutica o también en las mezclas de color (véase más arriba), aunque en principio debería ser admisible un error de dosificación.

En la página 7 del documento WO 2013/182869, se propone almacenar datos durante el rellenado, introducir para el rellenado respectivamente la misma cantidad de polvo en el depósito de almacenamiento y hacer funcionar el transportador de salida en función de los datos almacenados durante un rellenado anterior. A este respecto, gracias a las mismas condiciones de rellenado es posible recopilar datos en la salida del dosificador y regular correspondientemente la velocidad del transportador de salida. Sin embargo, no se propone qué tipo de datos podrían ser, ni cómo pueden registrarse realmente los datos en la salida del dosificador. Entre otras cosas, el principio de la dosificación gravimétrica resuelve el problema de que el caudal en kg/h solo puede medirse con un esfuerzo considerable en caso de un caudal de producto a granel dispensado; además, esto significaría que habría que instalar una estación de medición adicional detrás del dosificador. Además, sigue sin estar claro qué estructura debería tener un modelo de regulador para el siguiente rellenado si realmente pudieran recopilarse datos en la salida del dosificador.

Correspondientemente, el objetivo de la presente invención es proporcionar un dosificador para productos a granel que permita determinar el error de dosificación durante el rellenado. Este objetivo se consigue mediante un procedimiento con las características de la reivindicación 1 o mediante un dosificador con las características de la reivindicación 14.

Puesto que se registra en la estación de rellenado el peso del producto a granel dispensado al depósito de almacenamiento durante el rellenado, este puede determinarse independientemente de las perturbaciones que se produzcan en el dosificador durante el rellenado. Puesto que se determina el aumento del peso del producto a granel durante el rellenado en el depósito de almacenamiento, a partir de la diferencia con el peso del producto a granel rellenado puede determinarse el caudal másico real del peso del producto a granel descargado a través del transportador de salida. Dado que a este respecto solo debe medirse el aumento del peso del producto a granel en el depósito de almacenamiento, las perturbaciones considerables de esta medición que se producen durante el rellenado pueden compensarse adecuadamente, tal como se describe a continuación.

En otra forma de realización de la presente invención según las reivindicaciones 2 y 15, además del objetivo planteado se proporciona un dosificador para productos a granel que permite además una regulación del caudal másico real dispensado durante el rellenado del depósito de almacenamiento. Gracias a ello también durante la fase de rellenado está disponible un dosificador con una regulación de la cantidad de producto a granel dispensada, pudiendo emitirse

opcionalmente además de la regulación también el error de dosificación (minimizado gracias a la regulación).

Otras formas de realización preferentes presentan las características de las reivindicaciones dependientes.

La invención se describe con más detalle a continuación haciendo referencia a las figuras.

Muestran:

La figura 1 una representación esquemática de un dosificador de acuerdo con la invención,

la figura 2a un diagrama de flujo para determinar el error de dosificación del caudal másico dispensado durante el rellenado por el dosificador de la figura 1

la figura 2b un diagrama de flujo para la regulación del caudal másico dispensado durante el rellenado por el dosificador de la figura 1

la figura 3 un diagrama de flujo para calcular un peso corregido del producto a granel en el depósito de almacenamiento del dosificador de la figura 1,

la figura 4 un diagrama para determinar el retardo del aumento de peso en el depósito de almacenamiento del dosificador de la figura 1, y

la figura 5 un diagrama de flujo de otra forma de realización de la regulación del caudal másico dispensado durante el rellenado por el dosificador de la figura 1.

La figura 1 muestra esquemáticamente un dosificador 1 de acuerdo con la invención con una estación de rellenado 2 con un depósito de relleno 3 para el producto a granel a transportar y dosificar. El dosificador 1 presenta un depósito de almacenamiento 4 para el producto a granel, así como un transportador de salida para el producto a granel que en este caso está configurado como un transportador de tornillo 5. Este está representado en corte, de modo que puede verse un transportador de tornillo 6. Cabe mencionar en este punto que también pueden usarse de acuerdo con la invención otros transportadores de salida, como transportadores de discos o transportadores vibratorios.

Mediante un canal de conexión 7 entre el depósito de relleno 3 y el depósito de almacenamiento 4 este puede rellenarse con producto a granel, que a su vez es dispensado por el transportador de tornillo 6 accionado por un motor 8 a través de un conducto de salida 9 como caudal másico uniformemente dosificado. Para ello, el motor 8 se regula mediante un control 10. Este no tiene que estar necesariamente dispuesto en el dosificador 1, sino que puede estar situado en cualquier parte de la línea de producción, por ejemplo, en el control de la línea. Para mayor facilidad, en la figura no están representadas las líneas de datos necesarias para el funcionamiento del control entre este último y los componentes afectados del dosificador 1 y de la estación de rellenado 2.

El dosificador 1 descansa en varias básculas gravimétricas 11 (es decir, usadas para la dosificación gravimétrica) (aunque también puede estar prevista una única báscula gravimétrica), que a su vez están dispuestas mediante una viga de apoyo 12 en un bastidor 13 de la línea de producción. Del mismo modo, en la forma de realización mostrada en este caso, el depósito de relleno 3 descansa de acuerdo con la invención en básculas de relleno 14, que están dispuestas en el bastidor 13. En la forma de realización representada, el canal de conexión 7 presenta una válvula de corredera 15 que puede abrirse para rellenar el depósito de almacenamiento 4 y permanece cerrada durante el vaciado de este. También pueden estar previstos otros órganos de cierre, como una esclusa de rueda celular. Además, está previsto un fuelle 16, que desacopla mecánicamente el depósito de almacenamiento 4 (y, por tanto, el dosificador 1) de la estación de rellenado 2, de modo que las básculas gravimétricas 11 solo detectan el peso del dosificador 1. Un fuelle 16 de este tipo también está previsto delante del conducto 9, que transporta el caudal másico uniformemente dosificado del producto a granel.

La estructura anteriormente descrita de esta disposición es básicamente conocida por el experto, al igual que los dos modos de funcionamiento: Uno es el modo de funcionamiento gravimétrico, en el que el depósito de almacenamiento se vacía y la pérdida de peso del dosificador 1 corresponde al caudal másico real del producto a granel (ya que el peso del propio dosificador 1 es constante), regulando un modelo de regulación gravimétrico en el control 10 la capacidad de transporte del transportador de tornillo 6 con respecto al caudal másico teórico. El otro es el modo de funcionamiento volumétrico, en el que se rellena el depósito de almacenamiento con una regulación gravimétrica ciega. En este caso la regulación es sustituida por un modelo de control volumétrico, que se basa preferentemente en los datos para el control para la regulación durante el funcionamiento gravimétrico, tal como se ha descrito anteriormente, aunque, como se ha mencionado, durante el rellenado el caudal másico real no regulable presenta mayores desviaciones del caudal másico teórico de lo que ocurre en el caso del modo gravimétrico.

La figura 1 muestra además un sensor de presión 20 para la presión interior que prevalece en el depósito de almacenamiento 4. Durante el rellenado más o menos brusco del depósito de almacenamiento, la presión del aire en el mismo aumenta correspondientemente. Si se reanuda el funcionamiento gravimétrico tras el rellenado, en un

sistema cerrado en el que el depósito de almacenamiento 4 no está abierto al entorno seguirá existiendo un aumento de presión durante un breve periodo de tiempo. En muchos casos esto también es el caso si está previsto un canal de sobrepresión entre el depósito de almacenamiento 4 y el depósito de rellenado 3, ya que este (o los conductos que lo preceden aguas arriba) a menudo no pueden asumir la función de un depósito de expansión. Esto significa que al pasar del modo volumétrico al gravimétrico, el peso registrado por las básculas gravimétricas 11 es aún superior al que corresponde al producto a granel que se encuentra en el depósito de almacenamiento 4. La razón de ello es que la válvula de corredera 15 de la estación de rellenado 2 está (necesariamente) suspendida a través del depósito de relleno 3 en el bastidor 13, de modo que por el producto del área de la sección transversal del canal de conexión 7 multiplicado por la sobrepresión actualmente existente resulta una fuerza falseadora adicional sobre las básculas gravimétricas 11. Es conocido por el experto detectar mediante un sensor de presión 20 un aumento de la presión del aire en el depósito de almacenamiento 3 al inicio del modo gravimétrico y evitar en este sentido una dosificación gravimétrica incorrecta.

También puede verse un sensor de presión 21 en el conducto de salida 22, mediante el cual se detectan las fluctuaciones de presión que prevalecen en este conducto y pueden ser procesadas por el control 10 de manera análoga a las fluctuaciones de presión en el depósito de almacenamiento 4.

