

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 916 704**

51 Int. Cl.:

G01F 11/00 (2006.01)
G01F 15/00 (2006.01)
B01F 13/10 (2006.01)
B01F 15/00 (2006.01)
G01G 11/00 (2006.01)
G01G 13/29 (2006.01)
G01G 19/34 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.01.2021** **E 21154130 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.03.2022** **EP 3859287**

54 Título: **Sistema de control inteligente de una instalación y dispositivo dosificador**

30 Prioridad:

28.01.2020 CH 1012020

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
05.07.2022

73 Titular/es:

BÜHLER AG (100.0%)
Gupfenstrasse 5
9240 Uzwil, CH

72 Inventor/es:

GRAEBER, MATTHIAS;
CUI, CHENHAO;
LEFEBVRE, CLÉMENT;
BRÜHWILER, MICHAEL;
STEINER, WOLFGANG y
URBISAGLIA, VINCENZO

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 916 704 T3

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

DESCRIPCIÓN

Sistema de control inteligente de una instalación y dispositivo dosificador

Campo técnico de la invención

5 La presente invención se refiere a un dispositivo para dosificar un sólido presente en un gas y/o una corriente de sólidos, así como a un procedimiento para dosificar el mismo. En particular, la invención se refiere a un dispositivo dosificador con dispositivo de pesaje, p. ej., para material a granel, con un sistema de control optimizado de la instalación.

Estado de la técnica

10 En muchos procesos de la industria de elaboración (p. ej., molinos para pienso, panaderías, líneas de extrusión) es muy importante una dosificación precisa de las materias primas de material a granel a utilizar para una receta determinada. Una dosificación no precisa puede conducir a mermas en la calidad y seguridad del producto final. Se conocen diferentes dosificadores para procesos industriales, que van desde dosificadores de tornillo sinfín, pasando por básculas dosificadoras por vibración, bombas dosificadoras, básculas de cinta dosificadora, básculas dosificadoras para líquidos hasta caudalímetros, etc. Los distintos dosificadores pueden ser configurados en este caso de manera diferente y también combinados, con el fin de proporcionar una solución óptima para una aplicación específica.

15 En lo que sigue se han de discutir algunos dispositivos dosificadores de este tipo del estado de la técnica: (A) los dosificadores de tornillo sinfín son bien adecuados para la dosificación de materiales a granel que fluyen libremente, tales como granulados, material granular y polvos. Los dosificadores de tornillo sinfín volumétricos son los dosificadores más habituales en el estado de la técnica. En este caso, pasan a emplearse tanto dosificadores de un solo tornillo sinfín como dosificadores de doble tornillo sinfín en realización volumétrica y gravimétrica, en particular en diferentes tamaños adaptados. Con ello, pueden cubrirse capacidades de dosificación deseadas y pueden proporcionarse soluciones para retos específicos en la manipulación de material a granel. En el estado de la técnica se conocen también dispositivos dosificadores que están optimizados especialmente para un cambio rápido del material y, p. ej., pueden configurarse de manera especial para propiedades variables del material. Otros dispositivos 20 dosificadores están diseñados especialmente para una buena capacidad de limpieza y, de esta forma, pueden cumplir requisitos de higiene especiales de las ramas alimentaria y farmacéutica. Dosificadores de doble tornillo sinfín encuentran aplicación en el estado de la técnica, ante todo para la dosificación de polvos libremente fluyentes y material granular fino o granulados. Sin embargo, también encuentran aplicación para la dosificación de materiales más difíciles, tales como, por ejemplo, colorantes, polvos pegajosos, formadores de puentes o para disparo, fibras y fibras de vidrio. Los dosificadores de doble tornillo sinfín se emplean también como microdosificadores para material muy fino, en particular con el fin de dosificar ingredientes con una capacidad de dosificación muy pequeña, pero con una elevada precisión, p. ej., para el empleo en industrias de procesamiento químicas y farmacéuticas. Características constructivas específicas procuran en este caso que los materiales a granel puedan ser dosificados con mucha precisión en el caso de una capacidad de dosificación muy baja (p. ej., a partir de 32 g/h), en particular con los menos 25 residuos posibles en el dosificador. Un modo constructivo modular puede aumentar en este caso la flexibilidad del proceso de dosificación y posibilitar un acceso más sencillo para la limpieza y el mantenimiento. (B) Otro dispositivo dosificador en el estado de la técnica son las denominadas bombas para material a granel (BSP: Bulk Solids Pump). Las bombas para material a granel se construyeron para la dosificación cuidadosa y exenta de pulsaciones de nódulos libremente fluyentes, granulados, flóculos, polvos y para materiales a granel quebradizos. El concepto del dosificador BSP no se basa en técnicas de tornillo sinfín, de cintas transportadoras o de vibradores habituales. En su lugar, se utiliza el principio del desplazamiento en arrastre de forma, con el fin de dosificar productos libremente fluyentes con una precisión lo más elevada posible, libres de pulsaciones y compactando el material. El dosificador BSP dispone de 30 discos rotatorios verticalmente, los cuales generan una zona de compactación y transportan al material uniformemente desde la tolva a la salida. Como resultado se aspira a un caudal lo más lineal posible. (C) Cuando se trata de una dosificación libre de pulsaciones, en particular en el caso de capacidades de dosificación bajas, se conocen en el estado de la técnica también básculas de dosificación diferencial, p. ej., con canal vibratorio, las cuales posibilitan materiales a granel lo más libremente fluyentes posible. Características constructivas importantes en el caso de dosificadores vibratorios son una precisión lo más elevada posible, una tecnología de accionamiento exenta de pulsaciones y, p. ej., patrones de higiene alcanzados mediante modularidad. Los dosificadores vibratorios del estado 35 de la técnica se adecuan para la dosificación cuidadosa de una pluralidad de materiales a granel, en particular materiales sensibles y materiales problemáticos, tales como alimentos quebradizos preparados y sustancias constitutivas, flóculos y fibras de vidrio. (D) Para material líquido, en particular material líquido viscoso, viscoso o pastoso se conocen en el estado de la técnica, entre otros, básculas dosificadoras diferenciales que posibilitan un control del flujo volumétrico o gravimétrico continuo para líquidos y pastas. En este caso, se combinan típicamente para la dosificación gravimétrica una bomba y un tanque con una báscula colgante o una báscula puente. La bomba dosificadora se instala por fuera de la zona del pesaje. Los requisitos en el caso de la dosificación de líquidos varían en función de la aplicación. Para ello, se conoce el uso de bombas y tanques diferentes, que luego pueden combinarse para formar un dosificador de líquidos. La bomba dosificadora se elige de manera correspondiente al material a dosificar y a la capacidad de dosificación. (E) En el estado de la técnica se conocen, además, básculas dosificadoras 40 de cinta transportadora. Básculas dosificadoras de cinta transportadora son dosificadores gravimétricos constituidos

la mayoría de las veces de forma relativamente sencilla que ofrecen una elevada precisión y un control eficiente del proceso. Pueden emplearse como dosificadores, dosificadores por lotes o básculas de cinta de medición. Básculas dosificadoras de cinta, se adecuan, en particular, para medir corrientes de materiales a granel no controladas, en el caso de una baja altura del espacio o para la dosificación de material a granel quebradizo que sería dañado por otros métodos de dosificación. Estos dosificadores gravimétricos están, además, en condiciones de dosificar grandes volúmenes de material a granel y materiales con las propiedades de flujo más diversas. (F) Básculas dosificadoras de cinta diferenciales son la combinación de una báscula de cinta que permiten, por ejemplo, una manipulación cuidadosa del material a granel con las posibilidades de control precisas de un sistema de dosificación diferencial. Las básculas dosificadoras de cinta diferenciales son ideales para la dosificación de productos quebradizos o de polvos con propiedades específicas, por ejemplo, de polvos con un bajo punto de fusión, polvos con aditivos a modo de cera o materiales muy abrasivos. (G) Para la determinación, el registro o el control de corrientes de material a granel se conocen, p. ej., también los denominados caudalímetros como alternativa a instalaciones de dosificación tradicionales. Los caudalímetros funcionan sin partes giratorias y, por lo tanto, también sin un efecto mecánico sobre el material a granel, lo cual puede ser una ventaja importante para determinadas aplicaciones frente a otras tecnologías. Gracias a la construcción sencilla, con caudalímetros se alcanzan elevadas precisiones de medición, independientemente de las condiciones de funcionamiento. El material a granel puede ser conducido, p. ej., a través de uno, dos o más canales de medición, en donde celdas de carga miden el caudal volumétrico por unidad de tiempo y lo detectan con la precisión deseada. (H) Sistemas dosificadores y mezcladores gravimétricos continuos pasan a emplearse en muchos procesos de extrusión y mezclado modernos. Como solución para la dosificación diferencial de varias sustancias constitutivas diferentes, permiten combinar una elevada precisión, un pequeño espacio necesario, una manipulación flexible del material a granel, un cambio rápido de material y una buena capacidad de limpieza. Además, se pueden integrar otros tipos de dosificadores estándares. Sistemas integrados de este tipo posibilitan la agrupación de una pluralidad de dosificadores, por ejemplo, en torno a una entrada de la extrusora. (I) En el caso de mezcladores por lotes gravimétricos, distintos materiales a granel se pesan en las proporciones deseadas secuencialmente en una tolva recolectora con unidad de pesaje. El material pesado accede a continuación típicamente a una cámara mezcladora separada en donde se alcanza una mezclado homogénea. Gracias a este sistema de dosificación y pesaje combinado se pueden controlar para cada uno de los lotes las adiciones de los distintos materiales en la cantidad deseada y no se saca la media a través de varios lotes. Mezcladores estándares pueden estar previstos, p. ej., para el empleo a través de una entrada de la extrusora, teniendo lugar el control del flujo de material mediante la extrusora.

Como ya se ha aludido, se distingue entre dosificadores volumétricos y gravimétricos. Los dosificadores volumétricos, tales como, p. ej., dosificadores de tornillo sinfín, proporcionan un volumen de material determinado por unidad de tiempo. La medición volumétrica tiene lugar a través de unidades en volumen conocidas de un material determinado, el cual es transferido con ayuda de un calibrado explorado a un producto de salida basado en masa derivado. Variaciones de la dosificación se alcanzan, p. ej., a través de la adaptación del número de revoluciones del tornillo sinfín. En el caso de la dosificación volumétrica no tienen lugar determinaciones de la masa aprovechando el peso tal como en el caso de la dosificación gravimétrica. Los dosificadores volumétricos no pueden reconocer oscilaciones en la densidad del material. Velocidades de distribución divergentes quedan sin consideración. Los dosificadores volumétricos ofrecen a menudo dosificar de una manera sencilla y favorable materiales a granel en una cantidad deseada. No solo los tornillos sinfín, sino casi cada uno de los transportadores mecánicos transportan un volumen determinado. P. ej., si un tornillo sinfín de distribución está lleno en un 100 % en la zona de entrada, esto significa que existe un volumen definido entre las cuchillas del tornillo sinfín. En función del número de revoluciones resulta con ello un caudal en m³/h. Este caudal se calcula y se ajusta durante el funcionamiento. Si varía el comportamiento de flujo del material a granel, varía también la capacidad de transporte, sin que pueda ser detectado directamente. En el caso de muchas aplicaciones industriales se requiere, sin embargo, un tonelaje preciso. Para ello, es menos adecuada una dosificación volumétrica, dado que en función del peso a granel oscila el peso de transporte. En el caso de la dosificación volumétrica, la dosificación tiene lugar la mayoría de las veces a través de tornillos sinfín de transporte que están incorporados debajo de un silo de materia prima. El producto transportado discurre luego a una báscula en la cual se determina de forma continua el peso de la cantidad transportada. A través de la unidad de control electrónica de la báscula se controla el tornillo sinfín de transporte y se regula el caudal. Para la optimización de este proceso se depositan parámetros de dosificación.

En el caso de los dosificadores gravimétricos se diferencia entre dosificación continua y por lotes. La dosificación gravimétrica continua se diferencia de la volumétrica en que la velocidad de transporte (p. ej.: número de revoluciones del tornillo sinfín) es adaptada de manera individual. Para ello, un depósito de reserva está dotado de celdas de carga. Mediante la disminución del peso por unidad de tiempo resulta una capacidad de transporte precisa en t/h. Dado que la capacidad de transporte puede ser controlada y, eventualmente, adaptada mediante las celdas de carga, con estos sistemas en el estado de la técnica se pueden alcanzar, p. ej., precisiones de hasta $\pm 2\%$. En el caso de la dosificación por lotes gravimétrica, el depósito objetivo está dotado, por el contrario, con celdas de carga. Con el elemento de distribución, el material es dosificado en el depósito hasta que se haya alcanzado el peso requerido. En función de la precisión, se ha de trabajar con una corriente tosca y fina. Sistemas del estado de la técnica alcanzan con ello una precisión por lotes de, p. ej., hasta $\pm 0,5\%$.

Independientemente del proceso de dosificación y de la configuración técnica del dosificador, en el caso ideal la curva de transporte (es decir, la cantidad transportada a lo largo del tiempo) de cada uno de los distintos componentes debería ser siempre igual a una receta. No obstante, mediante diferentes influencias (tipo de materia prima, humedad,

distribución local de la temperatura, formación de grumos, oscilaciones naturales de la materia prima, geometría del silo) resultan desviaciones de las propiedades de flujo esperadas del material a granel. Esto conduce a inconsistencias en la velocidad de transporte, la cantidad de transporte y, con ello, la precisión de dosificación. Una mejora de la precisión de dosificación puede alcanzarse mediante la elección del silo más adecuado para una materia prima determinada y una adaptación regular de los parámetros de dosificación para cada materia prima. En la práctica, esto sucede basándose en la experiencia del experto, sin un análisis detallado de datos históricos. Como se ha discutido anteriormente, para diferentes sectores de la técnica del procedimiento es de gran importancia la precisión del ajuste de corrientes de sólidos predeterminadas como masa o volumen, siendo los requisitos diferentemente elevados. En el caso del transporte neumático de partículas sólidas a través de tuberías, pasan a emplearse, por ejemplo, tornillos sinfín dosificadores, esclusas de aire rotativas o correderas dosificadoras, en las que, no obstante, pueden manifestarse como desventajas oscilaciones periódicas que se superponen al caudal másico de sólido que sale. También en el caso de otros procesos, tales como, p. ej., la alimentación de partículas sólidas fluidizadas, eventualmente calentadas, en una zona de reacción es necesaria una alimentación controlada y dosificada con precisión.

La técnica de medición y análisis en el caso de procesos de elaboración es conocida en el estado de la técnica. Asimismo, lo son diferentes técnicas de medición y de análisis en relación con el procedimiento de elaboración ligado con ello, tales como dosificación, mezcla o clasificación. Ya sean cereales, alimentos o plástico hasta células. Con una técnica de medición y análisis de este tipo se pueden producir análisis y controles de calidad y, con ello, por ejemplo, en el caso de la elaboración productos más puros u optimizados de otro modo y alimentos seguros conformes a la norma. Técnicas de medición analítica utilizan una amplia gama de tecnologías, en particular ópticas (p. ej., cámaras, es decir, sensores ópticos, fuentes de luz, en particular fluorescencia, etc.), adaptación dinámica química y mecánica y generada técnicamente y mejora del reconocimiento de modelos o contornos, p. ej., mediante dispositivos de aprendizaje automático (ML). Independientemente de los procedimientos basados en la AI (inteligencia artificial) son conocidos, en función de las magnitudes de medición físicas buscadas, también otros principios para el reconocimiento en tiempo real de datos de medición detectados. En el caso de técnicas de medición basadas en ML se pueden reconocer por medio del aprendizaje automático modelos y legitimidades de los datos de medición detectados. Así, un sistema basado en ML adecuado puede evaluar también datos desconocidos. Posibles aplicaciones se encuentran, en particular, en procedimientos de diagnóstico automatizados y en la realización de sistemas autónomos. Para encontrar nuevos modelos y peculiaridades pueden utilizarse también técnicas tales como "descubrimiento del conocimiento en bases de datos" y "minería de datos", en los que se trata, en particular, de encontrar nuevos modelos y leyes. Para ambos fines pueden utilizarse muchos algoritmos. Así, p. ej., métodos del "extracción de conocimiento en bases de datos" pueden utilizarse con el fin de generar o elaborar previamente datos de aprendizaje para el "aprendizaje automático". En contrapartida, p. ej., técnicas del aprendizaje automático pueden encontrar aplicación en la minería de datos. Asimismo, en el estado de la técnica se conocen técnicas bajo el concepto genérico "aprendizaje profundo", el cual representa una variante de aprendizaje posible de dispositivos basados en ML mediante redes neuronales artificiales. El aprendizaje profundo, también designado aprendizaje multicapa o aprendizaje en profundidad, designa en el estado de la técnica determinados procedimientos del aprendizaje automático, los cuales emplean redes neuronales artificiales (KNN) con numerosas capas intermedias (capas ocultas) entre la capa de entrada y la capa de salida y pueden formar en un proceso de aprendizaje una estructura interna específica, que pueden almacenar un conocimiento adaptativo. Con las técnicas arriba discutidas, mediante clasificación óptica, se pueden filtrar o eliminar o al menos reconocer errores del producto y sustancias extrañas en base al color, la forma y la estructura. Nuestra oferta amplia se orienta en función de sus especificaciones en el caso del presupuesto, de la capacidad y la calidad del producto. Como ya se ha discutido anteriormente, la invención se refiere, en particular, a técnicas de medición y análisis para el análisis, la vigilancia y el control de calidad de material a granel, en particular con subsiguiente dosificación, mezcla, clasificación y/o limpieza mediante la selección del material a granel basándose en los valores de medición. En este caso, el material a granel puede estar en forma de productos alimenticios, tales como granos de cereales, granos de arroz, habas de soja, semillas de girasol, granos de café y similares.