El solicitante ha detectado que durante el rellenado, adicionalmente a las fluctuaciones de presión en el depósito de almacenamiento 4, se producen otras perturbaciones, que tienen un efecto no deseado en el caudal másico dispensado durante el rellenado:
Esto incluye, por ejemplo, el impulso del producto a granel que cae desde la altura del depósito de relleno 3 hasta el fondo del depósito de almacenamiento 4, pudiendo presentar esta perturbación diferentes grados. En primer lugar, el impulso genera una fuerza sobre el depósito de almacenamiento 4 que es detectado como un peso por las básculas gravimétricas (peso por impulso), de modo que el control 10 detecta una masa de producto a granel incorrecta en el depósito de almacenamiento 4. En segundo lugar, el impulso compacta adicionalmente el producto a granel que se encuentra por debajo del producto a granel que cae después, es decir, más allá de la compactación que corresponde al nivel de llenado (compactación por impulso). En tercer lugar, el producto a granel puede ser empujado por el impulso adicionalmente a través del tornillo giratorio en la dirección de transporte (o a través de un transportador de salida de otra construcción) (transporte adicional por impulso). A la inversa, también puede darse el caso que el producto a granel se arremolina al caer en el depósito de almacenamiento 4, que el impulso cambia por ello y que se produce una fluidización del producto a granel en el depósito de almacenamiento 4 (transporte reducido por fluidización). Por último, aún durante el rellenado pueden producirse puentes de corta duración en el producto a granel, tanto en el depósito de almacenamiento 4 como en el depósito de relleno 3, de modo que se influye en la cantidad de rellenado, en primer lugar durante la formación de los puentes y en segundo lugar cuando se colapsan (transporte alterado por un flujo de material deficiente).

Según el material, todas estas perturbaciones se producen durante una fase del rellenado o durante todo el rellenado, en igual o distinto grado, individualmente o combinadas, y a continuación se acumulan o se vuelven a compensar alternativamente. Las condiciones ambientales pueden influir en estas perturbaciones, por ejemplo a través de la temperatura, la presión del aire o la humedad del aire, de modo que, por ejemplo, según la hora del día, se produce una deriva adicional del caudal másico de producto a granel dosificado durante el rellenado.

La figura 1 muestra ahora sensores configurados en la forma de realización representada de acuerdo con la invención como básculas 14 para un parámetro de la masa de rellenado dispensada por la estación de rellenado 2. El depósito de relleno 3 descansa en las básculas de relleno 14. Mediante estas no solo puede determinarse el peso total del producto a granel dispensado al depósito de almacenamiento 4 para un rellenado, sino también el caudal másico del producto a granel durante el rellenado propiamente dicho.

El solicitante ha detectado que las perturbaciones que se producen en el depósito de almacenamiento 4 durante el rellenado pueden detectarse y eliminarse en el control por cálculo o al menos pueden reducirse significativamente, si durante el rellenado no se detecta el peso del producto a granel introducido en el depósito de almacenamiento 4, sino el peso del producto a granel dispensado por el depósito de relleno 3; véase la descripción más adelante.

El resultado es un dosificador gravimétrico de acuerdo con la invención con un depósito de almacenamiento para el producto a granel a dosificar y una estación de rellenado conectada al mismo, que está configurada para rellenar una cantidad de rellenado del producto a granel en el depósito de almacenamiento y está provista de un sensor para un parámetro de la cantidad de rellenado, con al menos una báscula que está conectado operativamente al depósito de almacenamiento y a un transportador de salida para el producto a granel para la dosificación gravimétrica del producto a granel, y con un control para el transportador de salida, que está configurado para controlar este último durante una fase de rellenado de acuerdo con un modelo de control volumétrico, estando configurado el control además para determinar durante el rellenado a partir de las señales del sensor para la cantidad de rellenado el peso del producto a granel dispensado por la estación de rellenado, y a partir de la señal de peso de la al menos una báscula gravimétrica un valor para el peso del producto a granel actualmente presente en el depósito de almacenamiento y determinar a partir de ello un caudal real de producto a granel.

En otra forma de realización de acuerdo con la invención, el control está configurado además para determinar a partir

de la diferencia entre un caudal teórico de producto a granel y el caudal real de producto a granel un factor de corrección para el modelo de control volumétrico y aplicarlo a este.

La figura 2a muestra un diagrama de flujo para determinar de acuerdo con la invención el error de dosificación del caudal másico dispensado por el dosificador 1 (figura 1) durante el rellenado de su depósito de almacenamiento 4.

En la etapa 30, el control 10 activa el rellenado, por ejemplo cuando la señal de peso de las básculas 11 corresponde a un nivel de llenado inferior del depósito de almacenamiento 4. Como resultado, en la etapa 31 el control 10 cambia al modelo de control volumétrico anteriormente descrito, depositado en el mismo, y abre la válvula configurada en este caso como válvula de corredera 15 en el canal de rellenado 7, de modo que fluye un caudal másico de rellenado del producto al depósito de relleno. Las básculas de relleno 14 registran correspondientemente una pérdida del peso del depósito de relleno 3, a partir de la cual el control 10 determina en la etapa 32 la masa de producto a granel rellenado en el depósito de almacenamiento 4.

De acuerdo con la invención, el control 10 sigue procesando ahora las señales de peso de las básculas gravimétricas 11, estando estas no obstante muy falseadas por las perturbaciones que se producen durante el rellenado, es decir, ya no corresponden al producto a granel presente en el depósito de almacenamiento 4. Correspondientemente, en la etapa 33, debe determinarse la masa del producto a granel en el depósito de almacenamiento 4 corregido de perturbaciones (véase también la descripción de la figura 3).

Si se conoce en un momento dado el peso (real o aproximadamente real) del producto a granel presente en el depósito de almacenamiento 4 y el peso del producto a granel rellenado (por las básculas 11 y 14), la diferencia entre estos pesos (comparada con estos pesos en un momento anterior) corresponde al peso del producto a granel dispensado por el transportador de salida. En la etapa 34, la derivación en función del tiempo da como resultado el caudal másico de rellenado, el cambio de la masa del producto a granel en el depósito de almacenamiento 4 y el caudal másico de producto a granel real dispensado por el dosificador 1.

Los datos con respecto al caudal real de producto a granel pueden estar depositados en una memoria de datos del control o emitirse en tiempo real al control de la línea o a otra instancia en la que se siguen procesando los datos para la dosificación en curso. Estos datos garantizan una trazabilidad completa de la dosificación sin un "punto ciego" durante el rellenado, lo que, como se ha descrito anteriormente, puede ser importante, en particular, en el caso de una producción altamente sensible (por ejemplo, productos farmacéuticos o también otras aplicaciones).

Cabe señalar en este punto que el modelo de control volumétrico en el caso simple contiene un mero valor predeterminado para el caudal másico teórico y, por lo tanto, una magnitud de ajuste simple, constante para el motor 8 (o para el accionamiento de un transportador de salida configurado de otra manera), de modo que controle el caudal másico generado por el transportador de salida mediante un valor predeterminado para un caudal másico teórico. Sin embargo, también puede contener, por ejemplo, una magnitud de ajuste predeterminada, que se modifica durante el período de rellenado, por ejemplo durante un vaciado gravimétrico anterior (o según otro principio adecuado), como se ha descrito anteriormente. En este caso controla el caudal másico generado por el transportador de salida adicionalmente mediante datos acerca de la compactación del producto a granel durante el vaciado del depósito de almacenamiento.

En la etapa 36, el control 10 comprueba, por ejemplo, con ayuda de la masa rellenada de producto a granel (básculas 14) o con ayuda del peso del producto a granel corregido de perturbaciones (básculas 11), si el depósito de almacenamiento contiene la cantidad de rellenado teórica de producto a granel e interrumpe en caso positivo en la etapa 37 el rellenado, es decir, cambia al modo gravimétrico o, en el caso negativo, vuelve a la etapa 31 para continuar el rellenado.

De acuerdo con la invención, el resultado es una determinación (gravimétrica) del caudal másico dispensado por el dosificador 1 durante el rellenado, presentando el dosificador un depósito de almacenamiento y una estación de rellenado conectada al mismo, estando configurado para la dosificación gravimétrica a través de un transportador de salida, rellenando el depósito de relleno periódicamente el depósito de almacenamiento con producto a granel desde un nivel de llenado inferior hasta un estado llenado y estando provisto de un sensor para un parámetro para la cantidad de rellenado dispensada, siendo controlado durante el rellenado el transportador de salida por un modelo de control volumétrico, y determinándose el peso del producto a granel rellenado en el depósito de almacenamiento durante el rellenado del depósito de almacenamiento a partir de los datos del sensor para la cantidad de rellenado dispensada por la estación de rellenado y el aumento del peso del producto a granel en el depósito de almacenamiento durante el rellenado del depósito de almacenamiento y calculándose a partir de la diferencia entre estos pesos el caudal real de producto a granel dispensado durante el rellenado.

La figura 2b muestra un diagrama de flujo para otra forma de realización de la invención, a saber, para la regulación del caudal másico dispensado por el dosificador de la figura 1 durante el rellenado, que se basa en la determinación del caudal real de producto a granel según la secuencia de la figura 2a.

Con ayuda del caudal másico real después de la etapa 34 (véase al respecto también la figura 2a), el control 10 genera

ahora adicionalmente en la etapa 35 un factor de corrección actual para el modelo de control volumétrico y, por lo tanto, para la magnitud de ajuste, de modo que el caudal másico real se aproxima al menos al caudal másico teórico o se corresponde esencialmente con el mismo.

Por lo tanto, resulta preferentemente que además se genera un factor de corrección para el modelo de control volumétrico a partir de la diferencia entre un caudal teórico de producto a granel y el caudal real de producto a granel, y que se aplica al mismo para la regulación del caudal másico. A este respecto resulta especialmente ventajoso que naturalmente los datos acerca del caudal real de producto a granel o el caudal másico real sigan estando disponibles para la trazabilidad de la dosificación durante el rellenado, minimizándose no obstante al mismo tiempo el error de dosificación (que ahora puede registrarse y seguirse cuantitativamente) incluso durante el rellenado.

Preferentemente, la secuencia mostrada en las figuras 2a o 2b se ejecuta al menos una vez, preferentemente varias veces, durante el rellenado, de modo que el caudal real de producto a granel puede determinarse varias veces y/o el factor de corrección puede generarse varias veces y aplicarse a continuación en tiempo real al modelo de control volumétrico. El experto puede determinar el tiempo de ciclo para el caso concreto de esta ejecución y por lo tanto la precisión de la regulación durante el rellenado, que entre otras cosas también puede ajustarse a las propiedades del material a dosificar. Resulta que el dosificador gravimétrico está configurado preferentemente para determinar el caudal real de producto a granel (secuencia según la figura 2a) y/o el factor de corrección (secuencia según la figura 2b) varias veces durante el rellenado, para aplicar a este respecto un factor de corrección respectivamente determinado en tiempo real al modelo de control volumétrico de tal manera que su valor para el caudal teórico de producto a granel se adapta durante el rellenado. Se sobreentiende que, como ya se ha mencionado, también en el caso de un caudal de producto a granel regulado durante el rellenado puede registrarse cuantitativamente y emitirse el error de dosificación.

La figura 3 muestra un diagrama de flujo para determinar un peso del producto a granel en el depósito de almacenamiento después de haberlo corregido de perturbaciones, es decir, para la etapa 33 de la figura 2. De esta manera se abre además la posibilidad de al menos reducir o de eliminar esencialmente los efectos de las perturbaciones anteriormente descritas en el caudal másico dispensado por el dosificador mediante un factor de corrección para el modelo de control volumétrico que representa una magnitud de ajuste.

Resulta que durante el rellenado se calcula el aumento del peso del producto a granel en el depósito de almacenamiento con ayuda de un peso del producto a granel corregido de perturbaciones.

En la figura 3 están representadas tres ramificaciones 40 a 42, en las que el control 10 del dosificador 1 (figura 1) realiza respectivamente de forma independiente de las otras ramificaciones 40 a 42 una corrección del peso del producto a granel presente en el depósito de almacenamiento 4 detectado por las básculas gravimétricas 11 (figura 1) pero falseado por una perturbación específica.

Cada ramificación 40 a 42 comienza con la etapa 30, en cuanto el control 10 inicia el rellenado y finaliza con la etapa 38, es decir, en cuanto se haya llenado el depósito de almacenamiento 4. En cada ramificación, la señal de peso de las básculas gravimétricas 11 durante el rellenado es registrada por el control 10 según la etapa 43 y usada para determinar el peso corregido.

En la etapa 45 de la ramificación 40 se determina la fuerza que actúa sobre el depósito de almacenamiento debido al impulso del producto a granel rellenado, detectada por las básculas gravimétricas 11 como peso. Para ello, puede depositarse en el control 10 la geometría del canal de rellenado 7 y del depósito de almacenamiento 4 y, por lo tanto, la altura de caída del producto a granel. A partir de las señales de las básculas de relleno 14, el control 10 puede determinar el peso decreciente del depósito de relleno 3 y, a partir de este, el caudal másico del producto a granel que cae en el depósito de almacenamiento 4. De la altura de caída y el caudal másico se deduce el impulso (o flujo de impulso) y de este, a su vez, la fuerza que actúa a lo largo del tiempo debido al impulso sobre las básculas gravimétricas 11, que genera la proporción buscada del peso detectado por las básculas gravimétricas 11. En la etapa 46, esta fuerza se resta del peso detectado y se deposita en el control como un peso corregido con respecto al impulso. Resulta que se calcula preferentemente el peso del producto a granel corregido durante el rellenado mediante la fuerza ejercida sobre el depósito de almacenamiento por el impulso del producto a granel que cae y que el control del dosificador gravimétrico está configurado preferentemente para determinar un peso del producto a granel en el depósito de almacenamiento corregido del impulso del producto a granel que cae en el depósito de almacenamiento. Cabe señalar que las señales de las básculas de relleno 14 pueden indicar una ligera pulsación generada, por ejemplo, por un transportador de tornillo de rellenado. Esta pulsación se alisa por la caída libre del polvo rellenado. A continuación, en el control 10 puede suponerse en tiempo real un alisado correspondiente (eventualmente determinado mediante ensayos), de modo que se registra con gran precisión la cantidad de producto a granel realmente alimentada al depósito de almacenamiento.

En la ramificación 41 se registra en la etapa 47 la sobrepresión actual en el depósito de almacenamiento 4, a partir de la cual el control 10 determina mediante la geometría del depósito de almacenamiento 4 y del canal de rellenado 7 depositada en el mismo la fuerza con la que se cargan las básculas 11 por la sobrepresión. En la etapa 48, esta fuerza se resta del peso detectado y se deposita en el control como un peso corregido con respecto a la sobrepresión. Esto

también tiene lugar preferentemente con respecto a la sobrepresión en el conducto de salida. Resulta que el peso del producto a granel corregido se calcula con ayuda de una presión actual que prevalece en el depósito de almacenamiento.

Preferentemente resulta un dosificador gravimétrico, en el que el depósito de almacenamiento y/o un conducto de salida para producto a granel dispuesto a continuación del transportador de salida está provisto de un sensor de presión, que está configurado para generar durante el rellenado del depósito de almacenamiento una señal para una fluctuación de presión, estando configurado el control además para determinar un valor corregido de la fluctuación de presión para el peso del producto a granel actualmente presente en el depósito de almacenamiento a partir de la señal para la fluctuación de presión y la señal de la báscula.

En la ramificación 42, se registra en la etapa el comportamiento dinámico de las básculas gravimétricas 11 con respecto al peso detectado por las mismas. Por el hecho de que se haga oscilar el impulso por el material rellenado por la rigidez del muelle de las básculas 11 (puede haber una sola o varias básculas gravimétricas, según la estructura del dosificador 1), la amortiguación del sistema de pesaje y la masa total pesada (parte pesada de la báscula, del dosificador, del producto a granel y de la fuerza generada por el impulso sobre la báscula), se genera una fuerza virtual a partir del comportamiento dinámico de la báscula oscilante, que representa otra perturbación que falsea el peso detectado del producto a granel en el depósito de almacenamiento 4.

La fuerza generada por el impulso puede calcularse según la etapa 45 en la ramificación 40.

La masa de la parte de pesaje de las básculas 11, la amortiguación del sistema de pesaje, así como su rigidez de muelle son parámetros que el experto puede determinar en un caso concreto, bien porque se conocen las básculas 11, bien porque estos parámetros pueden determinarse mediante una función de calibración o bien porque el comportamiento de la báscula puede determinarse simplemente con ensayos con ayuda de un rellenado. Mediante estos parámetros, el experto puede calcular la oscilación y la fuerza virtual resultante de la misma de las básculas 11 durante el rellenado y depositarlas en el control 10. La señal de peso actual se corrige ahora con respecto a la fuerza virtual y se deposita según la etapa 50 en el control 10 como peso corregido con respecto al comportamiento dinámico de la báscula. Resulta que el peso corregido del producto a granel se calcula con ayuda de las propiedades de oscilación de la al menos una báscula gravimétrica, estando configurado también preferentemente el control de un dosificador gravimétrico para determinar un peso del producto a granel en el depósito de almacenamiento corregido con respecto a una fuerza virtual por el comportamiento dinámico de la al menos una báscula gravimétrica, que oscila por el impulso del producto a granel que cae en el depósito de almacenamiento.