Los dispositivos de dosificación y pesaje conocidos en el estado de la técnica comprenden, por norma general, una carcasa con un orificio de entrada y un orificio de salida para un producto a dosificar y pesar y se disponen, a menudo, en tuberías, p. ej., con el fin de vigilar el rendimiento específico de un producto o dosificar gravimétricamente un producto (p. ej., en el caso de un embalaje). Representado de forma simplificada, en una carcasa está dispuesta una superficie de pesaje, la cual puede ser movida mediante un dispositivo de accionamiento entre una posición de pesaje y una posición de dosificación y está en unión operativa con al menos un sensor del peso. Con la superficie de pesaje en la posición de pesaje se impide un flujo de producto entre el orificio de entrada y el orificio de salida. Un peso del producto depositado sobre la superficie de pesaje se puede determinar, por consiguiente, por medio del al menos un sensor del peso. Con la superficie de pesaje en la posición de pesaje se posibilita, al menos en parte, el flujo de producto entre el orificio de entrada y el orificio de salida. Para el control del dispositivo de accionamiento está presente una unidad de control, la cual está unida con el al menos un sensor del peso. A partir del documento DE 19734109 A1 se conoce a un dispositivo para dosificar y entregar una cantidad de material de carga. El dispositivo presenta varios dosificadores de tornillo sinfín que en cada caso están unidos con una pieza de manguera flexible con una cámara de paso. La cámara de paso está configurada de forma horizontalmente móvil, de modo que ésta puede ser movida conjuntamente de forma sincrónica con un depósito de alojamiento a lo largo de un tramo de transporte determinado.

Una salida de la cámara de paso está, por consiguiente, a lo largo del tramo de transporte determinado en una posición relativamente fija con respecto al depósito de alojamiento.

Independientemente del dispositivo dosificador utilizado y del sector de aplicación, es decir, de dispositivos dosificadores de material de grano grueso, tales como, por ejemplo, los dosificadores gravimétricos y volumétricos de carbón para calderas, dispositivos dosificadores para granos de cereales y material harinoso hasta la tecnología de microdosificación de precisión en la industria farmacéutica, todos los procedimientos de dosificación conocidos en el estado de la técnica presentan problemas técnicos y retos similares basándose en desventajas similares en relación con la precisión de dosificación, la cual está relacionada, en particular, intrínsecamente con las distintas influencias (tipo de materia prima, granulosis, viscosidad, distribución local de la temperatura, presión atmosférica, geometría del silo, configuración de la unidad de transporte (tornillo sinfín, etc.) y desviaciones en el material a granel (humedad, formación de grumos, oscilaciones naturales de la materia prima y de sus características físicas, etc.) que solo se pueden controlar con dificultad. Esto tiene una influencia directa sobre la estabilidad de la curva de transporte para los distintos componentes de una receta y conduce a inconsistencias en la velocidad de transporte, la cantidad de transporte y la precisión de dosificación. En el ejemplo de la distribución de carbón para calderas, las propiedades del carbón varían constantemente en virtud de diferencias de tamaño y la influencia de la humedad. Esto influye de nuevo sobre el poder calorífico, las propiedades de flujo y la densidad. El dosificador debería estar en condiciones de compensar repercusiones de la humedad sobre el carbón y las variaciones de densidad que resultan de ello, dado que el combustible proporcionado por el dosificador debería estar ajustado con la mayor precisión posible a la energía requerida en realidad por las centrales térmicas de carbón. A pesar de que las desventajas discutidas están relacionadas intrínsecamente con las influencias del entorno y las características del material, la elección de dispositivos dosificadores adecuados puede cooperar en minimizar un comportamiento defectuoso de los dispositivos dosificadores. La elección de los dispositivos dosificadores depende del material, del principio de dosificación y del rendimiento específico necesario. Qué dispositivo dosificador es técnicamente mejor adecuado para qué misión depende del material a dosificar, de su especificación del material a granel, así como del principio de dosificación (volumétrico o gravimétrico). Decisivas son, además, las cantidades dosificadoras requeridas por cada ciclo o bien por cada unidad de tiempo (caudal másico). Como se ha mencionado, también juega un papel el entorno de la dosificación, por ejemplo, temblores o condiciones de la sala limpia. Como se ha discutido a modo de ejemplo anteriormente, los dispositivos dosificadores conocidos comprenden, p. ej., tornillo sinfín dosificador, cono dosificador, corredera dosificadora, disco dosificador, rodillo de rueda celular, rueda dosificadora o rodillo dosificador. En el caso de dosificadores de tornillo sinfín, el material es dosificado activamente con un husillo transportador (tornillo sinfín) y al mismo tiempo es transportado a la salida. El tornillo sinfín está rodeado en este caso por un tubo envolvente. Decisivos para la cantidad de dosificación son el diámetro del tornillo sinfín, el paso del tornillo sinfín y el número de revoluciones. Con el fin de evitar que el material continúe fluyendo de manera descontrolada, los dosificadores de tornillo sinfín trabajan a menudo inclinados hacia arriba. Esta disposición facilita, además, la limpieza. Dosificaciones de tornillo sinfín expulsan el material de manera continua. Se adecuan para sistemas de dosificación volumétricos y gravimétricos, así como para las cantidades de dosificación de más pequeñas a más grandes. De manera adaptada a los más diversos materiales a granel, en el estado de la técnica estos dispositivos dosificadores existen en numerosas realizaciones. Para la elaboración de materiales a granel que no fluyen libremente se requieren ayudas de alimentación. Para materiales a granel con un punto de fusión muy bajo, los dosificadores de tornillo sinfín son la mayoría de las veces adecuados solo bajo de manera limitada, dado que en el caso de la expulsión del material puede formarse un calor de fricción entre el tornillo sinfín y el tubo envolvente. Es ventajoso que sea posible un funcionamiento sincrónico sin mezcladura posterior. En el caso de la dosificación por cono, el material fluye, por el contrario, de forma pasiva desde el depósito de reserva. Junto con el cilindro, el cono forma para ello una válvula, la cual libera o detiene al flujo de material. La expulsión de material puede tener lugar tanto de forma continua como también pulsada. La cantidad de dosificación viene determinada por la sección transversal del cono, la altura de impulsión y el tiempo de apertura. En virtud del modo de trabajo vertical del émbolo, se adecuan dosificadores de cono para materiales a granel que fluyen fácilmente hasta con dificultad o formadores de puentes. En el caso de materiales a granel que no fluyen libremente se requieren, no obstante, ayudas de alimentación. Estos sistemas se emplean predominantemente en el caso de sistemas de dosificación por lotes gravimétricos para las cantidades de dosificación de más pequeñas a más grandes. Dado que este principio de dosificación no se adecua para la dosificación sincrónica, se requiere un mezclador. En el caso de la corredera dosificadora, al igual que en el caso de la dosificación por cono, el material fluye pasivamente del depósito de reserva también en el caso de la dosificación con corredera. La corredera controla la expulsión del material y puede estar dispuesta de forma vertical u horizontal. La expulsión del material tiene lugar de forma continua o de manera pulsada, determinando la sección transversal de la corredera y el tiempo de apertura la cantidad de dosificación. Correderas dosificadoras entran en consideración para materiales a granel granulares y en forma de polvo que fluyen libremente. En el caso de un material de dosificación que fluye con dificultad, debido al riesgo de una formación de puentes se requiere una ayuda de alimentación. Los dosificadores de corredera se adecuan para rendimientos específicos pequeños a más grandes, pero únicamente para sistemas de dosificación por lotes gravimétricos. No es posible un funcionamiento sincrónico con la dosificación con corredera, por lo cual se requiere un mezclador. El modo de proceder de dosificadores de discos y dispositivos dosificadores de ruedas, rodillos o ruedas de células es idéntico desde el punto de vista del principio. Dosifican activamente al material y de forma que delimitan el volumen (en cámaras), equiparable con una cubeta llena en cada caso aforada o cuchara. El material en exceso (cono de descarga) retiene a un rascador. Este modo de trabajo, se designa también como "digital volumétrico". El motivo de ello es que en el momento de inicio y en el caso de sistemas sencillos solo eran posibles cámaras completas como "unidad dosificadora". En función de la realización, los sistemas modernos pueden dosificarse

mientras tanto de manera esencialmente más precisa. Se ha de tener en cuenta a este respecto, sin embargo, que un dispositivo dosificador adaptado al rendimiento específico tiene una influencia esencial sobre la precisión de la dosificación. En el caso de los dos tipos de dosificación, la expulsión de material puede tener lugar en porciones o de forma continua. En este caso, la cantidad de dosificación se determina por unidad de tiempo del volumen de la cámara respectivo y por el número de revoluciones. Ambas se adecuan para materiales a granel granulares y en forma de polvo, que fluyen libremente, así como para cantidades de dosificación de muy pequeñas a medianas. En el caso de materiales que fluyen mal existe, por el contrario, el riesgo de diferentes grados de carga, por lo que son necesarias ayudas de aportación. Ambos órganos dosificadores entran en consideración principalmente en el caso de sistemas de dosificación volumétricos. Adaptados al rendimiento de dosificación requerido y a las propiedades del material a granel se conocen en el estado de la técnica también diferentes tipos de discos o ruedas de células. Los dosificadores de discos pueden estar dotados, además, con una cuchilla como rascador, el cual puede desmenuzar los granos del granulado, lo cual mejora considerablemente el grado de carga de las cámaras y, con ello, también la constancia de dosificación. En esta ejecución, los dosificadores de discos se adecuan particularmente para rendimientos específicos pequeños con un microgranulado.

También para el tipo de los materiales a granel o bien materias primas se cumple que, independientemente del tipo de las materias primas a dosificar, diferentes influencias externas y parámetros de propiedades físicas que oscilan de forma natural tienen una influencia directa sobre la estabilidad de la curva de transporte, la cual puede ser captada solo de manera insuficiente por los dispositivos dosificadores conocidos del estado de la técnica. Los materiales a granel se preparan y elaboran en la industria en los procesos más diversos. En este caso, es fundamental una dosificación precisa de los materiales a granel en la mayoría de los procesos. Los materiales a granel representan un sistema disperso a base de partículas sólidas como fase dispersa y el aire circundante como fase continua. A ellos pertenecen, entre otros, material granular, tal como grano, materiales de soporte, p. ej., de catalizadores, pélets de carbón, tabletas, arena, cemento y muchos materiales pulverulentos o granulares adicionales (entre otros, cereales, maíz, granos de café, etc. en la producción de alimentos y piensos). Con el fin de poder valorar el comportamiento de dosificación de materiales a granel, es necesario conocer los procesos físicos que tienen lugar en el sistema de dosificación y poder modelarlos. Las propiedades del material a granel a dosificar deben estar adaptadas al estado en el que se encuentra el material a granel durante la dosificación. Los sistemas de dosificación se componen típicamente de dos unidades principales, a saber, el depósito de dosificación y el tornillo sinfín de dosificación, también en el caso de la evaluación o bien de la comprensión del comportamiento de dosificación se han de tener en cuenta dos aspectos. Por una parte, debe entenderse cómo se comporta físicamente el material a granel en el depósito de dosificación, es decir, si o bien cómo el material a granel accede al tornillo sinfín de dosificación. En este caso, conductos o puentes pueden impedir un vertido del material a granel. Por otra parte, debe examinarse cómo se comporta el material a granel en el tornillo sinfín de dosificación. Así, por ejemplo, un material a granel puede compactarse mediante el efecto de empuje del tornillo sinfín y del rozamiento que actúa en contra en el tubo de dosificación tan intensamente que desarrolla fuerza suficiente para bloquear al sistema de dosificación mediante obstrucción. El comportamiento de un material a granel puede atribuirse a las fuerzas existentes entre las distintas partículas. A ellas pertenecen, entre otros, fuerzas de Van-der-Waals, fuerzas electrostáticas, puentes de líquido y uniones con ajuste de forma, fuerzas de rozamiento, etc. La observación de los materiales a granel en un plano particular es, sin embargo, muy compleja, por lo cual a menudo, en la evaluación del comportamiento de flujo de los materiales a granel, estos se suponen de manera aproximada como un continuo. En este caso, se manifiesta un comportamiento más complejo que los líquidos de Newton, los sólidos de Hooke o gases. Adoptan un tipo de posición intermedia. Transmiten pequeñas tensiones de tracción y pueden transmitir en el estado de reposo tensiones de presión y de empuje como cuerpos sólidos. También pueden compactarse bajo presión materiales a granel cohesivos tales como gases. Adicionalmente, bajo el efecto de tensiones de empuje suficientemente grandes pueden fluir de manera similar a los líquidos. En virtud de ello, la relación de tensión teórica de materiales a granel de la presión horizontal y vertical se encuentra entre los sólidos (cero) y los líquidos (uno). La denominada relación de carga horizontal puede oscilar para materiales a granel, p. ej., entre 0,3 y 0,6. A la vista de la complejidad descrita del comportamiento de materiales a granel, de la gran pluralidad de parámetros influyentes y del procedimiento exacto ausente para la determinación de sus influencias físicas en relación con un dispositivo dosificador específico, en el estado de la técnica no es o apenas es posible proporcionar dispositivos dosificadores de manera que estas oscilaciones puedan ser compensadas de manera efectiva y se alcance una curva de transporte estable con el dispositivo dosificador.

Como se discute anteriormente, los procedimientos del estado de la técnica para la optimización del dispositivo dosificador (es decir, la optimización de la estabilidad de la curva de transporte para los distintos componentes de una receta, la minimización de inconsistencias en la velocidad de transporte, el caudal y la precisión de dosificación) no dependen solo de los parámetros de medición del material a granel y, con ello, de sus propiedades físicas y características de comportamiento en los tornillos sinfín y silos, sino también de las propiedades y de la estructura técnica del tornillo sinfín de transporte o bien de un posible sistema de transporte distinto y del silo de aportación utilizado. Con el fin de alcanzar una optimización debe conocerse, por consiguiente, qué parámetros de funcionamiento del dispositivo dosificador cómo pueden ser optimizados, de modo que se aumente la estabilidad de la curva de transporte para los distintos componentes de la receta o bien se minimicen las inconsistencias en la velocidad de transporte, en el caudal y en la precisión de dosificación. Estas relaciones de los muchos parámetros son sin embargo complejas. En el estado de la técnica, la optimización sucede, por lo tanto, típicamente de manera empírica mediante un operario de la instalación quien corrige el dispositivo dosificador basándose en sus valores de experiencia. Asimismo conocidos son procedimientos aproximados, p. ej., basados en clasificaciones, propiedades de los silos y/o

del dispositivo transportador y/o de los materiales a granel. Por ejemplo, una clasificación combinada del diseño de depósitos de almacenamiento de materiales a granel, tales como silos se propone con relación a la descripción de la fluidez de materiales a granel. Esta clasificación simplifica las relaciones físicas a dos posibilidades, en virtud de las cuales puede impedirse que fluya un material a granel, a saber, la formación de puentes y conductos. Si un depósito se construye de manera que ninguno de los dos pueda manifestarse, entonces se ajusta un comportamiento de flujo ideal en relación con la instalación.