Cabe señalar en este caso que la influencia del comportamiento dinámico de la báscula depende sobre todo de su rigidez de muelle; según las propiedades del material rellenado y la frecuencia de resonancia de las básculas gravimétricas, el experto puede abstenerse en un caso concreto de determinar el peso corregido con respecto al comportamiento dinámico, por ejemplo en el caso de básculas muy rígidas con una frecuencia de resonancia elevada y un material que se arremolina durante el rellenado, que genera un impulso suave.

También cabe mencionar en este punto que las perturbaciones según las ramificaciones 40 y 41 o las perturbaciones según todas las ramificaciones 40 a 42 se registran naturalmente en paralelo y que puede calcularse directamente un peso corregido del producto a granel en el depósito de almacenamiento a partir de los resultados de las etapas 45, 47 y dado el caso 49.

La figura 4 muestra un diagrama 55 de la distribución del producto a granel entre el depósito de relleno 3 y el depósito de almacenamiento 4 durante el rellenado. El tiempo se representa en el eje horizontal, indicando t_B el inicio y t_e el final del rellenado. La masa M del producto a granel se representa en el eje horizontal.

La curva M_N indica la masa del producto a granel en el depósito de relleno 3; corresponde al peso detectado por las básculas de relleno 14. La curva Mv indica la masa del producto a granel en el depósito de almacenamiento 4; corresponde a su peso real.

Si el rellenado se activa en el momento t_b, la masa en el depósito de relleno se reduce inmediatamente, puesto que el producto a granel cae a través del canal de conexión 7. Sin embargo, durante el tiempo de caída del producto a granel no cambia la masa en el depósito de almacenamiento; esta no aumenta hasta el momento $t_{b+caída}$, es decir, cuando el producto a granel que cae ha alcanzado el nivel de llenado inferior del depósito de almacenamiento. Por lo tanto, en el tiempo t_e, la masa en el depósito de almacenamiento sigue aumentando ligeramente durante un breve espacio de tiempo tras finalizar el rellenado, concretamente hasta el momento $t_{e+caída}$. A este respecto, el segundo intervalo de tiempo $T_e = t_e - t_{e+caída}$ es inferior al primer intervalo de tiempo $T_b = t_b - t_{b+caída}$, ya que la altura de caída es menor en el caso del nivel de llenado superior tras el rellenado.

La curva D indica la diferencia entre las masas en el depósito de relleno 3 y en el depósito de almacenamiento 4, a saber $M_N - M_V$. Al tratarse de un mero intercambio de masa entre estos depósitos, esta diferencia debería ser siempre constante y tener el valor D_k. El salto de la curva D en el primer intervalo de tiempo T_b a un valor superior a D_k indica, por lo tanto, que hay una masa de producto a granel en caída libre, también en el tramo T_N y durante el salto en el

intervalo de tiempo T_e.

En la etapa 34 de la figura 2, el control 10 determina el caudal másico real dispensado por el dosificador durante el rellenado, formándose la diferencia entre el peso del producto a granel emitido por el depósito de relleno 3 y el peso del producto a granel en el depósito de almacenamiento 3 corregido de perturbaciones, que se basa en el peso detectado por las básculas gravimétricas 11. Según el diagrama 55, el caudal másico real determinado en el intervalo de tiempo $T_b + T_N + T_e = t_{e+caída} - t_b$ contiene un error sistemático $F = D - D_k$. Por lo tanto, el cálculo del caudal másico real es demasiado grande lo que corresponde al caudal másico erróneo $\dot{F}$ derivado en función del tiempo, lo que conduce a un factor de corrección correspondientemente incorrecto. En función del caso concreto, este error puede aceptarse; sin embargo, aunque el experto modificará preferentemente el algoritmo en la etapa 34 de la figura 2 de tal manera que los valores de la masa dispensada por el depósito de relleno 3 (la curva M_N) se desplazan hacia la derecha lo que corresponde a un tiempo T_r situado en el intervalo de tiempo T_b, véase la curva M_{Nr}. Con la consecuencia de que el error sistemático F se reduce o desaparece. El tiempo T_b puede obtenerse a partir del peso detectado de las básculas de relleno 14 y del peso detectado de las básculas gravimétricas 11 (aumento rápido del peso debido al impulso) o simplemente puede suponerse a partir de la altura de caída según la geometría usada en el caso concreto. Lo mismo se cumple para el tiempo T_e.

Resulta que el peso del producto a granel rellenado como pérdida de peso del depósito de relleno y el aumento del peso del producto a granel en el depósito de almacenamiento registrado por la al menos una báscula gravimétrica se procesan simultáneamente o con una diferencia de tiempo para el cálculo del caudal real de producto a granel, correspondiéndose la diferencia de tiempo preferentemente al menos aproximadamente a un tiempo de caída del producto a granel desde el depósito de relleno al depósito de almacenamiento.

La figura 5 muestra un diagrama de flujo de otra forma de realización de la presente invención. En una primera sección A, el dosificador 1 (figura 1) se hace funcionar convencionalmente según un modelo de control volumétrico durante un primer rellenado (etapa 30) y, a continuación, se determina un primer factor de corrección para el modelo de control volumétrico. En la sección B, para los materiales cuyas propiedades de rellenado se reproducen bien en el caso concreto, el factor de corrección se mejora aún más basándose en rellenados anteriores, hasta que la media del caudal másico real dispensado durante el rellenado se aproxime o sea esencialmente igual al caudal másico teórico.

En la etapa 30 (sección A), comienza el primer rellenado, que según la etapa 60 solo se ejecuta con un modelo de control volumétrico. No obstante, de acuerdo con la invención, la masa del producto a granel rellenado se determina en la etapa 61 mediante las básculas de relleno 14 y se deposita en el control 10. Tras el rellenado, el control 10 cambia el dosificador 1 nuevamente al modo gravimétrico, véase la etapa 62.

En cuanto la báscula se haya estabilizado, se determina el caudal másico medio real durante el rellenado según la etapa 63: en el modo gravimétrico, el caudal másico gravimétrico real ahora dispensado puede detectarse ahora de forma fiable, al igual que el peso real actual del producto a granel en el depósito de almacenamiento 4. De la diferencia del producto a granel rellenado y el peso real al inicio del modo gravimétrico se deduce la masa real del producto a granel dispensado durante el rellenado, y del tiempo de rellenado se deduce el caudal másico real de rellenado durante el rellenado. Puesto que se conocen las proporciones durante el modo de funcionamiento gravimétrico (caudal másico real), el control 10 puede calcular el caudal másico real medio de rellenado hasta el siguiente llenado. Por lo tanto, de acuerdo con la invención vuelve a estar disponible el caudal másico real dispensado durante el rellenado, aunque solo como un valor medio durante el rellenado, pero sin embargo como un valor cuantitativo, lo que en un caso concreto ya puede satisfacer las necesidades del control de calidad en una línea de producción.

En la etapa 64, el control calcula un factor de corrección para el modelo de control volumétrico a partir de la diferencia entre el caudal másico teórico y el caudal másico medio real de rellenado.

En la sección B, se repite el ciclo, aplicándose, no obstante, según la etapa 65, durante el rellenado el modelo de control volumétrico corregido con el factor de corrección. Después de volver a funcionar el dosificador 1 en el modo gravimétrico (etapa 67), se consulta si debe continuar el funcionamiento (etapa 68); en caso negativo, se produce una parada en la etapa 69, en caso afirmativo, vuelve a determinarse el caudal másico real de rellenado en la etapa 70.

Resulta que el caudal real de producto a granel y/o el factor de corrección se determina después de un rellenado, pero antes del rellenado siguiente, y, en el caso del factor de corrección, se aplica al modelo de control volumétrico y para un rellenado siguiente, determinándose el factor de corrección preferentemente durante varios rellenados basándose en un factor de corrección anterior, estando configurado además preferentemente el control del dosificador gravimétrico para determinar un valor para el peso del producto a granel total rellenado durante un rellenado a partir de las señales del sensor de la cantidad de rellenado y para determinar un caudal real de producto a granel y/o un factor de corrección a partir de una señal de peso de la al menos una báscula gravimétrica durante el vaciado del depósito de almacenamiento que sigue al rellenado y, en el caso del factor de corrección determinado, aplicarlo al modelo de control volumétrico para un rellenado posterior.