Los conductos se pueden formar cuando un material a granel no fluye uniformemente durante el vaciado desde un depósito. Este es el caso cuando las paredes de la tolva son demasiado planas o son demasiado rugosas, de modo que el material a granel únicamente fluye en principio en el núcleo y no junto a la pared. Durante el vaciado se forma un embudo en el que el material fluye hacia el núcleo desde la pared. Si el embudo ha alcanzado el orificio de salida, en el material quedan zonas muertas que disminuyen el volumen activo del depósito. En el caso de orificios de salida demasiado pequeños puede formarse, adicionalmente, un conducto estable. Si todo el material a granel fluye uniformemente, se presenta un flujo másico. En este caso, el caudal másico es ampliamente constante, se reduce el riesgo del cierre (del vertido sin impedimentos) de material y primeramente se expulsa el material a granel que accedió en primer lugar al depósito. Sin embargo, en el caso de un orificio de salida demasiado pequeño, se puede formar un puente de material a granel estable que impide un flujo adicional. El que esté presente un flujo en el núcleo o másico depende del ángulo de inclinación de la pared de la tolva frente a la vertical θ , el ángulo de rozamiento de la pared Ψ_w y el ángulo de rozamiento efecto Ψ_e . En el caso de materiales a granel cohesivos debe evitarse adicionalmente la formación de puentes de material a granel estables. En este caso, son decisivas tres tensiones para la formación de un puente: (i) la mayor tensión principal como tensión de consolidación determinante, (ii) la resistencia del material a granel y (iii) la tensión que reina en un puente. La resistencia del material a granel representa la resistencia de un puente existente. Depende de la tensión de consolidación y puede determinarse experimentalmente, p. ej., con ayuda de ensayos de cizallamiento. Esta relación se denomina función de flujo. La tensión puede calcularse con ayuda del peso de la carga, de las relaciones de rozamiento de la pared, de la inclinación de la pared y de la anchura interior del puente. Dado que la anchura interior del puente en la tolva de un depósito disminuye linealmente, también la tensión disminuye linealmente. También la tensión principal mayor es proporcional al diámetro de la tolva y en una punta de la tolva imaginaria, adoptaría el valor 0. Por consiguiente, puede formarse un factor de flujo ff entre la tensión de consolidación y la tensión en el puente. Mediante la formación del factor de flujo puede eliminarse la influencia del peso que descansa sobre el puente, de modo que éste, en función del ángulo de rozamiento efectivo del material a granel, del ángulo de rozamiento de la pared entre el material a granel y la pared de la tolva y la inclinación de la pared con respecto a la vertical θ puede representarse en diagramas correspondientes. Los dos primeros valores pueden obtenerse, p. ej., como la función de flujo a partir de ensayos de cizallamiento. En este caso, el ángulo de rozamiento efectivo depende puramente del material a granel, mientras que el ángulo de rozamiento de la pared es influenciado también por el material de la pared y la rugosidad de la pared. El ángulo de inclinación de la pared está condicionado, por el contrario, puramente por el tipo constructivo. Un puente de material a granel puede mantenerse en tanto que la tensión de apoyo sea menor que la resistencia del material a granel. Esto significa que el material comienza a fluir, tan pronto como la tensión de apoyo haya alcanzado la resistencia del material a granel. Debido a que la tensión de compactación hasta la punta de la tolva imaginaria discurre hacia 0, con ayuda de la distancia hacia la punta se puede determinar el diámetro mínimo del orificio de salida el cual garantiza un vertido libre ideal. Un modo de proceder similar al de la formación del puente se realiza en el caso de la formación del conducto. Se ha de tener en cuenta que en el caso de este procedimiento del estado de la técnica el material a granel se asumió aproximadamente como constantemente fluente. Por el contrario, si no se expulsa del depósito material a granel durante un tiempo prolongado, este material se puede consolidar con el tiempo, con lo que tiende más bien a la formación de un puente.

Para la determinación de la fluidez de materiales a granel, en los procedimientos del estado de la técnica se parte típicamente del hecho de que cuanto más cohesivo sea un material a granel tanto mayor será la resistencia del material a granel. Con ello empeora la fluidez del material a granel. Dado que, sin embargo, la resistencia del material a granel f depende de la tensión de consolidación σ , en el caso de estos procedimientos para la comparación de materiales a granel siempre ha de encontrar aplicación la misma tensión de consolidación. El uso del nivel de tensión en la salida del depósito es por lo tanto aconsejable. Con este procedimiento puede formarse, análogamente al factor de flujo, la relación entre la tensión de compactación y la resistencia del material a granel, y de esta forma puede determinarse el valor de la función de flujo en el caso de esta tensión de compactación. Al valor obtenido de la función de flujo puede asociarse entonces una fluidez, debiéndose tener en cuenta que un material a granel, el cual se clasifica como bien fluente en el caso de una tensión de compactación, en el caso de otra puede ser considerado como cohesivo.

Otros procedimientos del estado de la técnica para la clasificación determinan su cohesión con ayuda de la capacidad de compresión del material a granel. La capacidad de compresión representa en este caso el cociente de densidad en estado apisonado y densidad aparente. Existen varias posibilidades para determinar ambas densidades. En el caso de los distintos métodos, se obtienen también densidades ligeramente diferentes, de modo que las capacidades de compresión obtenidas a partir de ellas apenas pueden ser equiparadas entre sí. Sin embargo, si los materiales a granel se clasifican con el mismo método, con ayuda de la capacidad de compresión pueden realizarse afirmaciones con respecto a la fluidez. En este caso se cumple: cuánto más alta sea la capacidad de compresión tanto más alta será la cohesión. El motivo de ello es que materiales cohesivos poseen un rozamiento partícula-partícula tan intenso, el cual contrarresta la fuerza de la gravedad, que se forman cavidades. El apisonamiento conduce a que las partículas salten, con lo cual pierden el contacto mutuo y se reduce el rozamiento. Como consecuencia, las cavidades pueden cerrarse

al menos en parte. Cuánto más se pueda compactar un material a granel tanto más cavidades estarán presentes y tanto más cohesivo será el material a granel. Dado que las partículas se mueven durante la medición, estas clasificaciones se adecuan en el caso de la determinación del rozamiento más bien para un material a granel fluyente que para uno en reposo. Los métodos de clasificación conocidos discutidos hasta ahora son más bien adecuados para determinar el comportamiento del material a granel en el depósito de dosificación. Sin embargo, también existen otros procedimientos para determinar el comportamiento en el tornillo sinfín dosificador o en la zona de transición entre el depósito y el tornillo sinfín, tales como, p. ej., la denominada medición por émbolo. Durante la medición, mediante un émbolo se levanta el material a granel a examinar a partir de una asociación de material a granel suelta y, por consiguiente, se simula la formación de un conducto. Con ello se puede reajustar el comportamiento del material a granel a través del tornillo sinfín dosificador, verificándose lo bien que fluye el material a granel en el tornillo sinfín. Los materiales a granel que fluyen bien no deberían formar ningún conducto estable. El material a granel fluye en un flujo del núcleo o másico, con el fin de llenar directamente un canal resultante. Por consiguiente, también sin la ayuda de un agitador, el material a granel accedería libremente al tornillo sinfín dosificador. Materiales a granel que fluyen mal forman un conducto estable en el que no cae material a granel. Por consiguiente, tan pronto como se ha formado un conducto desde el tornillo sinfín dosificador hasta la superficie del material, ya no puede acceder más material a granel al tornillo sinfín y la corriente de material a granel se secaría sin la ayuda de un agitador. En el caso de un material a granel que fluye moderadamente, sería de esperar, por consiguiente, un comportamiento entre materiales a granel que fluyen bien y mal. De manera correspondiente, comenzaría la formación de un conducto hasta que el conducto se derrumbe de nuevo en sí mismo. Por consiguiente, brevemente no accedería material a granel alguno a un tornillo dosificador hasta que se llene de nuevo en el caso de un derrumbamiento del conducto. De ello resultaría una corriente pulsante de material a granel. Con ello puede determinarse aproximadamente la fluidez y el comportamiento de dosificación de los materiales a granel. Otras clasificaciones conocidas en el estado de la técnica sirven para otras propiedades, tales como, p. ej., la evaluación de la capacidad de fluencia de materiales a granel en lechos fluidos.

Todos los procedimientos del estado de la técnica para la clasificación de materiales a granel poseen otro enfoque técnico o técnica de simulación. Así, los unos se basan en la tensión que es necesaria con el fin de transferir un material a granel en reposo al estado fluyente. Por el contrario, otros intentan detectar en qué medida se puede comprimir un material a granel vertido suelto. En la medición con émbolo se mide si un material a granel tiende durante la dosificación a formar un conducto estable. Otros procedimientos se basan en o consideran un comportamiento de fluidización de materiales a granel en lechos fluidos. Adicionalmente, existen otros diversos enfoques técnicos con el fin de detectar técnicamente la influencia de los parámetros de medición y de las características de la instalación de un dispositivo dosificador sobre la estabilidad de la curva de transporte para los distintos componentes de una receta y en cuanto a inconsistencias en la velocidad de transporte, el caudal y la precisión de dosificación y aplicarlos en la optimización del control de la instalación del dispositivo dosificador. Otro problema estriba en que un material a granel no puede ser clasificado inequívocamente como libremente fluyente o malamente fluyente, lo cual limita el uso de estos procedimientos para la optimización del sistema de control de la instalación. Todas estas clasificaciones deben adaptarse siempre al estado en el que se encuentra precisamente el material a granel. Por consiguiente, no se conoce un procedimiento según el cual el comportamiento de flujo de materiales a granel en dosificadores de tornillo sinfín se detecte como un sistema unitario y pueda utilizarse para la optimización del sistema de control de la instalación. El objetivo es predecir mediante los métodos de clasificación el comportamiento de los materiales a granel a lo largo de su recorrido de flujo a través del dosificador de tornillo sinfín, con el fin de proporcionar un sistema de control adecuado de la instalación. Sin embargo, esto no es posible o solo bajo de forma condicionada con los procedimientos del estado de la técnica.

Finalmente, se ha de apuntar que la dosificación continua precisa de materiales a granel fluyentes representa un reto relativamente mayor que en el caso de otras dosificaciones. Por una parte, los requisitos de precisión a la dosificación de productos aumentan también con un comportamiento de flujo malo en el caso de rendimientos específicos bajos. Por otra parte, las básculas de dosificación se han de integrar óptimamente en los procesos globales parcialmente complejos. A menudo se han de tener en cuenta y considerar diferencias de presión condicionadas por el proceso y modos de funcionamiento especiales, así como influencias perturbadoras externas. Con ello, los requisitos a dosificadores de materiales a granel continuos son distintamente más altos que, p. ej., a dosificadores que trabajan en un funcionamiento por lotes. Mientras que el dosificador por lotes ha de alcanzar, por norma general, solo al final del proceso de dosificación el peso nominal con la precisión requerida, el dosificador continuo debe mantener constantemente los límites de precisión exigidos por unidad de tiempo. Las mediciones o bien los datos de precisión pueden tener lugar, p. ej., con referencia a los consejos de acuerdo con la Hoja de Trabajo Namur NA 40. Según ello, se calculan la constancia de dosificación S_k (= oscilación del valor real en torno al valor medio verdadero) y la precisión de dosificación S_d (= desviación sistemática del valor medio del valor real del valor nominal) sobre la base de 30 mediciones con en cada caso un tiempo de medición de 1 min. Sin embargo, es imaginable que, en virtud de un breve tiempo de permanencia del material a granel en un proceso dispuesto a continuación de una báscula de dosificación tenga que acortarse el espacio de tiempo de referencia para la medición de la precisión de dosificación. Esto conlleva la necesidad de determinar las precisiones con básculas de control precisas con breves tiempos de reacción, así como con una rápida captación de los datos de medición. Si se intensifican entonces también además los requisitos de la constancia de dosificación y la precisión de dosificación, se puede aumentar esencialmente el requisito de precisión global. Con ello, se pueden definir precisiones en diferentes puntos del proceso. En las especificaciones de muchos materiales a granel se encuentran datos sobre los intervalos del rendimiento de dosificación. Básicamente, en el caso de un dosificador de tornillo sinfín volumétrico se puede realizar un amplio intervalo. Sin embargo, esto presupone que

el material a granel posea una buena fluidez y que el tornillo sinfín dosificador se llene uniformemente. En particular, en el caso de aparatos dosificadores volumétricos se ofrecen las opciones de desplazar el intervalo de rendimiento de dosificación tanto en los intervalos de dosificación bajos como también más elevados mediante el cambio del conjunto de dosificación, lo cual puede ser una ventaja en el caso de instalaciones de varios productos y ciclos de vida cortos de productos. En el caso de sistemas de dosificación gravimétricos pueden establecerse límites más estrechos. Si el rendimiento de dosificación y, con ello, la cantidad de recogida del depósito de pesaje es demasiado bajo, es posible que la técnica de pesaje del control de dosificación no pueda informar sobre una disminución significativa de la masa, con lo cual para el control faltan suficientes parámetros de entrada para la regulación. Si el rendimiento de dosificación se encuentra en el intervalo límite superior, el depósito de pesaje debe ser llenado de nuevo después de una fase de la dosificación gravimétrica relativamente corta. En este tiempo no tiene lugar pesaje alguno y, con ello, tampoco un funcionamiento gravimétrico del sistema de dosificación. Cuanto más alto se elija el rendimiento de dosificación para una magnitud de la báscula de dosificación dada, tanto más largas son por lo tanto las fases en las que no tiene lugar una dosificación gravimétrica. Además, entre otros, fuerzas de impulso en virtud de las cargas renovadas frecuentes pueden empeorar el resultado de la dosificación. En el caso de la dosificación gravimétrica existe, por lo tanto, un intervalo de rendimiento óptimo en el que la precisión alcanza un valor casi constante. En el intervalo de rendimiento inferior y superior éste disminuye por los motivos mencionados. Un procedimiento para un control electrónico de la instalación para una optimización de una dosificación de material a granel conforme al estado de la técnica se da a conocer en el documento DE 28 10 810 A1.

Descripción de la invención

Es misión de la presente invención proporcionar un dispositivo dosificador con curva de transporte optimizada (es decir, cantidad transportada a lo largo del tiempo), por ejemplo, con una curva de transporte estable dentro de valores de tolerancia definidos, en la que cada uno de los componentes individuales de una receta son siempre iguales (dentro de los valores de tolerancia) o aproximadamente iguales. En particular, el dispositivo dosificador optimizado no debe presentar las desventajas discutidas del estado de la técnica. Además, con el dispositivo dosificador de acuerdo con la invención debe ser posible reconocer y compensar automáticamente posibles desviaciones de las propiedades de flujo esperadas, p. ej., por influencias externas, tales como el tipo de materia prima, humedad, distribución local de la temperatura, formación de grumos, oscilaciones naturales de la materia prima, geometría del silo. Además, se han de reconocer y compensar o bien optimizar inconsistencias en la velocidad de transporte, la cantidad de transporte y, con ello, la precisión de dosificación.

De acuerdo con la presente invención, estos objetivos se alcanzan mediante un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 independiente. De las reivindicaciones dependientes se desprenden, además, otras formas de realización ventajosas.

Breve descripción del dibujo

En lo que sigue, la invención se explica a modo de ejemplo con ayuda de figuras. Objetos iguales están designados en las figuras básicamente con los mismos símbolos de referencia.

La Figura 1 muestra una representación esquemática de un tornillo sinfín dosificador del estado de la técnica. En el caso de dosificadores de tornillo sinfín el material es dosificado activamente con un husillo (tornillo sinfín) transportador y al mismo tiempo es transportado a la salida. El tornillo sinfín está rodeado en este caso con un tubo envolvente. Decisivos para la cantidad de dosificación son el diámetro del tornillo sinfín, el paso del tornillo sinfín y el número de revoluciones. Con el fin de evitar que el material continúe fluyendo de manera descontrolada, los dosificadores de tornillo sinfín trabajan con frecuencia inclinados hacia arriba. Las dosificaciones con tornillo sinfín expulsan el material de forma continua. Se adecuan para sistemas de dosificación volumétricos y gravimétricos.

La Figura 2 muestra una representación esquemática de un cono dosificador (cerrado a la izquierda y abierto a la derecha) del estado de la técnica. En el caso de la dosificación por cono, el material fluye pasivamente del depósito de reserva. Junto con el cilindro, el cono forma para ello una válvula, la cual libera o detiene el flujo de material. La expulsión del material puede tener lugar tanto de forma continua como también pulsada. La cantidad de dosificación se determina por la sección transversal del cono, la altura de impulsión y el tiempo de apertura. En virtud del modo de trabajo vertical del émbolo, los dosificadores de cono se adecuan para materiales a granel que fluyen fácil o difícilmente o formadores de puentes.

La Figura 3 muestra una representación esquemática de una corredera dosificadora del estado de la técnica. En el caso de la dosificación por corredera, el material fluye pasivamente desde el depósito de reserva. La corredera controla la expulsión de material y puede estar dispuesta vertical u horizontalmente. La expulsión de material tiene lugar de forma continua o pulsada, determinando la sección transversal de la corredera y el tiempo de apertura la cantidad de dosificación.

La Figura 4 muestra una representación esquemática de un disco dosificador del estado de la técnica y la Figura 5 muestra una representación esquemática de una rueda celular del estado de la técnica. El modo de

proceder de dosificadores de disco y órganos dosificadores de ruedas, cilindros o ruedas celulares es idéntico desde un punto de vista del principio: dosifican el material de forma activa y delimitada en volumen (en cámaras). El material en exceso (cono de descarga) lo retiene un raspador.

5 La Figura 6 muestra una representación del análisis del error de dosificación relativo (valor medio diario) por báscula. Reconocimiento de anomalías o defectos rudimentarios a través de umbralización. El diagrama muestra representado el eje del tiempo (eje x) frente a la desviación estándar (% del peso objetivo).

10 La Figura 7 muestra una representación de la precisión de dosificación en el mapa de calor (cuanto más oscuro tanto peor) a través del N° de silo (eje vertical) y adición / componente (eje horizontal). Esto posibilita una afirmación de qué combinación de producto-silo proporciona las mejores precisiones de dosificación. El diagrama muestra la desviación estándar del peso objetivo (% del peso objetivo).

15 La Figura 8 muestra una representación del histograma de la precisión de dosificación para todos los componentes. Esto indica para qué componentes deben adaptarse los parámetros de dosificación. Una IA puede aconsejar sobre esto y, basándose en la Figura 2, sobre los parámetros correctos para cada uno de los componentes. El diagrama muestra representada la diferencia de peso (% del peso objetivo) frente a la distribución.