De acuerdo con la invención, pueden detectarse y regularse otras perturbaciones, como la compactación adicional generada por el impulso o una fluidización del producto a granel en el depósito de almacenamiento. Si se produce una

compresión adicional, el caudal másico real se vuelve demasiado grande; si se produce una fluidización, el caudal másico real se vuelve demasiado pequeño. En los dos casos, esto se reconoce en la etapa 34 de la figura 2 y el caudal másico se regula correspondientemente en tiempo real según la etapa 35. Del mismo modo, en el sentido del caudal másico real medio descargado, según las etapas 63, 64 y 70 de la figura 5.

Esto se cumple también de manera análoga en el caso de que el producto a granel se haga pasar por el transportador de salida por el impulso, presentando el caudal másico real debido a ello brevemente un pico no deseado. En este caso, el experto puede configurar el control de tal manera que se detecta un pico fuerte, se regula el caudal másico correspondientemente en tiempo real o en promedio y se registran adicionalmente el tiempo y la magnitud del pico y se y depositan en el control. Además del factor de corrección, el modelo de control volumétrico puede contener un cambio predeterminado, que regula en el momento determinado ya de forma predeterminada el caudal másico real. De acuerdo con la invención, las perturbaciones causadas por la formación de puentes también se registran y resuelvan durante la formación de puentes, así como durante el derrumbamiento de puentes, lo que desencadena un pulso similar al pulso del material rellenado.

En la figura 1, la masa del producto a granel dispensada durante el rellenado por el depósito de relleno 3 al depósito de almacenamiento 4 se detecta mediante una o varias básculas de relleno 14, representando las básculas de relleno 14 sensores para un parámetro de la cantidad de rellenado dispensada. En lugar de las básculas de relleno 14 también puede usarse el nivel de llenado del depósito de relleno 3, que puede detectarse mediante sensores de nivel de llenado, siempre que se conozca en este caso una compactación del producto a granel en el depósito de relleno, por ejemplo por ensayos. En lugar de una válvula de corredera 15 (figura 1), el experto también puede prever esclusas de rueda celular para una descarga rápida pero dosificada del producto a granel al depósito de almacenamiento 4. Por último, es concebible prever una cascada de dosificadores, pudiendo estar configurado un dosificador de rellenado perfectamente según la Figura 1, aunque dispone en este caso de una capacidad de transporte comparativamente grande. En este caso, la capacidad de transporte de la esclusa de rueda celular o del dosificador de rellenado, etc., representa un parámetro de la cantidad de rellenado dispensada, que puede ser procesada por el control de forma análoga a la señal de peso de las básculas de relleno 14.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para determinar el caudal másico de un dosificador (1) para productos a granel, que presenta un depósito de almacenamiento (4), estando conectado el depósito de almacenamiento (4) del dosificador (1) a una estación de rellenado (2) que presenta un depósito de relleno (3), presentando el dosificador (1) al menos una báscula gravimétrica (11) para la dosificación gravimétrica a través de un transportador de salida del dosificador (1), y rellenando el depósito de relleno (3) el contenedor de almacenamiento (4) periódicamente con producto a granel desde un nivel de llenado inferior hasta un estado lleno y estando provisto de un sensor para un parámetro de la cantidad de rellenado dispensada, y controlándose el transportador de salida durante el rellenado mediante un modelo de control volumétrico, **caracterizado por que** el peso del producto a granel rellenado durante el rellenado del depósito de almacenamiento (4) se determina a partir de los datos del sensor para la cantidad de rellenado dispensada por la estación de rellenado y el aumento del peso del producto a granel en el depósito de almacenamiento (4) durante el rellenado del depósito de almacenamiento (4), y calculándose el caudal real de producto a granel dispensado durante el rellenado a partir de la diferencia de estos pesos.

2. Procedimiento según la reivindicación 1, generándose además un factor de corrección para el modelo de control volumétrico a partir de la diferencia entre un caudal teórico de producto a granel y el caudal real de producto a granel, y aplicándose el mismo para la regulación del caudal másico.

3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, determinándose durante el rellenado al menos una vez, preferentemente repetidamente, el caudal real de producto a granel y/o el factor de corrección y aplicándose el factor de corrección respectivamente determinado en tiempo real al modelo de control volumétrico.

4. Procedimiento según la reivindicación 3, procesándose el peso del producto a granel rellenado como pérdida de peso del depósito de relleno (3) y el aumento del peso del producto a granel en el depósito de almacenamiento (4) registrado por la al menos una báscula gravimétrica (11) simultáneamente o con una diferencia de tiempo para el cálculo del caudal real de producto a granel, correspondiéndose la diferencia de tiempo preferentemente al menos aproximadamente a un tiempo de caída del producto a granel desde el depósito de relleno (3) al depósito de almacenamiento (4).

5. Procedimiento según la reivindicación 3, calculándose durante el rellenado el aumento del peso del producto a granel en el depósito de almacenamiento (4) con ayuda de un peso del producto a granel corregido de perturbaciones.

6. Procedimiento según la reivindicación 5, calculándose el peso corregido del producto a granel con ayuda de una presión actual que prevalece en el depósito de almacenamiento (4).

7. Procedimiento según la reivindicación 5, calculándose el peso corregido del producto a granel con ayuda de una presión actual que prevalece en el conducto de salida (9).

8. Procedimiento según la reivindicación 5, calculándose durante el rellenado el peso corregido del producto a granel por la fuerza ejercida sobre el depósito de almacenamiento (4) debido al impulso del producto a granel que cae.

9. Procedimiento según la reivindicación 5 u 8, calculándose el peso corregido del producto a granel mediante las características de oscilación de la al menos una báscula gravimétrica (11).

10. Procedimiento según la reivindicación 2, determinándose el caudal real de producto a granel y/o el factor de corrección después de un rellenado, pero antes del rellenado siguiente y aplicándose al modelo de control volumétrico para un rellenado siguiente, determinándose el factor de corrección preferentemente nuevamente durante varios rellenados basándose en un factor de corrección anterior.

11. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, controlando el modelo de control volumétrico el caudal másico generado por el transportador de salida mediante un valor predeterminado para un caudal másico teórico.

12. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, controlando el modelo de control volumétrico el caudal másico generado por el transportador de salida adicionalmente mediante datos respecto a la compactación del producto a granel durante el vaciado del depósito de almacenamiento (4).

13. Dosificador gravimétrico (1) para productos a granel con una estación de rellenado (2) conectada al mismo, presentando el dosificador (1) un depósito de almacenamiento (4) para el producto a granel a dosificar y estando configurada la estación de rellenado (2) para rellenar una cantidad de rellenado de producto a granel en el depósito de almacenamiento (4) del dosificador (1) y estando provista de un sensor para un parámetro de la cantidad de rellenado, estando conectado el dosificador (1) a al menos una báscula gravimétrica (11) que está conectada operativamente al depósito de almacenamiento (4) y a un transportador de salida para el producto a granel para la dosificación gravimétrica del producto a granel, y además de un control (10) para el transportador de salida, que está configurado para controlar este último durante una fase de rellenado según un modelo de control volumétrico, **caracterizado por que** el control está configurado además para determinar durante el rellenado a partir de las señales

del sensor de la cantidad de rellenado el peso del producto a granel dispensado por la estación de rellenado (2), y a partir de la señal de peso de la al menos una báscula gravimétrica (11) un valor para el peso del producto a granel actualmente presente en el depósito de almacenamiento (4) y a partir de ello un caudal real de producto a granel dispensado por el dosificador durante el rellenado.

14. Dosificador gravimétrico según la reivindicación 13, estando configurado el control además para determinar a partir de la diferencia entre un caudal teórico de producto a granel y el caudal real de producto a granel un factor de corrección para el modelo de control volumétrico y aplicarlo a este.

15. Dosificador gravimétrico según la reivindicación 13 o 14, estando configurado el sensor para un parámetro de la cantidad de rellenado como sensor de peso (14).

16. Dosificador gravimétrico según la reivindicación 13 o 14, estando provisto el depósito de almacenamiento (4) y/o un conducto de salida (9) para producto a granel dispuesto a continuación del transportador de salida de un sensor de presión (20, 21), que está configurado para generar durante el rellenado del depósito de almacenamiento (4) una señal para una fluctuación de presión, y estando configurado el control (10) además para determinar un valor corregido de la fluctuación de presión para el peso del producto a granel actualmente presente en el depósito de almacenamiento (4) a partir de la señal para la fluctuación de presión y la señal de la al menos una báscula gravimétrica (11).

17. Dosificador gravimétrico según la reivindicación 13 o 14, estando configurado el control (10) para determinar un peso corregido del producto a granel en el depósito de almacenamiento (4) del impulso del producto a granel que cae en el depósito de almacenamiento.

18. Dosificador gravimétrico según la reivindicación 13 o 14, estando configurado el control (10) para determinar un peso del producto a granel en el depósito de almacenamiento (4) corregido de una fuerza virtual que resulta del comportamiento dinámico de la al menos una báscula gravimétrica (11) que oscila debido al impulso del producto a granel que cae en el depósito de almacenamiento (4).

19. Dosificador gravimétrico según la reivindicación 13 o 14, estando configurado el control (10) además para determinar el caudal real de producto a granel y/o el factor de corrección varias veces durante el rellenado y, en el caso del factor de corrección determinado, para aplicarlo en tiempo real al modelo de control volumétrico de tal forma que su valor para el caudal teórico de producto a granel se adapta durante el rellenado.

20. Dispensador gravimétrico según la reivindicación 13 o 14, estando configurado el control (10) para determinar a partir de las señales del sensor para un parámetro de la cantidad de relleno dispensada un valor para el peso del producto a granel total rellenado durante un rellenado y para determinar a partir de una señal de peso de la al menos una báscula gravimétrica (11) durante el vaciado del depósito de almacenamiento (4) que sigue al rellenado el caudal real de producto a granel y/o un factor de corrección y, en el caso del factor de corrección determinado, aplicarlo al modelo de control volumétrico para un rellenado posterior.

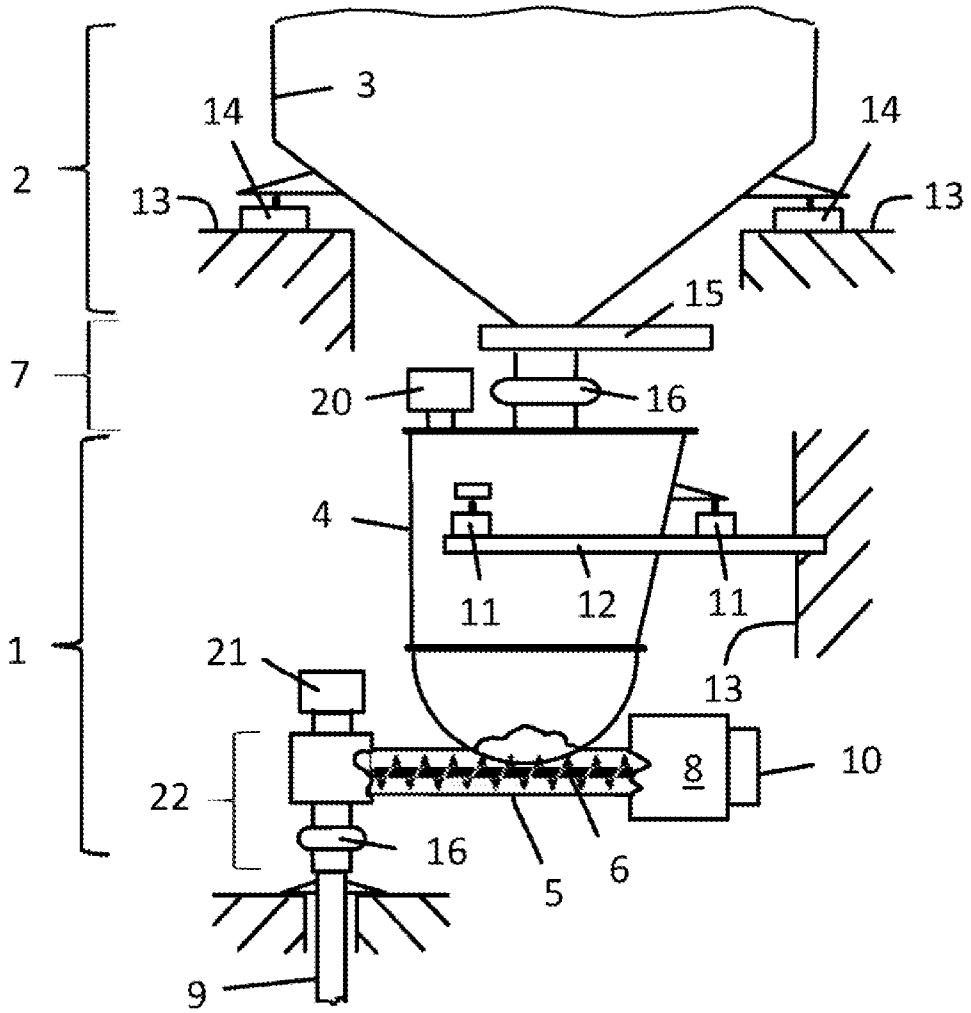


Fig. 1

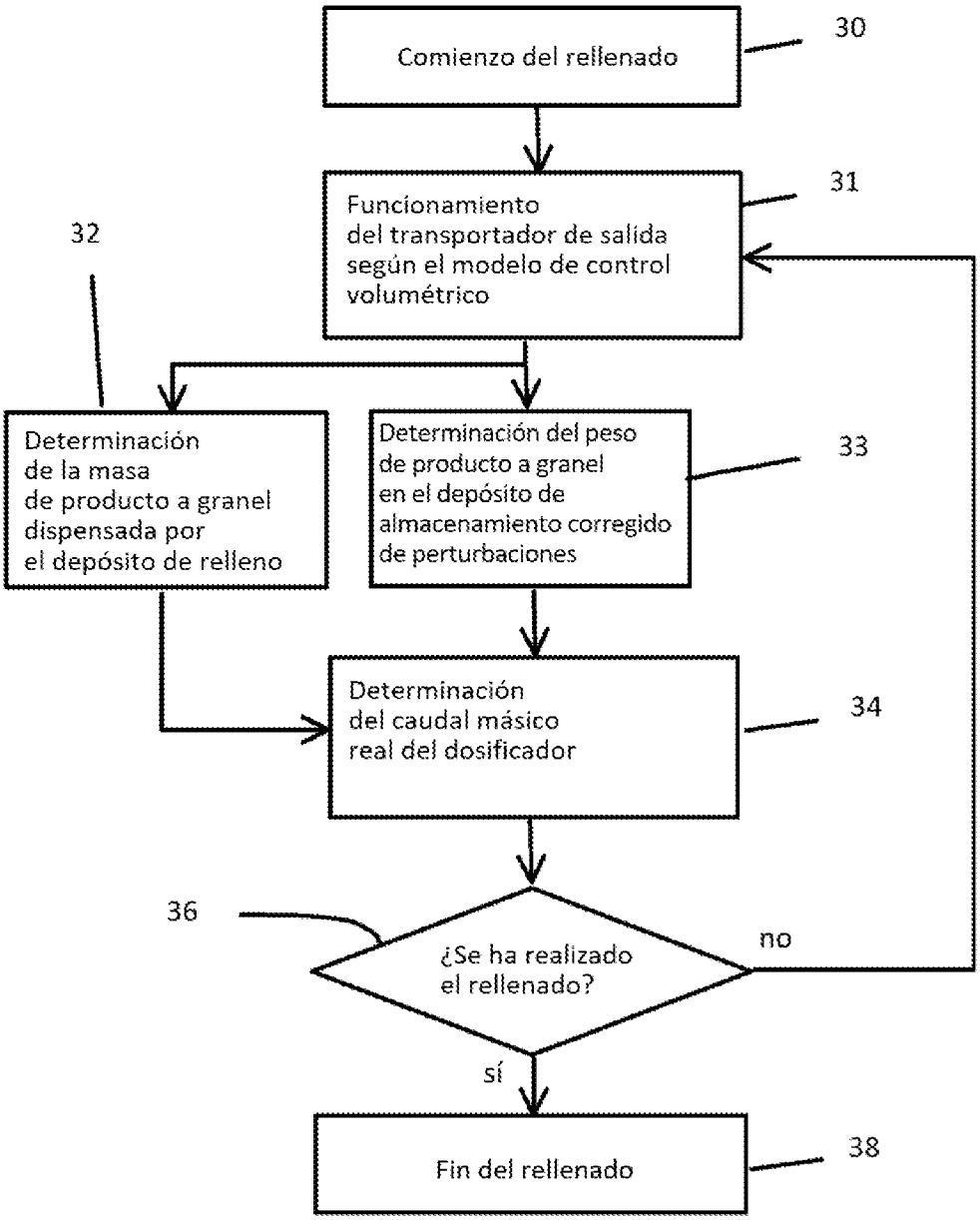

Comienzo del rellenado
30
Funcionamiento del transportador de salida según el modelo de control volumétrico
31
32
Determinación de la masa de producto a granel dispensada por el depósito de relleno
Determinación del peso de producto a granel en el depósito de almacenamiento corregido de perturbaciones
33
Determinación del caudal másico real del dosificador
34
36
¿Se ha realizado el rellenado?
no
sí
Fin del rellenado
38