20 La Figura 9 muestra una representación del análisis de anomalías de la curva de transporte, es decir, del rendimiento de dosificación a lo largo del tiempo. Con ello, cada uno de los procesos de dosificación individuales puede ser asociado a un agrupamiento estadístico (normal, anormal). Puede depositarse el comportamiento de estados de error, de modo que es posible una clasificación del estado de error. Esta es la base para una optimización basada en la inteligencia artificial (IA) de la regulación de la dosificación en combinación con la Figura 7 y la Figura 8. En el diagrama se representa el tiempo en segundos (s) frente a la velocidad de dosificación (en %). El agrupamiento/modelo indicado con una línea continua verde es normal para la dosificación. El agrupamiento/modelo indicado en rojo y con líneas discontinuas muestra un comportamiento anormal en el caso de la dosificación. En el caso del agrupamiento/modelo anormal, la regulación de control reduce primeramente la velocidad de dosificación con el fin de aumentarla después de manera sobreproporcional y finalmente reducirla de nuevo a 0. El reconocimiento del agrupamiento/modelo anormal puede tener lugar, p. ej., con un módulo basado en la inteligencia artificial, tal como un módulo basado en el aprendizaje automático o un módulo basado en una red neuronal, en particular de forma supervisada o no supervisada. Mediante la deformación dinámica del tiempo puede generarse en este caso, p. ej., la distancia entre las series temporales. Finalmente, puede utilizarse un agrupamiento espacial basado en densidad de aplicaciones con ruido (DBScan) para el agrupamiento de la matriz de las distancias. El objetivo es el reconocimiento de series temporales del agrupamiento de los ingredientes con el fin de detectar un comportamiento anormal.

35 La Figura 10 muestra una representación esquemática de los sistemas de control de la instalación. Las unidades de dosificación representadas en verde y en forma de tolva están funcionando, mientras que la unidad de dosificación representada en rojo no está en este momento en funcionamiento.

40 La Figura 11 muestra una representación esquemática de una dosificación a modo de ejemplo de tres adiciones, en donde los diagramas a y b muestran el desarrollo del peso estándar y los diagramas d y e muestran el código de estado del elemento dosificador. Los diagramas c y f muestran una dosificación anormal.

La Figura 12 muestra una representación esquemática de una representación en 2D a modo de ejemplo del espacio latente. Las dosificaciones normales están agrupadas dentro del agrupamiento enmarcado en azul y la dosificación anormal (estrella roja) está aislada.

45 La Figura 13 muestra una representación esquemática de una arquitectura de autocodificador. La red es entrenada a un modo no supervisado (aprendizaje no supervisado), de modo que la señal de entrada es transformada primeramente en el espacio latente de menor dimensión y puede ser reconstruida por el decodificador con una pérdida de información mínima.

50 La Figura 14 muestra un diagrama de bloques que comprende esquemáticamente un dispositivo dosificador 1 a modo de ejemplo con un sistema de control electrónico 11 para la dosificación optimizada de materias primas 21, que comprenden material a granel 211 u otro material, tal como, en particular, material 212 viscoso, a material mixto 22 mediante un dispositivo dosificador 1, en donde el dispositivo dosificador 1 comprende uno o varios silos de materia prima 12, dispositivos transportadores 13, dispositivos de pesaje 14 y mezcladores 151 y/o depósitos de recogida para el material mixto 22, en donde la materia prima 21 es transportada a través de los dispositivos transportadores 13 hacia el mezclador 151 y/o depósito de recogida 15 para el material mixto 22, en donde mediante los dispositivos de pesaje 14 se mide la cantidad de materia prima transportada mediante los dispositivos de transporte 13, y en donde una o varias unidades de control

111 electrónicas unidas con los dispositivos de pesaje 14 regulan el caudal 131 y de los dispositivos transportadores 13 basándose en parámetros de la instalación dosificadora 1111.

La Figura 15 muestra un diagrama de bloques que representa esquemáticamente una variante de realización de la reproducción a modo de ejemplo con provisión de datos de medición del análisis (como datos de reproducción) para la vigilancia de un espacio de tiempo en el modo de reproducción del dispositivo dosificador 1. Los datos de medición del análisis se registran, p. ej., en un medio de almacenamiento de un servidor (S). Por medio de un subgrupo (BG) que comprende un cliente para el acceso desplazado en el tiempo de datos de medición de análisis se elige, p. ej., mediante tiempo-día un segmento desplazado cronológicamente con respecto al tiempo real de los datos de reproducción y son requeridos mediante petición por el servidor S. Éste agrupa el espacio de tiempo requerido de la corriente de datos de reproducción, p. ej., en forma de paquetes de datos multimedia y los transmite a través de la red al cliente del subgrupo. El cliente desempaqueta los paquetes de datos multimedia y los representa en el monitor M para el usuario.

La Figura 16 muestra un diagrama de bloques, el cual muestra esquemáticamente un diagrama de tiempo-cantidades de datos a modo de ejemplo, destacando un intervalo de tiempo disponible para la consulta, p. ej., que contiene una anomalía detectada por el dispositivo. Toda la corriente de datos del análisis en tiempo real puede registrarse o únicamente intervalos de tiempo de la corriente de datos del análisis, es decir, de los datos de reproducción en los que se detectaron primeros y/o segundos errores de anomalía y/o dosificación 11121/11122 mediante el dispositivo dosificador 1.

La Figura 17 muestra un diagrama de bloques, el cual muestra esquemáticamente un diagrama de tiempo-cantidades de datos a modo de ejemplo, destacando una reproducción de un intervalo de anomalías situado en el pasado. Como se muestra en la Figura 17, la forma de realización de acuerdo con la invención puede también realizarse de manera que el usuario puede saltar a un momento arbitrario, situado en el pasado, de la corriente de datos de análisis registrada, por lo tanto, independientemente de detecciones de anomalías. También, el usuario puede consultar, p. ej., a través de un determinado intervalo de tiempo de manera desplazada en el tiempo también los datos de medición del análisis de la corriente de datos de reproducción almacenada, saltar en un momento x un intervalo de tiempo hacia delante (forward) o hacia atrás (rewind) en la corriente de datos registrada.

La Figura 18 muestra un diagrama de bloques, el cual muestra esquemáticamente un diagrama de tiempo-cantidades de datos a modo de ejemplo, en cuya forma de realización al usuario se le muestra, p. ej., a través del cliente en el subgrupo los intervalos de tiempo de anomalía detectados para la selección. En particular, otra variante de realización puede realizarse de manera que el dispositivo conectado, es decir, el dispositivo dosificador 1 por el control del sistema electrónico 11 puede ser puesto de nuevo con precisión en el modo de funcionamiento con los mismos parámetros de funcionamiento que en el intervalo de anomalías detectado. El dispositivo dosificador 1 puede dejarse pasar así en tiempo real otra vez a través del intervalo de anomalías, p. ej., para fines de prueba, optimización u otros fines de verificación.

Descripción detallada de la invención

Las Figuras 5 a 10 ilustran esquemáticamente representaciones de una variante de realización de acuerdo con la invención, en la que el procedimiento de dosificación y el dispositivo dosificador está provisto de un sistema de control electrónico de la instalación para el dispositivo dosificador con la dosificación optimizada de materias primas, que comprende material a granel u otro material para formar un material mixto mediante un dispositivo dosificador, el dispositivo dosificador comprende uno varios silos de materias primas, dispositivos transportadores, dispositivos de pesaje y mezcladores y/o depósitos de recogida para el material mixto. En muchos procesos (p. ej., molinos para piensos, panaderías, líneas de extrusión, etc.) es muy importante una dosificación precisa de las materias primas de material a granel a utilizar para una determinada receta. Una dosificación imprecisa puede conducir a mermas en la calidad y seguridad del producto final. La materia prima es transportada a través de los dispositivos transportadores hacia el mezclador y/o depósito de recogida para el material mixto. Mediante los dispositivos de pesaje se mide la cantidad de materia prima transportada mediante los dispositivos transportadores. Una o varias unidades de control electrónicas unidas con los dispositivos de pesaje regulan el caudal de los dispositivos de transporte basándose en parámetros de la instalación de dosificación. Un motor eléctrico con transmisión puede servir, p. ej., para el accionamiento del dispositivo de transporte respectivo, en donde mediante los parámetros de la instalación de dosificación se regula el motor mediante la unidad de control y, de esta forma, se ajusta el caudal másico deseado. Al menos uno de los dispositivos transportadores puede estar configurado, p. ej., como tornillo sinfín de transporte, en donde a través de la regulación del número de revoluciones del tornillo sinfín de transporte se ajusta el caudal másico deseado. Es decir, en el caso de tornillos sinfín de transporte, la dosificación tiene lugar a través de los tornillos sinfín de transporte que están incorporados típicamente por debajo de los silos de materia prima. El producto transportado discurre entonces a una báscula en la que se determina continuamente el peso de la cantidad transportada. A través de la unidad de control electrónica de la báscula se controla el tornillo sinfín de transporte y se regula la cantidad de transporte. Para la optimización de este proceso puede disponerse parámetros de dosificaciones específicos.

El dispositivo dosificador mide errores de dosificación relativos proporcionados por la desviación medida de un valor medio a lo largo de una unidad de tiempo del peso de la materia prima transportada por dispositivo de pesaje de un valor del peso objetivo, medición de distribuciones de frecuencia asociadas de los errores de dosificación relativos a escala por dispositivo de pesaje y materia prima transportada, medición de rendimientos de dosificación a lo largo del tiempo por dispositivo transportador y materia prima transportada como serie temporal de valores de medición de rendimientos de dosificación y medición de velocidades de dosificación en función del tiempo por dispositivo transportador y materia prima transportada. Mediante los dispositivos de pesaje se puede medir continuamente, p. ej., el peso de la materia prima transportada. El error de dosificación relativo (dado por el valor medio medido del peso de la materia prima transportada por dispositivo de pesaje y unidad de tiempo) puede desencadenarse, p. ej., en base a la desviación estándar medida del valor medio diario medido del peso en % en peso del peso objetivo. La unidad de tiempo para medir errores de dosificación relativos puede darse, p. ej., mediante la desviación medida del valor medio diario del peso de la materia prima transportada por el dispositivo de pesaje de un valor de peso objetivo. En general, los datos de medición del análisis (los denominados datos de reproducción), en particular datos del sensor correspondientes, del sistema de control de la instalación registran a cada proceso de dosificación individual de cada uno de los componentes, en particular de los errores de dosificación discutidos, rendimiento de dosificación y velocidad de dosificación, etc. Los datos de medición del análisis pueden comprender, p. ej., parámetros de medición del proceso y/o parámetros de medición de la calidad y/o parámetros de medición de las condiciones del entorno y/o datos de mantenimiento y/o parámetros de medición de la instalación. Los parámetros de medición del proceso pueden comprender, p. ej., parámetros de medición del sistema de control de la instalación (perspectiva general sobre la instalación), por ejemplo que comprenden parámetros de medición de reproducción (todos los datos de medición de la visualización) y/o datos de la receta y/o datos de eventos (archivos de registro, eventos, advertencias, alarmas) y/o parámetros referentes al historial de producción (registro de tareas) y/o parámetros referentes a la producción planificada (cola de trabajos, ERP), además, p. ej., parámetros del sistema de control de la máquina, tales como, p. ej., de básculas, máquinas individuales, etc. (típicamente están disponibles más datos/datos de medición para la máquina específica que los que se utilizan en el sistema de control de la instalación) y comprenden, p. ej., otros datos del sensor. Los parámetros de medición de la calidad pueden comprender, p. ej., parámetros de medición de la materia prima y/o parámetros de medición de sensores online/en línea y/o parámetros de medición del producto final y/o parámetros de datos de retroalimentación iniciados por el cliente. Los parámetros de medición condicionados por el entorno pueden comprender, p. ej., temperatura y/o humedad del aire y/o predicción del tiempo y/o presión atmosférica, etc. Finalmente, los datos de mantenimiento y los parámetros de medición de la instalación pueden comprender, p. ej., parámetros de medición y datos del sistema de gestión asistido por computadora (CMMS) y/o parámetros de medición del desgaste y/o parámetros de medición del comportamiento, etc.

El análisis de estos datos permite: (1) la evaluación estadística de la precisión de dosificación para fines diagnósticos, en particular (1.1) análisis del error de dosificación relativo (valor medio diario) por báscula. Primer reconocimiento de anomalía o errores a través de umbralización (véase más adelante, así como en la Figura 5); (1.2) medición de una precisión de dosificación en el mapa de calor (cuanto más oscuro tanto peor) a través del N° de silo (eje vertical) y aditivo/componente (eje horizontal). Esto posibilita una afirmación sobre qué combinación de producto-silo proporciona las mejores precisiones de dosificación (véase la Figura 7); (1.3) generación de un histograma de las precisiones de dosificación para todos los componentes. Esto puede indicar, p. ej., para qué componentes se tengan que adaptar los parámetros de dosificación. La unidad de IA (inteligencia artificial) discutida más adelante puede generar en base a ello y basándose en (1.2), los parámetros correctos para cada componente (véase la Figura 8); (2) análisis de anomalías de la curva de transporte. Rendimiento de dosificación a lo largo del tiempo como segundo reconocimiento de anomalía o defectos. Con ello, a cada proceso de dosificación individual se le puede asociar una agrupación estadística (normal, anormal). Puede depositarse el comportamiento de estados de error, de modo que sea posible una clasificación del estado de error. Esta es la base para una optimización basada en IA de la regulación de dosificación en combinación con (1.2) y (1.3). (Véase la Figura 9).

El dispositivo dosificador puede medir y/o detectar mediante medición adicionalmente parámetros de la materia prima y/o parámetros de la instalación y/o parámetros del entorno. Los parámetros de la materia prima pueden comprender al menos parámetros de medición para detectar propiedades físicas de las materias primas, tales como, p. ej., contenido de humedad, granulosis, viscosidad, pureza, composición química, etc. medidas mediante dispositivos de medición de materiales correspondientes. Los parámetros de la instalación pueden comprender, p. ej., parámetros medidos mediante sensores propioceptivos o dispositivos de medición. La medición de los parámetros de la instalación puede comprender, p. ej., al menos una de las siguientes magnitudes de medición: consumo de corriente del transportador o consumo de energía del motor, par motor del transportador y/o altura de llenado del material a granel en el depósito y/o tiempo de dosificación y/o diámetro del tubo transportador y/o diámetro de la espiral transportadora y/o ángulo de inclinación de la pared de la tolva y/o ángulo de rozamiento de la pared y/o ángulo de rozamiento efectivo en el caso de los silos de materia prima y/o calor de fricción del tornillo sinfín y tubo envolvente durante el funcionamiento, etc. Los parámetros del entorno pueden comprender, p. ej., parámetros medidos mediante sensores exteroceptivos o dispositivos de medición que comprenden al menos humedad del aire y/o presión atmosférica y/o temperatura del entorno y/o distribuciones locales de la temperatura.

El dispositivo dosificador detecta primeros errores de anomalías y dosificación del dispositivo dosificador basándose en los errores de dosificación relativos medidos, desencadenándose la detección de errores de anomalía y dosificación

por el rebase de la desviación medida de un valor umbral definido por dispositivo de pesaje y materia prima transportada.

El dispositivo dosificador detecta segundos errores de anomalía y dosificación del dispositivo dosificador, en donde mediante la normalización dinámica del tiempo se determina como matriz de las distancias la distancia topológica entre las series temporales medidas de los rendimientos de dosificación a lo largo del tiempo. La normalización dinámica del tiempo puede realizarse, p. ej., basándose en la deformación dinámica del tiempo. Una señal de la serie temporal medida de los rendimientos de dosificación puede compararse, p. ej., como tupla de valores espectral o bien cepstral, p. ej., como tupla de valores espectral o bien cepstral con otras tuplas de valores de una señal de la serie temporal medida de los rendimientos de dosificación. Las tuplas de valores pueden completarse, p. ej., con otros parámetros de medición, tales como uno o varios de los parámetros de materia prima arriba discutidos y/o parámetros de la instalación y/o parámetros del entorno. Con ayuda de una ponderación para los distintos parámetros de cada una de las tuplas de valores medidas se establece una masa diferencial entre dos valores arbitrarios de ambas señales, por ejemplo, una distancia euclídica normalizada o la distancia de Mahalanobis. El dispositivo dosificador busca el recorrido más favorable desde el inicio hasta el final de ambas señales, a través de la matriz fijada de las distancias presentes por pares de todos los puntos de ambas señales. Esto puede tener lugar, p. ej., de manera dinámicamente eficiente. La trayectoria real, es decir, la deformación, se genera mediante vuelta atrás después del primer paso de la normalización dinámica del tiempo. Para la determinación pura, es decir, de la correspondiente elección de la plantilla, es suficiente con el simple paso sin vuelta atrás. Sin embargo, la vuelta atrás posibilita una representación exacta de cada punto de una señal en uno o varios puntos de la otra señal respectiva y, por consiguiente, representa la distorsión aproximada en el tiempo. Se ha de añadir que en el presente caso, en virtud de motivos algorítmicos en el caso de la extracción de los parámetros de señal de la tupla de valores, el recorrido óptimo a través de la matriz de diferencia de señales no corresponde necesariamente a la distorsión en el tiempo real.