Fig. 2a

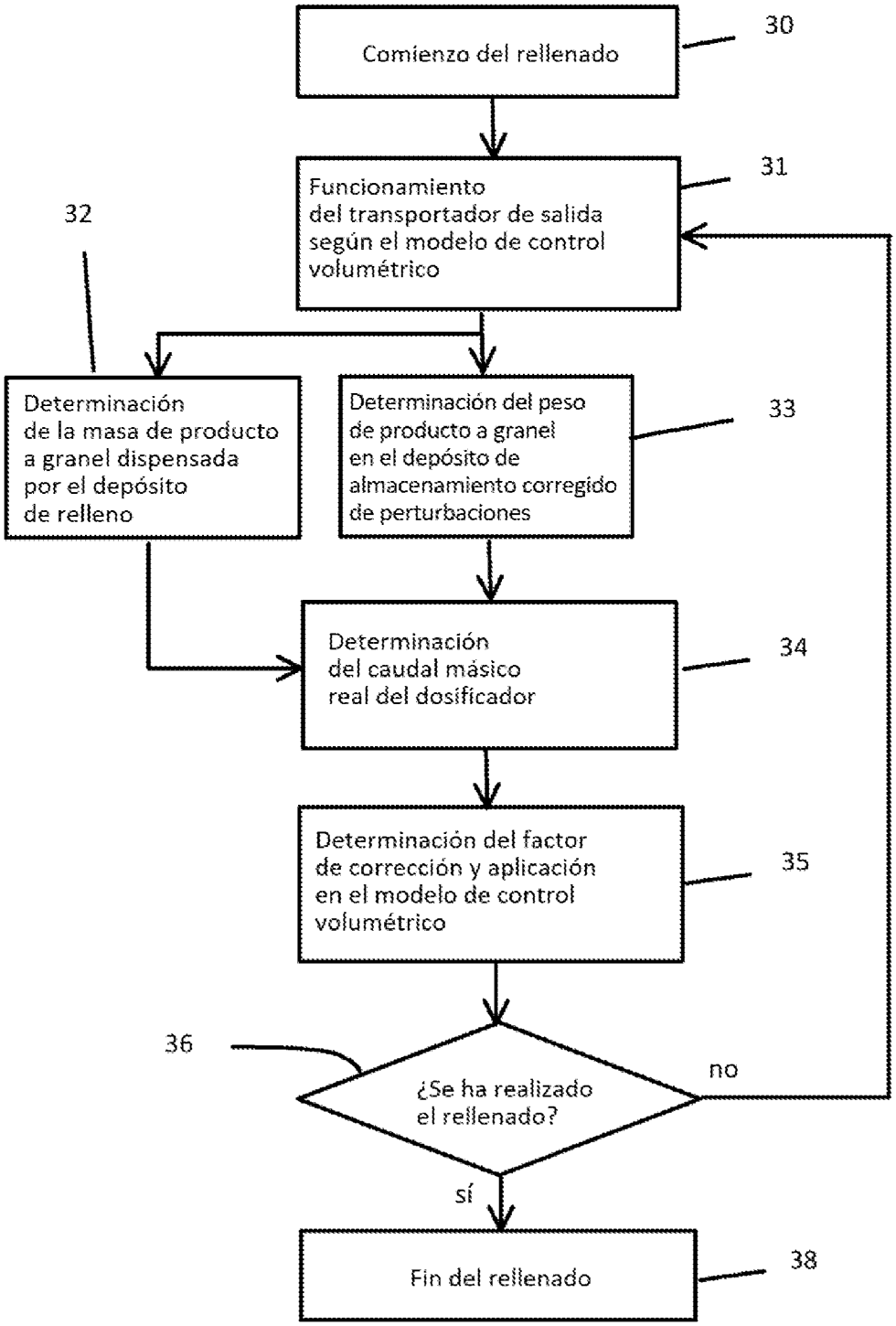

Comienzo del rellenado
30
Funcionamiento del transportador de salida según el modelo de control volumétrico
31
32
Determinación de la masa de producto a granel dispensada por el depósito de relleno
Determinación del peso de producto a granel en el depósito de almacenamiento corregido de perturbaciones
33
Determinación del caudal másico real del dosificador
34
Determinación del factor de corrección y aplicación en el modelo de control volumétrico
35
36
¿Se ha realizado el rellenado?
no
sí
Fin del rellenado
38

Fig. 2b

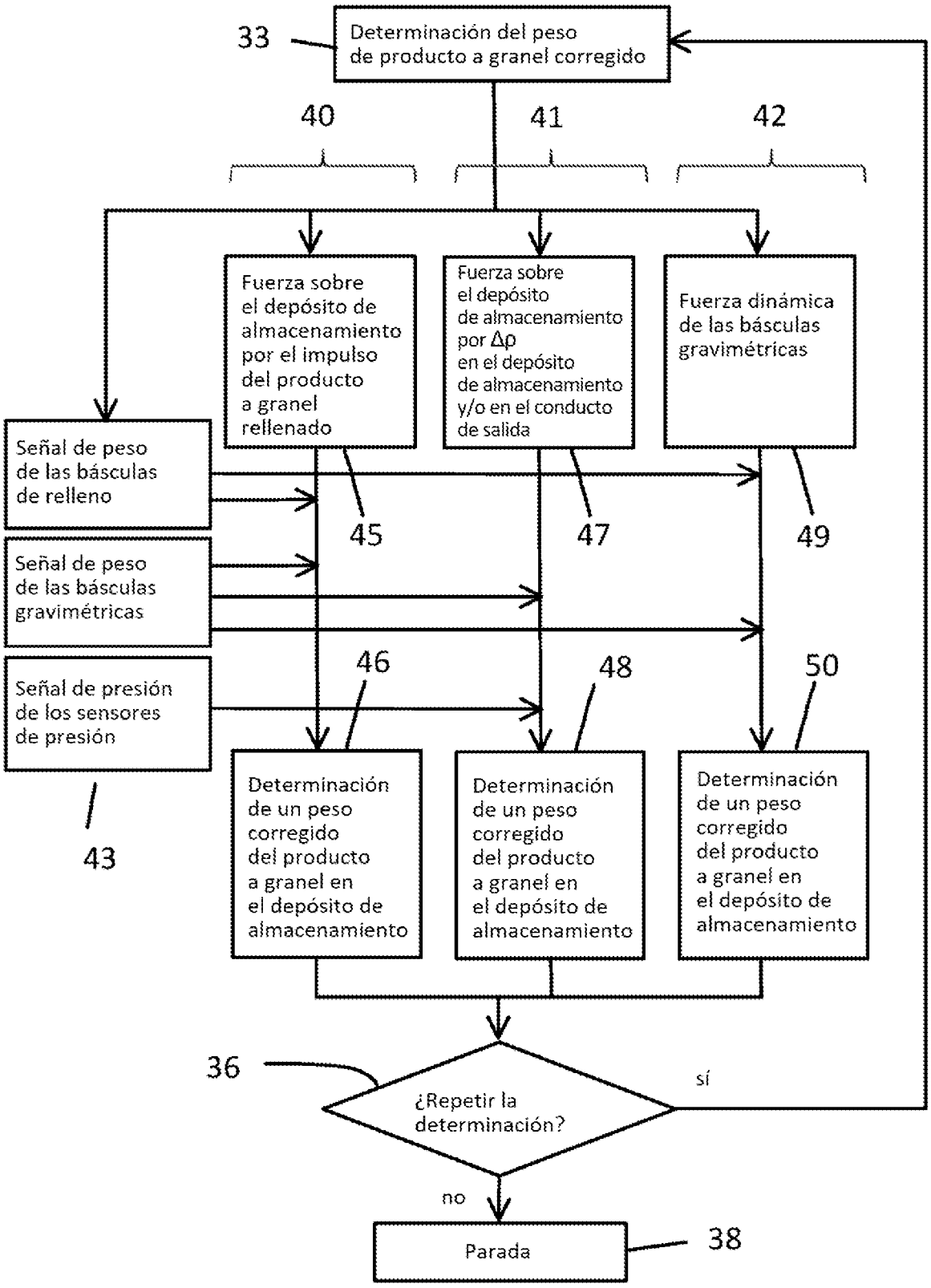

33
Determinación del peso de producto a granel corregido
40
41
42
Fuerza sobre el depósito de almacenamiento por el impulso del producto a granel rellenado
Fuerza sobre el depósito de almacenamiento por Δρ en el depósito de almacenamiento y/o en el conducto de salida
Fuerza dinámica de las básculas gravimétricas
Señal de peso de las básculas de relleno
Señal de peso de las básculas gravimétricas
Señal de presión de los sensores de presión
43
45
47
49
46
48
50
Determinación de un peso corregido del producto a granel en el depósito de almacenamiento
Determinación de un peso corregido del producto a granel en el depósito de almacenamiento
Determinación de un peso corregido del producto a granel en el depósito de almacenamiento
36
¿Repetir la determinación?
sí
no
Parada
38