Mediante una unidad de minería de datos estadística, se agrupan entonces las series temporales medidas y normalizadas dinámicamente en el tiempo basándose en la matriz de las distancias medida en agrupamientos disjuntos (análisis del agrupamiento), indexando series temporales medidas de un primer agrupamiento un funcionamiento de dosificación en un intervalo normal e indexando series temporales medidas de un segundo agrupamiento un funcionamiento de dosificación fuera del intervalo normal. Mediante el agrupamiento, es decir, los análisis del agrupamiento pueden asociarse entonces estructuras de similitud en las series temporales medidas, en donde aquí los grupos encontrados de esta manera de series temporales medidas similares se designan como grupos y la asociación a los grupos como agrupamiento. El agrupamiento mediante el dispositivo dosificador tiene lugar aquí mediante minería de datos, en donde mediante el uso de la minería de datos también pueden encontrarse nuevos intervalos de grupos. La unidad de minería de datos estadística para el agrupamiento de la matriz de las distancias puede realizarse, p. ej., basándose en el análisis del agrupamiento espacial basado en densidad de aplicaciones con ruido, en particular, el análisis del agrupamiento espacial basado en densidad de aplicaciones con ruido puede realizarse basándose en DBScan. DBScan como análisis del agrupamiento espacial con ruido trabaja basado en densidades y está en condiciones de reconocer varios grupos. Los puntos de ruido se ignoran en este caso y se devuelven por separado.

Como etapa de procesamiento previo, es decir, pre-procesamiento, puede llevarse a cabo una reducción de la dimensionalidad de las series temporales. En términos muy generales, los datos de la medición del análisis arriba descritos se componen de un gran número de diferentes series temporales, p. ej., con una tasa de exploración de 500 ms. En este caso, cada variable puede dividirse, p. ej., en dos tipos de series temporales: (1) serie temporal discontinua, cuando la serie temporal puede dividirse de forma natural en pequeños trozos cuando ha finalizado una carga del proceso (p. ej., dosificación de una sustancia constitutiva, ciclo de mezcla ...); y (2) series temporales continuas: cuando la serie temporal no puede ser dividida de una manera evidente y en la misma debe realizarse un procesamiento (p. ej., ventanas deslizantes, división arbitraria, ...). Además, las series temporales también pueden ser univariantes o multivariantes: (1) serie temporal univariante: el proceso observado se compone únicamente de una serie mensurable de observaciones (p. ej., peso de una báscula de dosificación); (2) series temporales multivariantes: el proceso observado se compone de dos o más series de observación mensurables, que podrían estar correlacionadas (p. ej., peso de una báscula de dosificación y estado del elemento de dosificación (véase la Figura 11).

El uso de series temporales para el análisis representa un reto técnico, en particular cuando las series temporales son de distinta longitud (p. ej., series temporales discontinuas). En el marco del sistema de la invención puede ser por lo tanto técnicamente ventajoso pre-tratar estas series temporales en un formato utilizable de forma técnicamente directa mediante pre-procesamiento. Con ayuda del procedimiento de reducción de la dimensionalidad, un espacio latente puede derivarse de un conjunto de series temporales. Este espacio latente puede estar realizado como un espacio multidimensional que contiene características que codifican propiedades útiles o bien técnicamente relevantes de un conjunto de datos altamente dimensional. Aplicaciones técnicas de este concepto se encuentran en métodos del procesamiento del lenguaje natural (NLP: Natural Language Processing) con la disposición de un espacio de incrustación de palabras derivado de datos del texto o bien, en el presente caso, de un espacio de incrustación de series temporales (time serie embedding space), o en la elaboración de imágenes, en donde una red neuronal convolucional codifica en sus últimas capas características de alto valor de imágenes (bordes, colores, ...). De acuerdo con la invención esto puede realizarse técnicamente mediante la disposición de un espacio latente de varias series

temporales a partir de datos de reproducción y el uso de este espacio latente como base para misiones posteriores tales como reconocimiento de anomalías (véase la Figura 12), clasificación o misiones de regresión. En el presente caso, un espacio latente puede generarse para señales de series temporales con enfoques técnicos tales como el análisis del componente principal (principal component analysis) y la deformación dinámica del tiempo y también con enfoques técnicos basados en el aprendizaje profundo, similares a los que se utilizan para misiones de visión por computadora y NLP, tales como auto-codificadores (véase la Figura 13) y redes neuronales recurrentes.

Respecto a la generación del espacio de incrustación de series temporales (time serie embedding space) el problema técnico fundamental, el cual en el presente caso dificulta la modelación técnica y otros problemas de aprendizaje, estriba en la dimensionalidad. Una serie temporal o secuencia sobre la que se ha de testar la estructura del modelo se diferenciará probablemente de todas las secuencias de series temporales que se observaron en el entrenamiento. Visto desde un punto de vista técnico, posibles enfoques pueden basarse, p. ej., en n-gramas, los cuales obtienen una generalización mediante encadenamiento de secuencias solapantes muy cortas que fueron observadas en el conjunto de entrenamiento. En el presente caso, el problema de la dimensionalidad se combate mediante el aprendizaje de una representación repartida de palabras, lo cual permite a cada conjunto de entrenamiento informar al modelo sobre un número exponencial de conjuntos semánticamente vecinos. El modelo aprende al mismo tiempo (1) una representación repartida para cada serie temporal junto con (2) la función de probabilidad para secuencias temporales expresada en forma de estas representaciones. La generalización se alcanza debido a que una secuencia de series temporales, que todavía no fue previamente reconocida, obtiene una elevada probabilidad si se compone de series temporales que son similares (en el sentido de una representación próxima) a series temporales que forman un conjunto ya visto. El entrenamiento de modelos grandes de este tipo (con millones de parámetros) dentro de un tiempo adecuado puede ser por sí mismo un reto técnico. Como solución para el presente caso, se emplean redes neuronales las cuales pueden utilizarse, p. ej., para la función de probabilidad. En dos conjuntos de series temporales pudo demostrarse que el enfoque aquí utilizado proporciona resultados significativamente mejores en comparación con modelos de n-gramas del estado de la técnica y que el enfoque propuesto permite aprovechar series temporales y contextos de series temporales más largos.

En el presente caso, la capacidad de redes de retropropagación de múltiples capas de aprender asociaciones complejas, altamente dimensionales y no lineales a base de grandes colecciones de ejemplos, hace a estas redes neuronales, en particular redes neuronales convolucionales, candidatos técnicos para los problemas de reconocimiento de las series temporales. Sin embargo, existen problemas técnicos para la aplicación en la presente invención: en las estructuras técnicas para el reconocimiento del modelo, un extractor de características desarrollado manualmente recopila típicamente informaciones relevantes a partir de la entrada de datos y elimina variabilidades irrelevantes. Un clasificador susceptible de ser entrenado categoriza entonces los vectores de características resultantes (o cadenas de símbolos) en clases. En este esquema pueden utilizarse como clasificadores redes estándares, totalmente unidas y de múltiples capas. Un esquema potencialmente interesante consiste en eliminar el extractor de características, alimentar la red con datos de entrada "brutos" (p. ej., imágenes normalizadas) y confiar en una retropropagación con el fin de transformar el primer par de capas en un extractor de características adecuado. Si bien esto se puede llevar a cabo con una red pre-alimentada totalmente unida habitual con un cierto éxito para la misión del reconocimiento de las series temporales, en el presente contexto existen problemas técnicos. En primer lugar, series temporales de parámetros de medición pueden ser muy grandes. Una primera capa totalmente enlazada, p. ej., con algunos cientos de unidades ocultas, requeriría entonces, por lo tanto, ya varios 10.000 de peso. Un problema de sobreadaptación (overfitting) se manifiesta cuando no están presentes datos de entrenamientos suficientes. Asimismo, en el caso de cifras de este tipo aumentan enormemente los requisitos técnicos al medio de almacenamiento. El problema principal técnico estriba, sin embargo, en que estas redes no tienen una invariancia inherente en relación a distorsiones locales de las series temporales de entrada. Es decir, el pre-procesamiento arriba discutido con la correspondiente normalización u otra normalización temporal debe normalizar y centrar las series temporales. En cambio, técnicamente, no hay perfecto ningún pre-procesamiento de este tipo.

En segundo lugar, un problema técnico de redes totalmente enlazadas estriba en que la topología de las series temporales de entrada es ignorada por completo. Las series temporales de entrada pueden aplicarse en cualquier orden a la red, sin que esto influyera en el entrenamiento. En el presente caso, sin embargo, el proceso de elaboración presenta una fuerte estructura en 2D local, y las series temporales de parámetros de medición tienen una fuerte estructura 1D, es decir, parámetros de medición que son vecinos en el tiempo están altamente correlacionados. Correlaciones locales son el motivo de que en el marco de la invención se proponga la extracción y combinación de características locales de la serie temporal antes del reconocimiento de los objetos en el espacio o en el tiempo. Redes neuronales convolucionales fuerzan en este caso la extracción de características locales al limitar el campo receptivo de las unidades ocultas a unidades locales. En el presente caso, mediante el uso de redes convolucionales se garantiza técnicamente durante el reconocimiento de las series temporales que se alcance una invariancia de desplazamiento y de distorsiones, a saber, mediante la aplicación de campos receptivos locales, pesos comunes (o repeticiones de pesos) y un submuestreo en el tiempo de las series temporales. El plano de entrada de las redes obtiene con ello series temporales que están casi normalizadas en el tiempo y centradas (véase arriba la deformación del tiempo).

Para la generación del espacio latente para las señales de series temporales pueden elegirse, como se describe arriba, p. ej., el análisis del componente principal (principal component analysis) y la deformación dinámica del tiempo o

también enfoques técnicos basados en el aprendizaje profundo, tales como, p. ej., el uso de redes neuronales recurrentes. En el caso de la presente invención se ha de tener en cuenta, sin embargo, que el aprendizaje de informaciones a lo largo de intervalos de tiempo prolongados mediante retropropagación recurrente puede ser muy largo, la mayoría de las veces en virtud de un retorno de errores insuficiente, desactivante. Por lo tanto, en el marco de la invención se propone el uso de un nuevo procedimiento eficiente y basado en el gradiente. En este caso, el gradiente se corta en donde no perjudique, de modo que la red puede aprender puentear demoras en el tiempo mínimas de más 1000 pasos de tiempo discretos al forzar un flujo de errores constante mediante rotaciones constantes de los errores dentro de una unidad especial. En este caso, unidades de puertas multiplicativas aprenden a abrir y cerrar el acceso al flujo de errores constante. Mediante esta variante de realización de acuerdo con la invención, la red permanece siendo local en el espacio y en el tiempo en relación con el aprendizaje de las series temporales.

En relación con la variante de realización con los auto-codificadores (véase la Figura 13), la red es entrenada de manera no supervisada (aprendizaje no supervisado), de modo que la señal de entrada puede ser primeramente transformada en el espacio latente de baja dimensión y reconstruida por el descodificador con una pérdida de información mínima. Con el procedimiento, series temporales de alta dimensión pueden ser transformadas en series de baja dimensión, al entrenar una red neuronal multi-capa con una pequeña capa central, con el fin de reconstruir los vectores de entrada de alta dimensión. En redes de "auto-codificador" de este tipo se puede utilizar una reducción del gradiente para la determinación precisa de los pesos. Sin embargo, esto funciona solo bien cuando los pesos iniciales se encuentran cercanos a una solución adecuada. La variante de realización aquí descrita proporciona durante el aprendizaje de las series temporales un tipo eficaz de inicialización de los pesos, que permite a la red del auto-codificador aprender códigos de baja dimensión que funcionan mejor que el análisis del componente principal como herramienta para la reducción de la dimensionalidad de datos. La reducción de la dimensionalidad de acuerdo con la invención de las series temporales facilita la clasificación, visualización, comunicación y el almacenamiento de series temporales de alta dimensión. Un posible procedimiento es el análisis del componente principal (PCA), que encuentra las direcciones de la mayor varianza en las series temporales y representa cualquier punto de datos mediante sus coordenadas a lo largo de cada una de estas direcciones. Como variante de realización puede utilizarse, p. ej., una generalización no lineal del PCA, al utilizar una red "codificadora" adaptativa multi-capa, con el fin de transformar series temporales de alta dimensiones en códigos de bajas dimensiones y una red descodificadora similar, con el fin de restablecer las series temporales a partir de los códigos. En el caso de la variante de realización, partiendo de pesos ocasionales en las dos redes, éstas pueden ser entrenadas conjuntamente al minimizar la discrepancia entre las series temporales originales y su reconstrucción. Los gradientes necesarios los adquiere el sistema aplicando una regla conjunta, con el fin de retropropagar las derivaciones de errores primeramente a través de la red descodificadora y luego a través de la red codificadora. Este sistema se designa aquí como auto-codificador.

El procedimiento de aprendizaje automático no supervisado arriba discutido para el reconocimiento de series temporales basadas en la deformación del tiempo (DTW) puede tener lugar también de manera supervisada. Con la DTW pueden aplicarse dos variantes de realización de estrategias de aprendizaje, supervisada y no vigilada, de acuerdo con la invención para las series temporales. Como variante de realización se puede diferenciar, p. ej., entre dos procedimientos de aprendizaje supervisados, aprendizaje incremental y aprendizaje con negación de la prioridad. El procedimiento de aprendizaje incremental es conceptualmente sencillo, pero típicamente requiere de un gran conjunto de series temporales para la comparación. Con el procedimiento de aprendizaje con negación de la prioridad puede reducirse de manera eficaz el tiempo de adaptación, disminuyendo típicamente la precisión de reconocimiento. Para la variante de realización del aprendizaje no supervisado se puede utilizar, junto a la variante arriba discutida, p. ej., también un enfoque de aprendizaje automático basándose en el aprendizaje más coincidente y en el aprendizaje con prioridad y rechazo. El aprendizaje más coincidente aquí dado a conocer puede utilizarse con el fin de seleccionar de manera inteligente las series temporales adecuadas para el aprendizaje de sistemas. La efectividad y eficiencia de los tres enfoques de aprendizaje recién propuestos para la DTW pueden demostrarse con ayuda de un ensayo correspondiente para el reconocimiento de series temporales.

En el caso de una detección de primeros y/o segundos errores de anomalía y dosificación del dispositivo dosificador, las velocidades de dosificación medidas son transferidas, en función del tiempo, como patrón de datos de entrada a una unidad de aprendizaje automático y los parámetros de dosificación del dispositivo dosificador se adaptan mediante el sistema de control electrónico de la instalación basándose en los valores de partida de la unidad de aprendizaje automático, en donde la unidad de aprendizaje automático clasifica el patrón de entrada con ayuda de modelos aprendidos y genera correspondientes parámetros de dosificación. Mediante la medición adicional de parámetros de la materia prima que comprenden parámetros de medición para detectar propiedades físicas de las materias primas mediante dispositivos medidores de materiales y/o de parámetros de las instalaciones mediante sensores propioceptivos o dispositivos de medición, y/o de parámetros del entorno mediante sensores extroceptivos o dispositivos de medición que comprenden al menos humedad del aire y/o presión atmosférica y/o temperatura del entorno y/o distribuciones locales de la temperatura, se pueden transmitir, p. ej., junto a las series temporales de velocidades de dosificación medidas, adicionalmente uno o varios de los parámetros de las materias primas y/o de los parámetros de la instalación y/o de los parámetros del entorno en función del tiempo a la unidad de aprendizaje automático como modelo de datos de entrada. La unidad de aprendizaje automático puede estar realizada, p. ej., basándose en sistemas de lógica difusa estadísticos o adaptativos y/o redes neuronales supervisadas o no supervisadas y/o redes neuronales difusas y/o sistemas sustentados por algoritmos genéticos. La unidad de aprendizaje automático puede comprender, p. ej., clasificadores Naive Bayes como estructura de aprendizaje

automático. La unidad de aprendizaje automático puede estar realizada con una estructura de aprendizaje automático, p. ej., basándose en estructuras de aprendizaje supervisadas que comprenden la regresión logística y/o árboles de decisiones y/o máquina de vector de soporte (SVM) y/o regresión lineal como estructura de aprendizaje automático. La unidad de aprendizaje automático puede estar realizada, p. ej., basándose en estructuras de aprendizaje no supervisadas que comprenden el agrupamiento de K medios o vecino más próximo a K y/o una reducción de la dimensionalidad y/o un aprendizaje de reglas de asociación. La unidad de aprendizaje automático puede estar realizada, p. ej., basándose en estructuras de aprendizaje de refuerzo que comprenden el aprendizaje Q. La unidad de aprendizaje automático puede estar realizada, p. ej., basándose en el aprendizaje por conjuntos que comprende empaquetado (agregación de Bootstrap) y/o Boosting y/o bosque aleatorio y/o apilamiento. Finalmente, la unidad de aprendizaje automático puede estar realizada basándose en estructuras de red neuronales que comprenden redes prealimentadas y/o redes de Hopfield y/o redes neuronales convolucionales o redes neuronales convolucionales profundas.

Como se ha discutido arriba, en el caso ideal, la curva de transporte (es decir, la cantidad transportada a lo largo del tiempo) de cada uno de los componentes individuales de una receta es siempre la misma. No obstante, mediante diferentes influencias (tipo de materia prima, humedad, distribución local de la temperatura, formación de grumos, oscilaciones naturales de la materia prima, geometría del silo) resultan desviaciones de las propiedades de flujo esperadas del material a granel. Esto puede conducir a inconsistencias en la velocidad de transporte, la cantidad de transporte y, con ello, la precisión de dosificación. Una mejora de la precisión de dosificación también se puede alcanzar mediante la elección del silo mejor adecuado para una determinada materia prima y una adaptación regular de los parámetros de dosificación para cada materia prima. En el estado de la técnica esto sucedió en base a la experiencia de los expertos, sin un análisis detallado de datos históricos. P. ej., mediante la generación de un "mapa de calor" (véase la Figura 7) que comprende la precisión de dosificación (cuánto más oscuro tanto peor) a través del N° de silo (eje vertical) y aditivo/componente (eje horizontal) pueden generarse también, p. ej., mediante la unidad de aprendizaje automático como sistema de expertos, afirmaciones sobre qué combinación de producto-silo proporciona las mejores precisiones de dosificación (véase la Figura 7).

El registro de los datos de medición del análisis permite la realización de la función de reproducción de acuerdo con la invención (por ello la denominación de los datos de medición del análisis también como datos de reproducción; véase arriba). La función de reproducción está pensada como una ejecución específica del dispositivo de acuerdo con la invención. Puede realizarse con y sin la función de optimización de la reivindicación 1, es decir, con y sin la adaptación de los parámetros de la instalación de dosificación 1111 del dispositivo dosificador 1 mediante el sistema de control electrónico 11 de la instalación basándose en los valores de partida 182 de la unidad de aprendizaje automático 18. Básicamente, el registro de los datos de medición del análisis puede desencadenarse mediante la detección de una primera y/o segunda anomalía o bien de primeros y segundos errores de anomalía y dosificación 11121/11122 del dispositivo dosificador 1. La Figura 15 muestra una variante de realización de reproducción de este tipo con provisión de datos de medición del análisis (como datos de reproducción) para supervisar un periodo de tiempo en el modo de reproducción del dispositivo dosificador 1. Los datos de medición del análisis se registran, p. ej., en un medio de almacenamiento de un servidor (S). Mediante un subgrupo (BG), que comprende un cliente para el acceso desplazado en el tiempo de datos de medición del análisis, se selecciona, p. ej., mediante tiempo-día (caracterización basada en el tiempo) o de un intervalo de anomalías indicado por el sistema al usuario para la elección, un tramo desplazado cronológicamente con respecto al tiempo real de los datos de reproducción y, p. ej., se solicita mediante petición del servidor S. Este reúne el periodo de tiempo requerido de los datos de reproducción en forma de paquetes de datos multimedia y los transmite a través de la red al cliente del subgrupo. El cliente descomprime los paquetes de datos multimedia y los representa en el monitor (M) para el usuario. El subgrupo con el cliente puede ser parte del servidor S, p. ej., puede realizarse como parte del sistema de control 11 de la instalación, o como subgrupo de la red, el cual puede acceder a través de la red N en el servidor S o en el sistema de control 11 de la instalación con servidor S integrado. La Figura 16 muestra un diagrama de tiempo-cantidades de datos resaltando un intervalo de tiempo disponible para el acceso, p. ej., que contiene una anomalía detectada por el dispositivo. Puede registrarse todo el flujo de datos de análisis en tiempo real o solo intervalos de tiempo del flujo de datos del análisis, es decir, de los datos de reproducción en los que se detectaron primeros y/o segundos errores por anomalías y/o dosificación 11121/11122 mediante el dispositivo dosificador 1. Como se muestra con el diagrama de tiempo-cantidades de datos resaltando una reproducción de un intervalo de anomalías situado en el pasado de la Figura 17, la forma de realización de acuerdo con la invención puede realizarse también de manera que el usuario puede saltar a un flujo de datos de análisis arbitrario, registrado en un momento situado en el pasado, es decir, independientemente de las detecciones de anomalías. También, el usuario puede acceder, p. ej., a través de un determinado intervalo de tiempo desplazado en el tiempo a los datos de medición del análisis del flujo de datos de reproducción almacenado, saltar en un momento x a un intervalo de tiempo hacia adelante (forward) o hacia atrás (rewind) en el flujo de datos registrado. El diagrama de tiempo-cantidades de datos de la Figura 18 ilustra finalmente a modo de ejemplo una forma de realización en la que al usuario se le muestran, p. ej., a través del cliente en el subgrupo, los intervalos de tiempo de anomalía detectados para la selección. En particular, otra variante de realización puede estar realizada de manera que el dispositivo conectado, es decir, el dispositivo dosificador 1, puede ser puesto de nuevo mediante el sistema de control electrónico 11 de la instalación, exactamente en el modo de funcionamiento con los mismos parámetros de funcionamiento que en el intervalo de anomalías detectado. El dispositivo dosificador 1 puede dejarse pasar así en tiempo real de nuevo a través del intervalo de anomalías, p. ej., con fines de ensayo, optimización u otros fines de verificación.

Como ya se ha discutido arriba, p. ej., todo el flujo de datos del análisis en tiempo real puede ser registrada en formato digital en el servidor S o solo las zonas con primeras y/o segundas anomalías A a H detectadas. El servidor puede prepararse, p. ej., también centralmente por un proveedor para la provisión de estos datos de reproducción situados en el pasado, en donde, p. ej., un operario del dispositivo dosificador puede acceder al servidor S mediante un subgrupo/una computadora asegurado con el cliente correspondiente. El registro tiene lugar en este caso de manera que un intervalo de anomalías A a H puede ser almacenado como un único archivo o en varios archivos que representan en cada caso un intervalo parcial de anomalías. El número de los registros de los intervalos de datos de reproducción y de los archivos que resultan de ello puede ser diferente en función del número de usuarios que deben tener a continuación acceso a ello. Independientemente de ello, el número de los registros del flujo de datos del análisis en tiempo real (flujo de datos de reproducción) puede depender de la tecnología de registro y provisión de datos utilizada. A estos ficheros se puede acceder, p. ej., después de su registro también mediante una línea de suscriptor digital u otra transmisión de datos asociables inequívocamente por el subgrupo BG u otro receptor previsto para ello con dirección inequívoca y pueden ser reproducidos en un aparato multimedia MG, tal como, p. ej., un monitor o una computadora. El subgrupo BG puede estar integrado también en el aparato correspondiente, por ejemplo, en el caso de un aparato multimedia móvil tal como un teléfono móvil, un PDA, una tableta. Inmediatamente después del registro en tiempo real del flujo de datos de reproducción se puede acceder por parte del usuario a las zonas registradas de las anomalías respectivas detectadas o bien a los intervalos de tiempo respectivos o los tiempo-días establecidos. En el caso de la Figura 16, en el momento t_c , este intervalo de anomalías está registrado y es proporcionado para su acceso en el servidor S. A partes de este intervalo de anomalías puede accederse ya también inmediatamente después del comienzo de su registro y/o detección, en la medida en que se encuentren en el pasado. El usuario que selecciona este intervalo de anomalías obtiene este intervalo de anomalías C en forma digital en tiempo real a través del cliente del subgrupo representado en el monitor MG. Como muestra la Figura 17, también puede ser posible realizar una pausa, un retroceso o una transmisión (en el caso de que se accediera a una parte del flujo de datos de reproducción situada en el pasado) para la monitorización del flujo de datos de reproducción mediante el cliente. Todos los siguientes intervalos de tiempo del flujo de datos de reproducción discurren para el usuario entonces, p. ej., al hacer una pausa en cuanto a la longitud de la pausa desplazada en el tiempo con respecto al flujo de datos de reproducción en tiempo real. Naturalmente, un salto de retorno al modo en tiempo real de la supervisión del flujo de datos de medición del análisis es en cualquier momento posible para el usuario. En este caso, partes del flujo de datos de reproducción son saltadas de nuevo de manera correspondiente. Para intervalos de anomalías ya detectados del flujo de datos de reproducción existe básicamente también la posibilidad de descargar el intervalo de anomalías A-H deseado como archivo y luego observarlo. Sin embargo, el tiempo de descarga puede en este caso llevar mucho tiempo en función de la anchura de banda disponible para la transmisión de datos. Además de ello, el tiempo de descarga puede prolongarse de manera significativa si al mismo tiempo se visualizan/supervisan además otros intervalos de anomalías o el flujo en tiempo real. En general, la variante de realización de reproducción puede estar configurada, p. ej., de manera que el subgrupo BG con el correspondiente cliente asociado a un nuevo procedimiento para la provisión de datos de reproducción a través de un aparato multimedia MG. En el servidor S se registra todo el flujo de datos de reproducción. Como variante de realización pueden almacenarse también solo los primeros y/o segundos intervalos de anomalías detectados. Entonces tienen lugar las etapas: a) selección mediante el cliente sustentado por el subgrupo (BG) de uno o varios intervalos de anomalía y/o intervalos de tiempo y/o tiempo-día seleccionables o marcadores de tiempo en el flujo de datos de reproducción almacenado en el aparato multimedia (MG); b) acceso, en virtud de la selección precedente, a uno o varios intervalos de tiempo en virtud de su caracterización inequívoca (en el tiempo o por el contenido, p. ej., anomalías detectadas o mediante un filtro mediante intervalos de datos de reproducción filtrados con los parámetros de características introducidos)). En el caso de la transmisión, también varios archivos de datos multimedia pueden representar en cada caso un intervalo de anomalías/tiempo y sus caracterizaciones abarcan en cada caso una caracterización parcial inequívoca para el acceso del servidor (S) en la que están almacenados en cada caso los intervalos de tiempo/anomalías (A a H); c) proporcionar un intervalo de tiempo almacenado en los archivos de datos del flujo de datos de reproducción registrado en el aparato multimedia (MG) comenzando con la zona o zona parcial elegida con un retraso en el tiempo, que es al menos de la misma magnitud que la diferencia entre el flujo de datos de análisis en tiempo real verdadero y el momento de selección (véanse las Figuras 16-18).

Símbolos de referencia

- | | |
|----|---|
| 1 | Dispositivo dosificador |
| | 11 Control electrónico de la instalación |
| | 111 Unidades de control electrónicas |
| 55 | 112 Parámetros de la instalación de dosificación |
| | 1111 Error de dosificación relativo |
| | 11121 Primeros errores de anomalía y dosificación |
| | 11122 Segundos errores de anomalía y dosificación |
| | 1113 Rendimiento de dosificación |
| 60 | 1114 Velocidad de dosificación |
| | 12 Silos de materia prima |
| | 13 Dispositivo de transporte |
| | 131 Caudal |
| | 132 Motor de accionamiento |

		133 Tornillo sinfín de transporte
		14 Dispositivos de pesaje
		15 Recipiente de recogida de material mixto
		151 Mezclador
5		16 Unidad de normalización del tiempo dinámica
		161 Distancia topológica entre las series temporales medidas
		162 Matriz de las distancias
		17 Unidad de minería de datos estadística
		171 Primer grupo (intervalo normal)
10		172 Segundo grupo (intervalo anormal)
		173 DBScan
		18 Unidad de aprendizaje automático
		181 Patrón de datos de entrada
		182 Valores de salida
15		19 Dispositivos de medición
		191 Dispositivos de medición del material
		192 Sensores propioceptivos o dispositivos de medición
		193 Sensores exteroceptivos o dispositivos de medición
	2	Material de dosificación
20		21 Materia prima
		211 Material a granel
		212 Material viscoso
		22 Material mixto

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para un sistema de control electrónico (11) de la instalación para dispositivos dosificadores (1) con la dosificación optimizada de materias primas (21) que comprenden material a granel (211) u otro material para formar material mixto (22) mediante un dispositivo dosificador (1), en donde el dispositivo dosificador (1) comprende silos de materia prima (12), dispositivos de transporte (13), dispositivos de pesaje (14), así como un mezclador (151) y/o depósito de recogida para el material mixto (22), en donde la materia prima (21) es transportada a través de los dispositivos de transporte (13) al mezclador (151) y/o depósito de recogida (15) para el material mixto (22), en donde por medio de los dispositivos de pesaje (14) se mide la cantidad de materia prima transportada mediante los dispositivos de transporte (13) y en donde una o varias unidades de control (111) electrónicas unidas con los dispositivos de pesaje (14) regulan la cantidad de transporte (131) de los dispositivos de transporte (13) basándose en los parámetros de la instalación de dosificación (1111), caracterizado por
 - medir errores de dosificación (1112) relativos dados por la desviación medida de un valor medio a lo largo de una unidad de tiempo del peso de la materia prima (21) transportada por dispositivo de pesaje (14) de un valor de peso objetivo, medir distribuciones de frecuencia asociadas de los errores de dosificación (1112) relativos escalados por dispositivos de pesaje (14) y materia prima (21) transportada, medir rendimientos de dosificación (1113) a lo largo del tiempo por dispositivo de transporte (13) y materia prima (21) transportada como serie temporal de valores de medición de rendimientos de dosificación (1113) y medir velocidades de dosificación (1114) en función del tiempo por dispositivo de transporte (13) y materia prima (21) transportada, detectar primeros errores de anomalía y dosificación (11121) del dispositivo dosificador (1) basándose en los errores de dosificación (1112) relativos medidos, en donde la detección de errores de anomalías y dosificación (11121) se desencadena mediante el rebase de la desviación medida de un valor umbral definido por dispositivo de pesaje (14) y materia prima (21) transportada,
 - detectar segundos errores de anomalías y dosificación (11122) del dispositivo dosificador (1), en donde mediante la normalización dinámica del tiempo (16) se determina la distancia topológica (161) entre las series temporales medidas de los rendimientos de dosificación (1113) a lo largo de un tiempo como matriz de las distancias (162) y mediante una unidad de minería de datos estadística (17) se agrupan las series temporales medidas basándose en la matriz de las distancias (163) medida en agrupamientos disjuntos y en donde las series temporales medidas de un primer agrupamiento (171) indexan un funcionamiento de dosificación en un intervalo normal y series temporales medidas de un segundo agrupamiento (172) indexan un intervalo de dosificación fuera del intervalo normal y
 - en el caso de la detección de primeros y/o segundos errores de anomalías y dosificación (11121/11122) del dispositivo dosificador (1), transmisión de las velocidades de dosificación (1114) medidas en función del tiempo como patrón de datos de entrada (181) a una unidad de aprendizaje automático (18) y adaptación de los parámetros de la instalación de dosificación (1111) del dispositivo dosificador (1) mediante el sistema de control electrónico (11) de la instalación basándose en los valores de partida (182) de la unidad de aprendizaje automático (18), en donde la unidad de aprendizaje automático (18) clasifica el patrón de entrada (181) con ayuda de modelos aprendidos y genera correspondientes parámetros de dosificación (1111).
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que un motor (132) con transmisión sirve para el accionamiento del dispositivo transportador (13) respectivo, en donde mediante los parámetros (1111) de la instalación dosificadora se regula el motor (131) mediante la unidad de control (111) y, de esta forma, se ajusta el caudal másico deseado.
3. Procedimiento según la reivindicación 2, caracterizado por que al menos uno de los dispositivos transportadores (13) está configurado como tornillo sinfín de transporte (133), en donde a través de la regulación del número de revoluciones del tornillo sinfín de transporte (133) se ajusta el caudal másico deseado.
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que por medio de los dispositivos de pesaje (14) se mide de forma continua el peso de la materia prima (21) transportada.
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por que el error de dosificación (1112) relativo se desencadena en base a la desviación estándar medida del valor medio medido por unidad de tiempo del peso en % en peso del peso objetivo.
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado por que la normalización dinámica del tiempo (16) se realiza basándose en la deformación dinámica del tiempo.
7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado por que la unidad de minería de datos estadística (17) para el agrupamiento de la matriz de las distancias (162) se realiza basándose en el análisis de grupos en el espacio basado en densidades con ruido.