Fig. 3

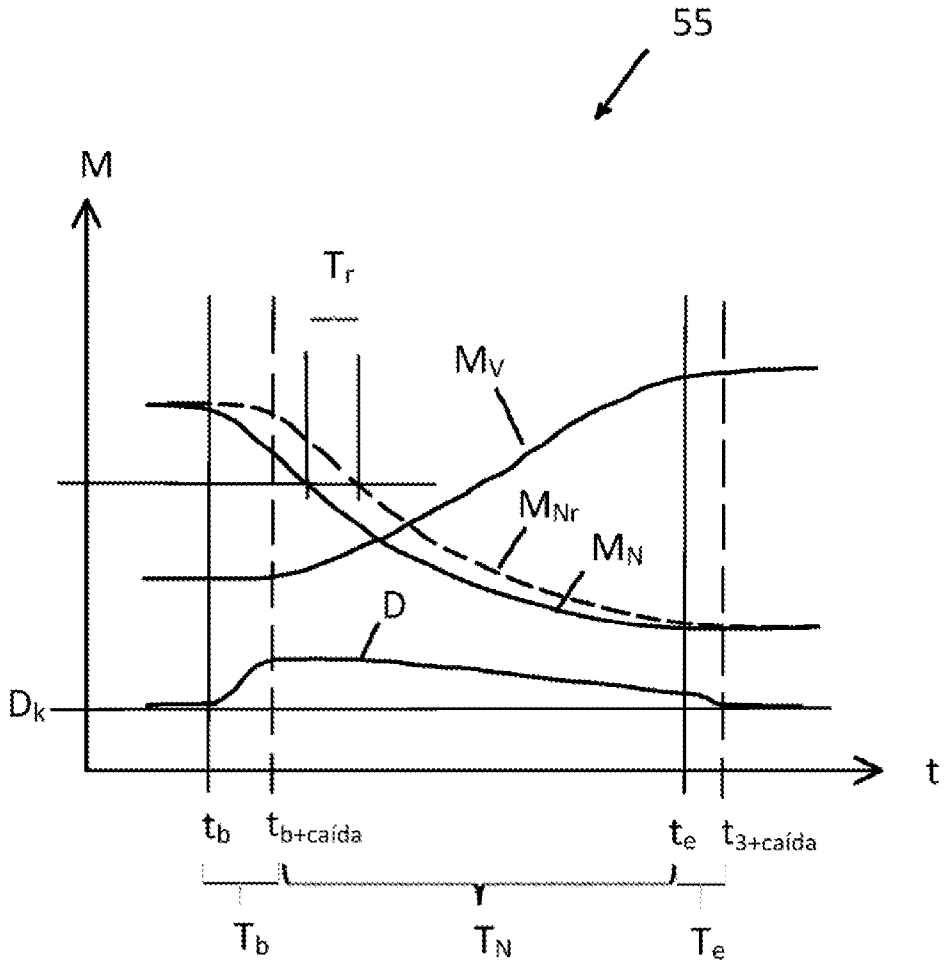


Fig. 4

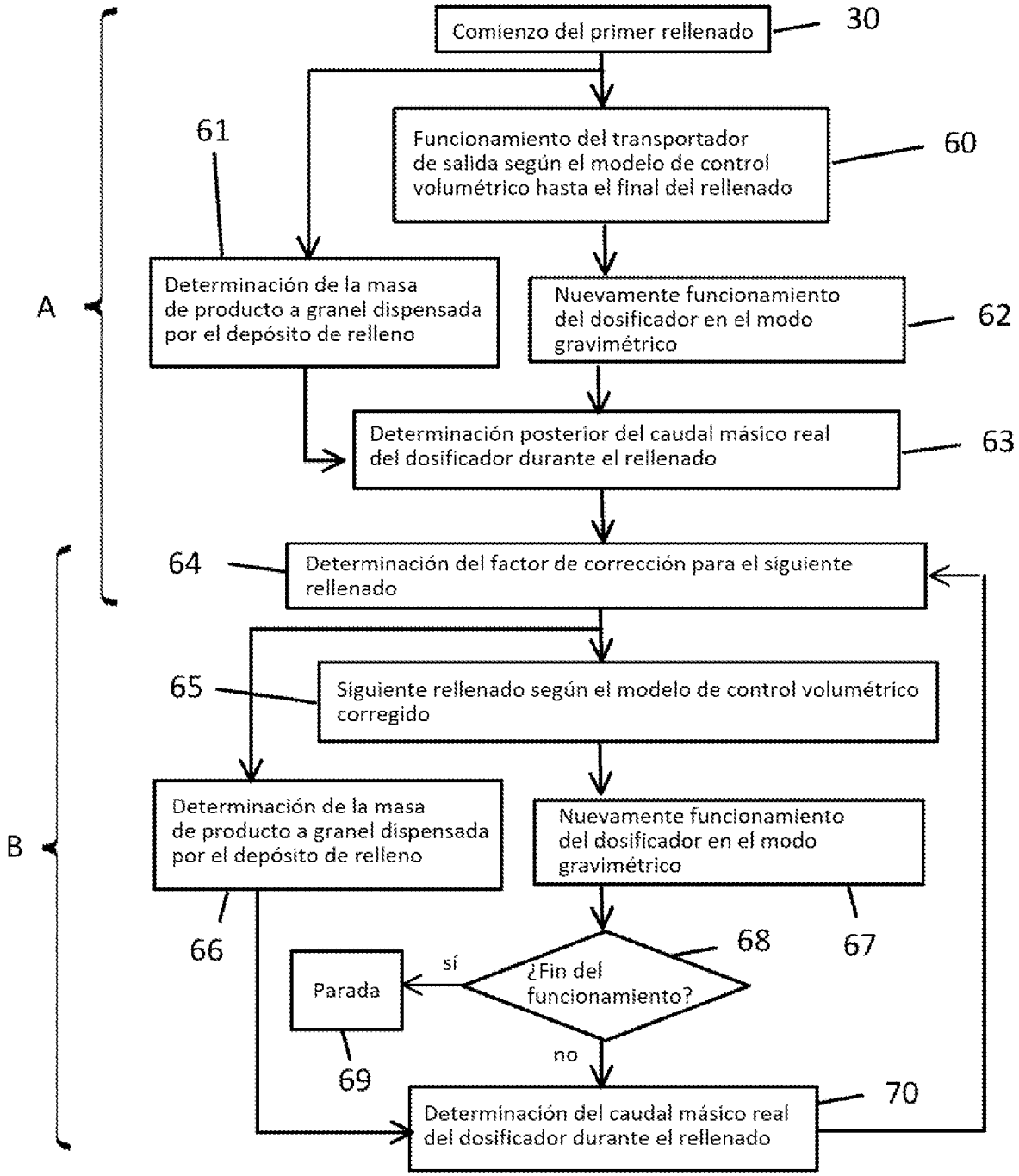

Comienzo del primer rellenado
30
Funcionamiento del transportador de salida según el modelo de control volumétrico hasta el final del rellenado
60
61
Determinación de la masa de producto a granel dispensada por el depósito de relleno
Nuevamente funcionamiento del dosificador en el modo gravimétrico
62
A
Determinación posterior del caudal másico real del dosificador durante el rellenado
63
64
Determinación del factor de corrección para el siguiente rellenado
65
Siguiente rellenado según el modelo de control volumétrico corregido
Determinación de la masa de producto a granel dispensada por el depósito de relleno
Nuevamente funcionamiento del dosificador en el modo gravimétrico
B
66
67
68
¿Fin del funcionamiento?
sí
Parada
69
no
70
Determinación del caudal másico real del dosificador durante el rellenado

Fig. 5