8. Procedimiento según la reivindicación 7, caracterizado por que el análisis de grupos en el espacio basado en densidades con ruido se realiza basado en DBScan (173).
- 5 9. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado por que la unidad de tiempo para medir errores de dosificación (1112) relativos se da mediante la desviación medida del valor medio diario del peso de la materia prima transportada por dispositivo de pesaje (14) de un valor de peso objetivo.
- 10 10. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado por la medición adicional de parámetros de la materia prima, que comprenden parámetros de medición para detectar propiedades físicas de las materias primas mediante dispositivos de medición de materiales (191) y/o de parámetros de la instalación mediante sensores propioceptivos o dispositivos de medición (192), y/o de parámetros del entorno mediante sensores exteroceptivos o dispositivos de medición (193) que comprenden al menos humedad del aire y/o presión atmosférica y/o temperatura del entorno y/o distribuciones locales de la temperatura, en donde junto a las velocidades de dosificación medidas, adicionalmente uno o varios de los parámetros de la materia prima y/o de los parámetros de la instalación y/o de los parámetros del entorno se transfieren, en función del tiempo, a la unidad de aprendizaje automático como modelo de datos de entrada.
- 15 11. Procedimiento según la reivindicación 10, caracterizado por que la medición de los parámetros de la instalación comprende una de las siguientes magnitudes de medición: consumo de corriente del transportador o consumo de energía del motor, par motor del transportador y/o altura de llenado del material a granel en el depósito y/o tiempo de dosificación y/o diámetro del tubo transportador y/o diámetro de la espiral transportadora y/o ángulo de inclinación de la pared de la tolva y/o ángulo de rozamiento de la pared y/o ángulo de rozamiento efectivo en el caso de los silos de materia prima.
- 20 12. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 11, caracterizado por que la unidad de aprendizaje automático (18) se realiza basándose en sistemas de lógica difusa estadísticos o adaptativos y/o redes neuronales supervisadas o no supervisadas y/o redes neuronales difusas y/o sistemas sustentados por algoritmos genéticos.
- 25 13. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 12, caracterizado por que la unidad de aprendizaje automático (18) comprende clasificadores de Naive Bayes como estructura de aprendizaje automático.
14. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 13, caracterizado por que la unidad de aprendizaje automático (18) se realiza basándose en estructuras de aprendizaje supervisadas que comprenden regresión logística y/o árboles de decisiones y/o máquina de vector de soporte (SVM) y/o regresión lineal como estructura de aprendizaje automático.
- 30 15. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 13, caracterizado por que la unidad de aprendizaje automático (18) se realiza basándose en estructuras de aprendizaje no supervisadas que comprenden el agrupamiento de K medios o vecino más próximo a K y/o una reducción de la dimensionalidad y/o un aprendizaje de reglas de asociación.
16. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 13, caracterizado por que la unidad de aprendizaje automático (18) se realiza basándose en estructuras de aprendizaje de refuerzo que comprenden el aprendizaje Q.
- 35 17. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 13, caracterizado por que la unidad de aprendizaje automático (18) se realiza basándose en el aprendizaje por conjuntos que comprende empaquetado (agregación de Bootstrap) y/o Boosting y/o bosque aleatorio y/o apilamiento.
18. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 13, caracterizado por que la unidad de aprendizaje automático (18) se realiza basándose en estructuras de red neuronales que comprenden redes prealimentadas y/o redes de Hopfield y/o redes neuronales convolucionales o redes neuronales convolucionales profundas.
- 40 19. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 18, caracterizado por que en el caso de detectar primeros y/o segundos errores de anomalías y dosificación (11121/11122) del dispositivo dosificador (1), la unidad de aprendizaje automático (18) clasifica el patrón de entrada (181) con ayuda de modelos aprendidos y genera correspondientes instrucciones de sistema de expertos.
- 45 20. Procedimiento según la reivindicación 19, caracterizado por que las instrucciones de sistema de expertos generan al menos una instrucción concerniente a la elección a optimizar de silos de materias primas (12) para determinados materiales de los silos y/o instrucciones de limpieza/mantenimiento y mensajes de advertencia sobre ataques de plagas/hongos.
- 50 21. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 20, caracterizado por que en el caso de detectar primeros y/o segundos errores de anomalías y dosificación (11121/11122) del dispositivo dosificador (1), la unidad de aprendizaje automático (18) clasifica el patrón de entrada (181) con ayuda de modelos aprendidos y genera señales de información a un sistema central, en donde el sistema central rastrea correlaciones geográficas y/o topográficas y/o temporales y genera correspondientes mensajes de advertencia/alarma.

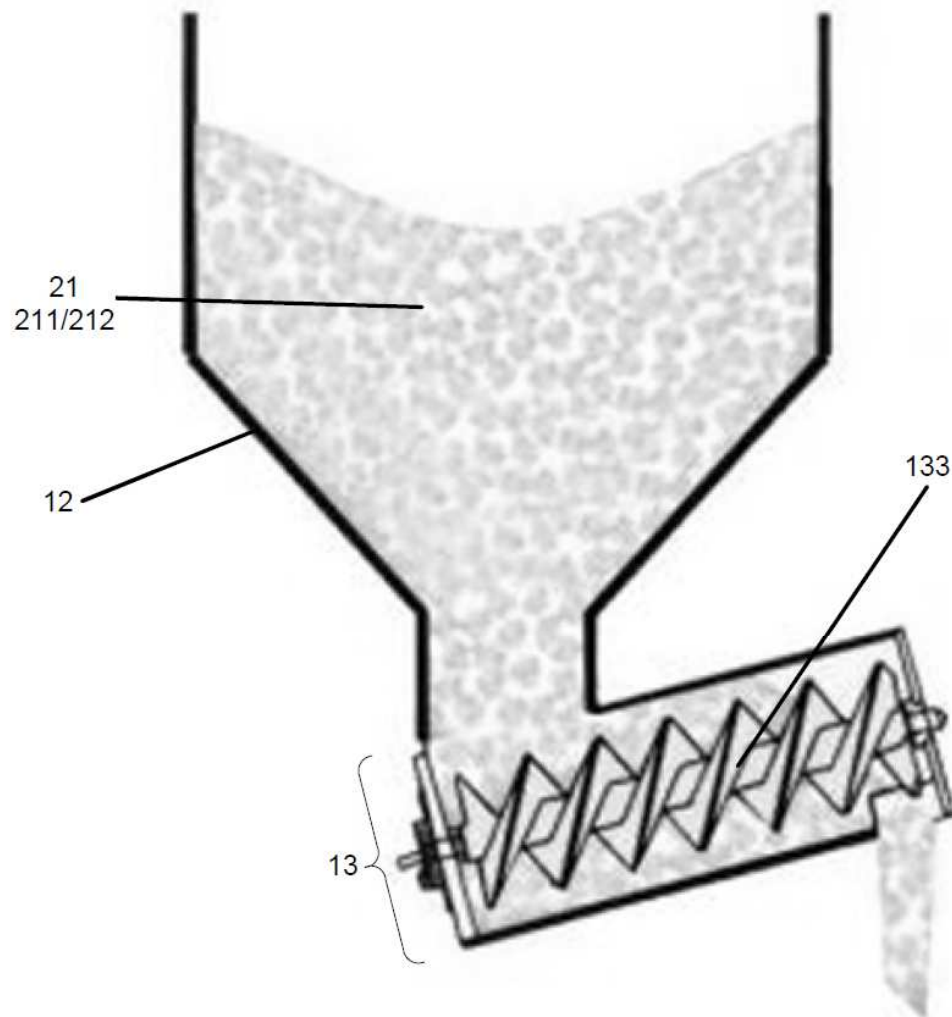


Fig. 1

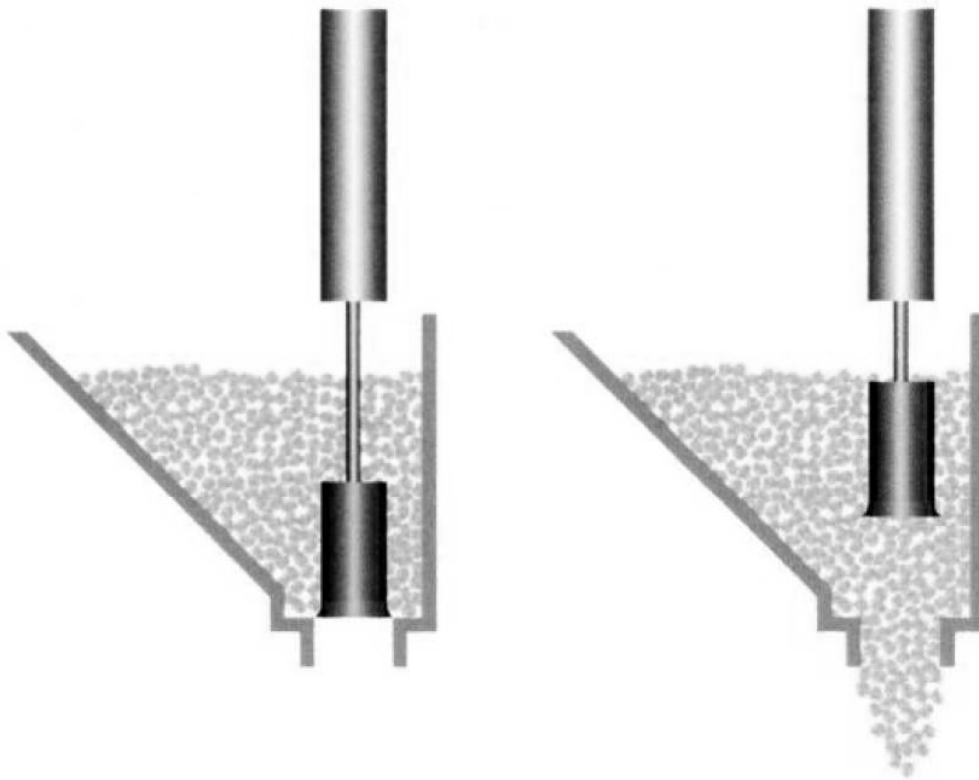


Fig. 2

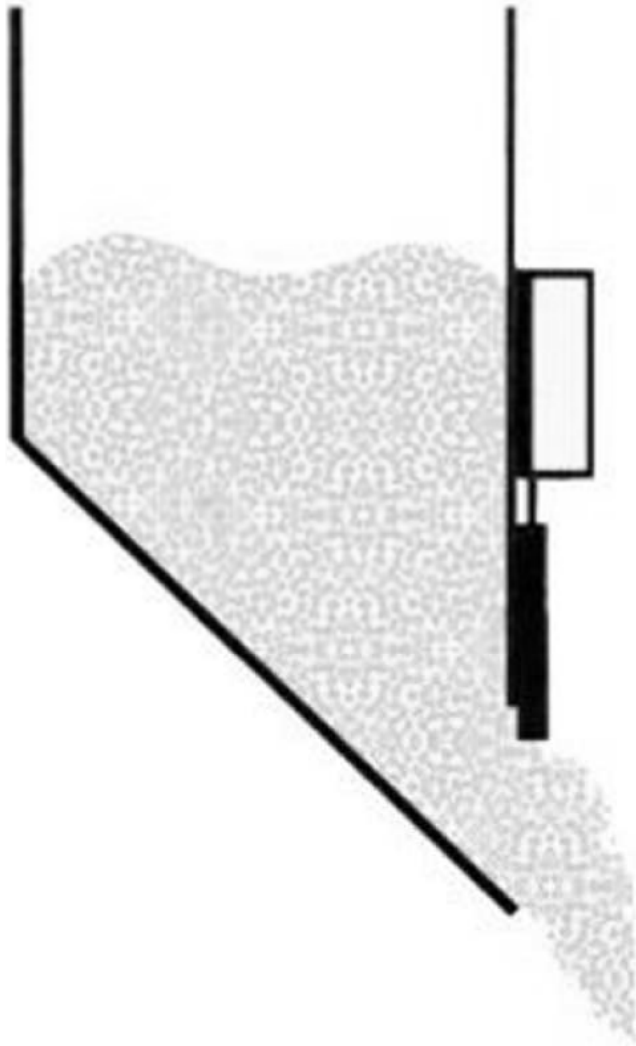


Fig. 3

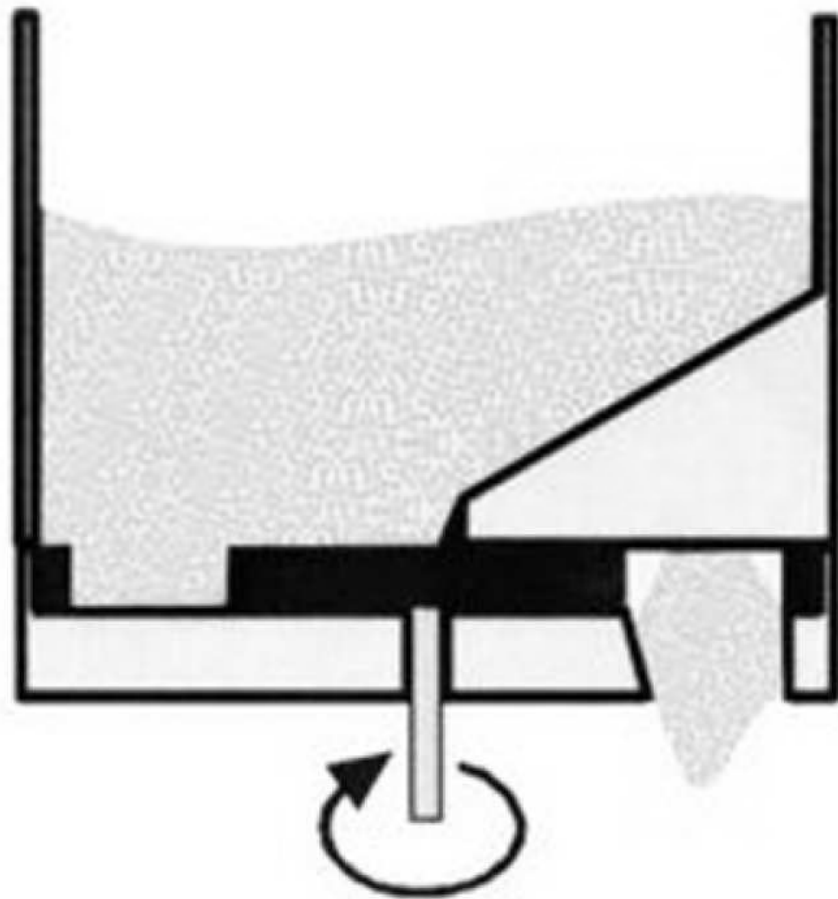


Fig. 4

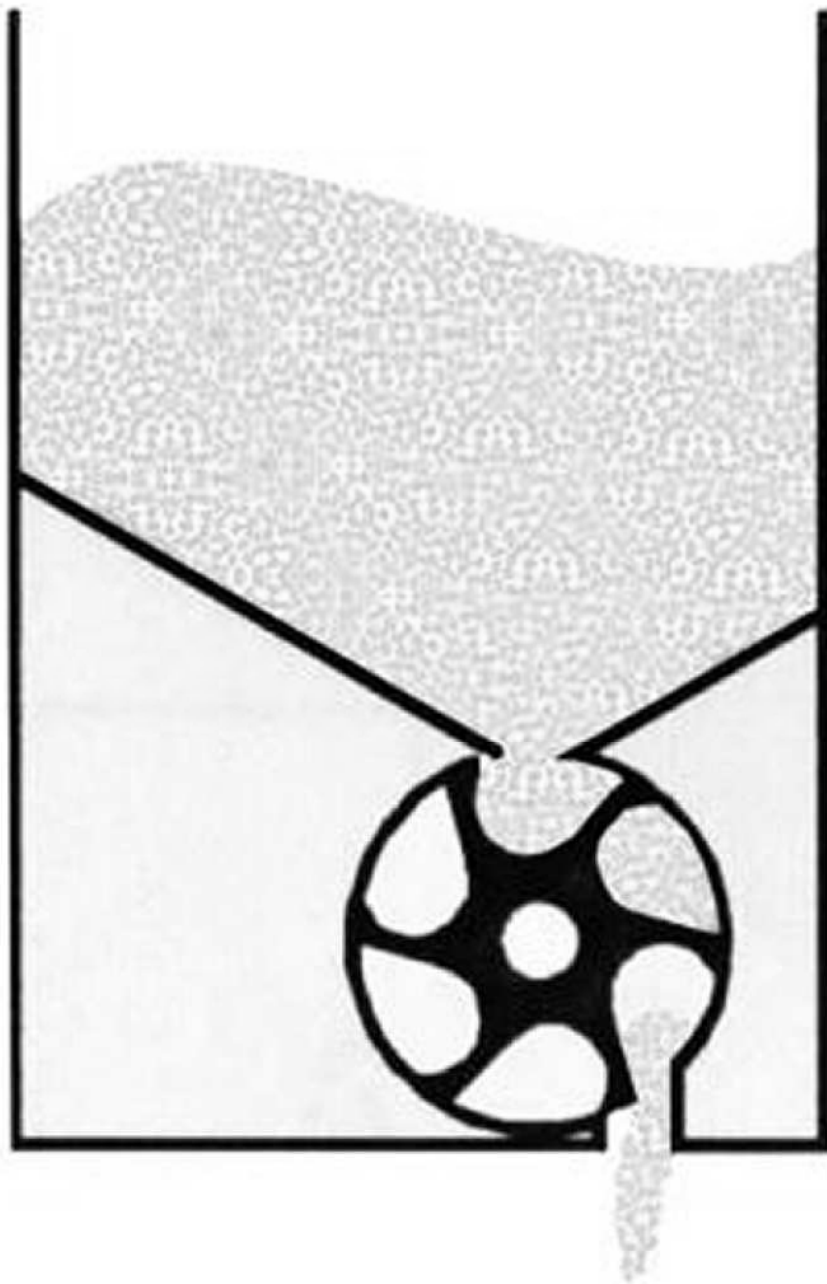


Fig. 5

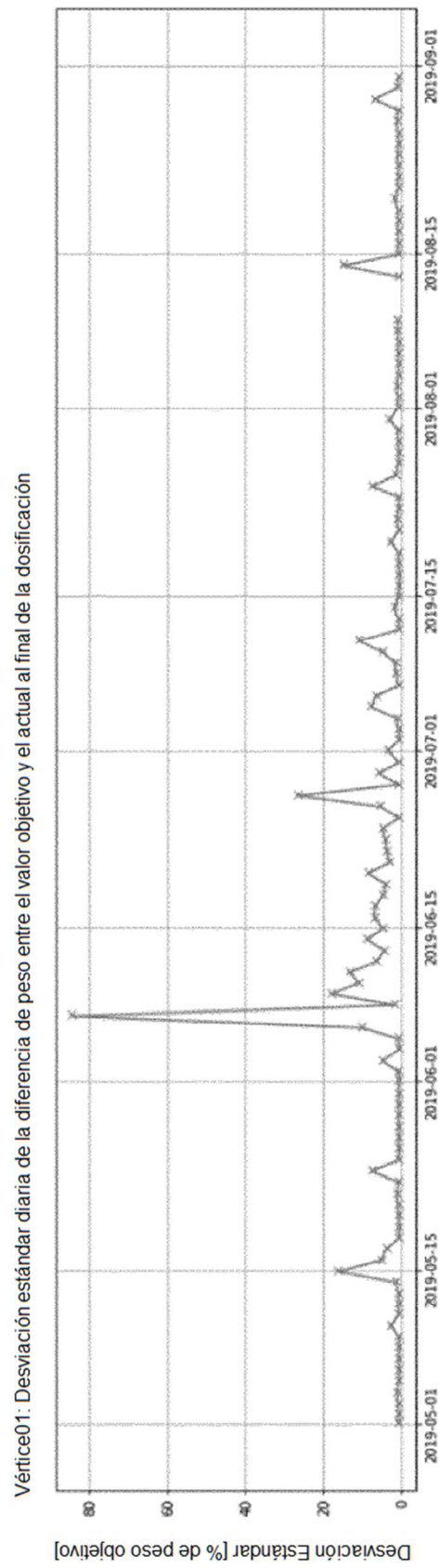


Fig. 6

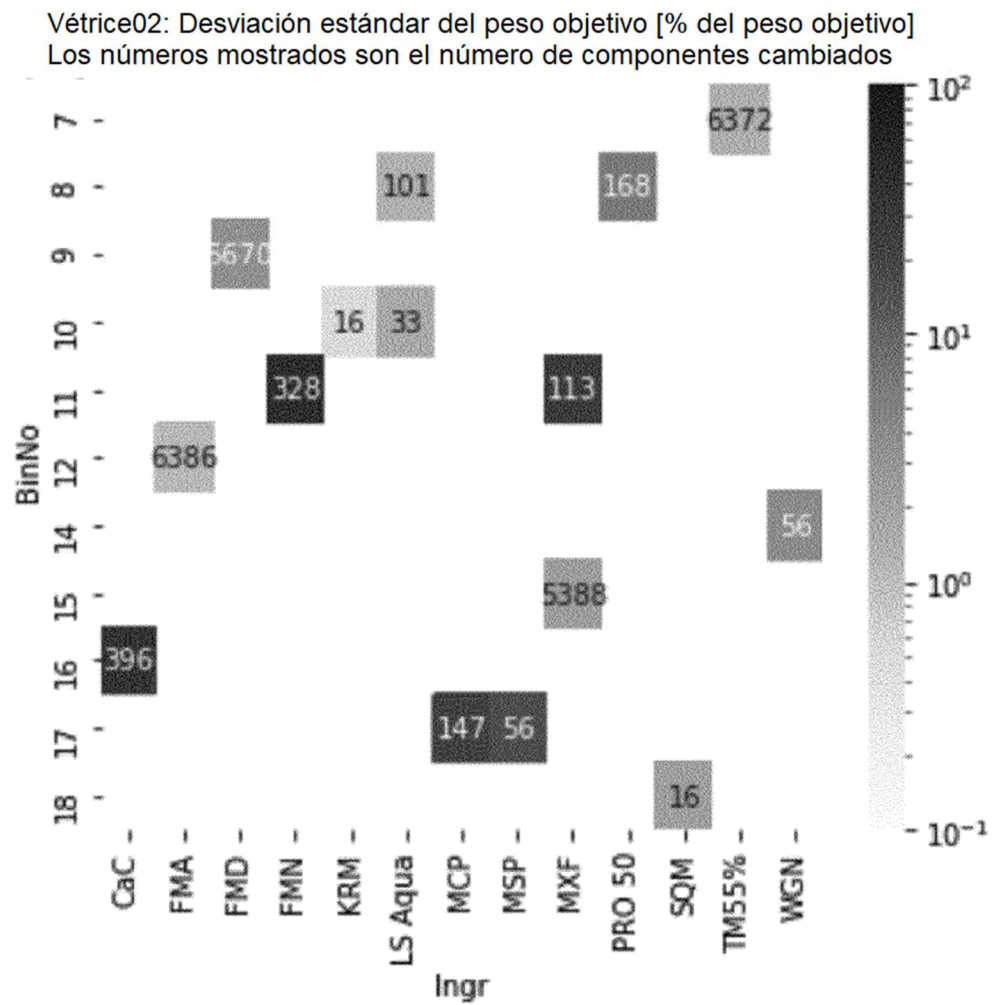


Fig. 7

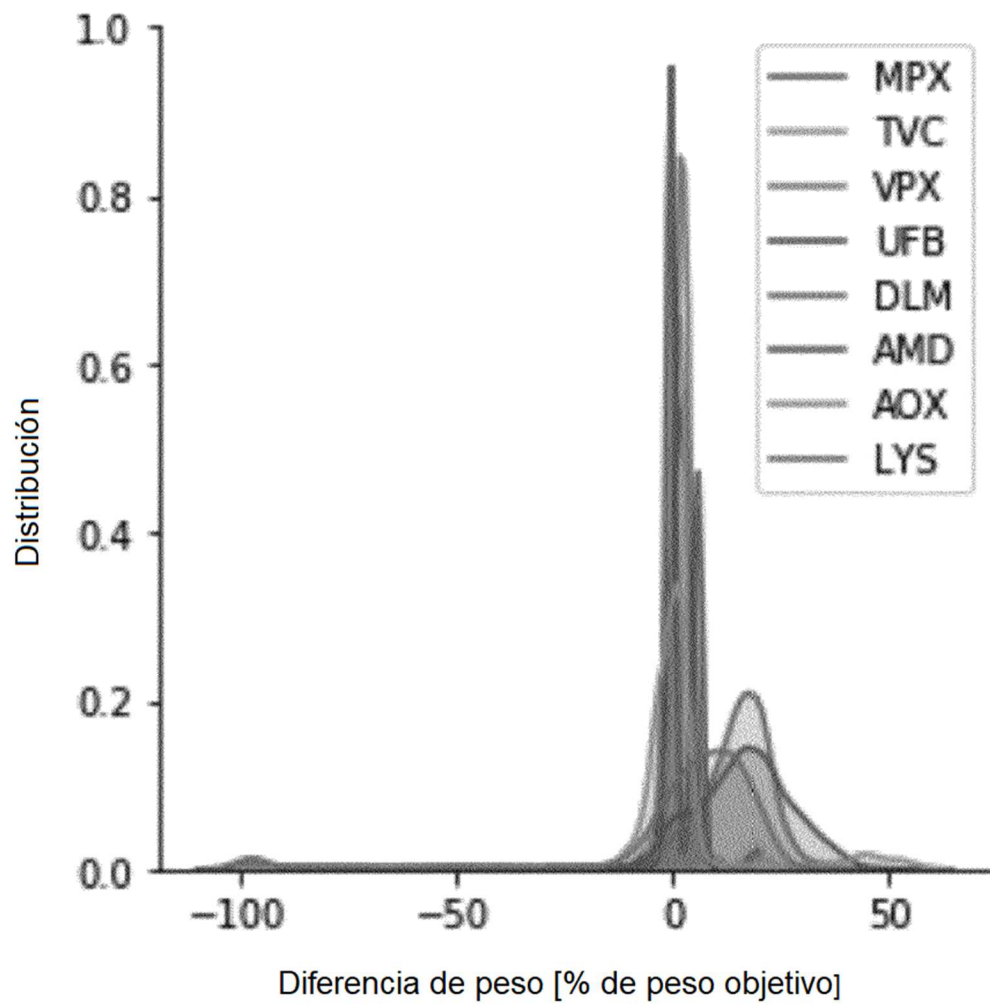


Fig. 8

- **Objetivo**
 - Agrupar series de tiempo de la dosificación de ingredientes para detectar un comportamiento anormal
- **Métodos**
 - Deformación Dinámica del Tiempo (DTW) para calcular la distancia entre las series temporales
 - DBScan para agrupar la matriz de distancias
- **Resultados**
 - Agrupación 1: Comportamiento esperado
 - Agrupación 2: Comportamiento anómalo
- **Referencias**
 - [FastDTW: Toward Accurate Dynamic Time Warping in Linear Time and Space](#)

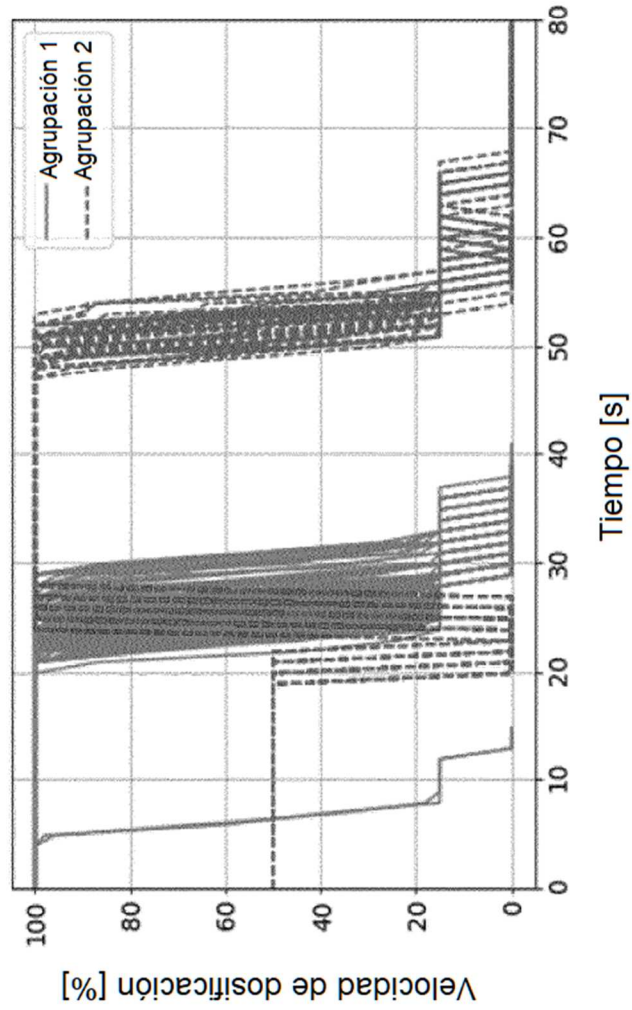
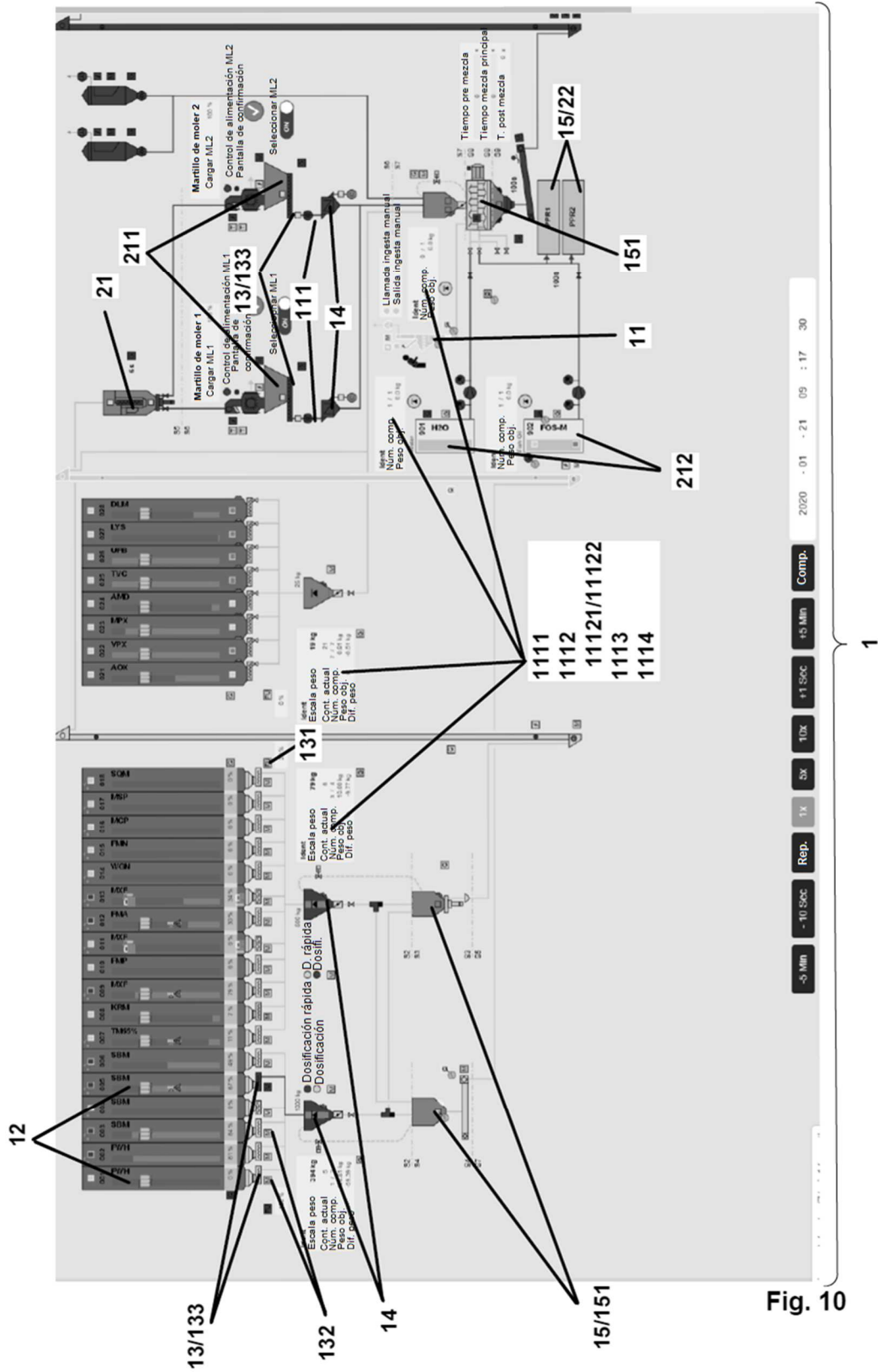


Fig. 9



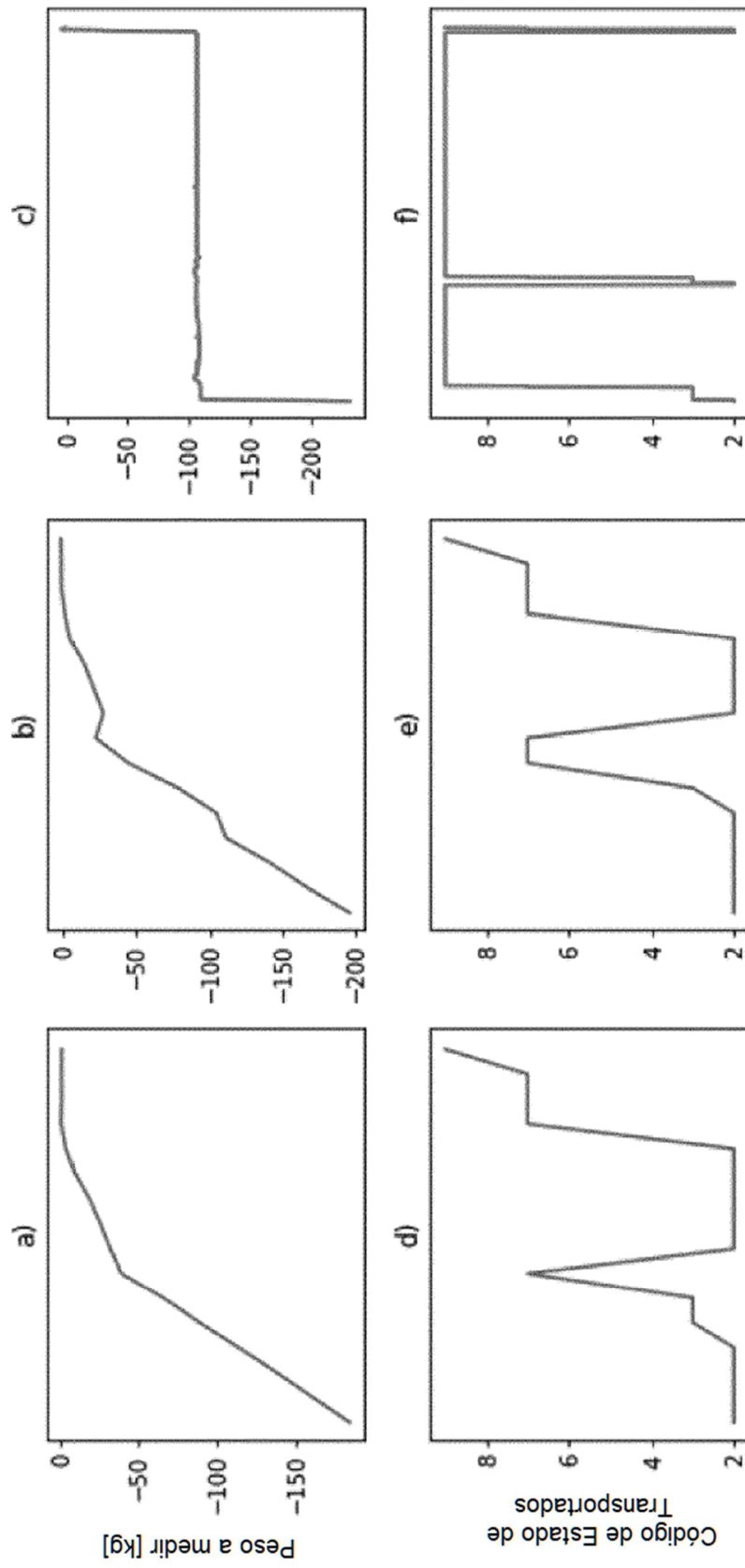


Fig. 11

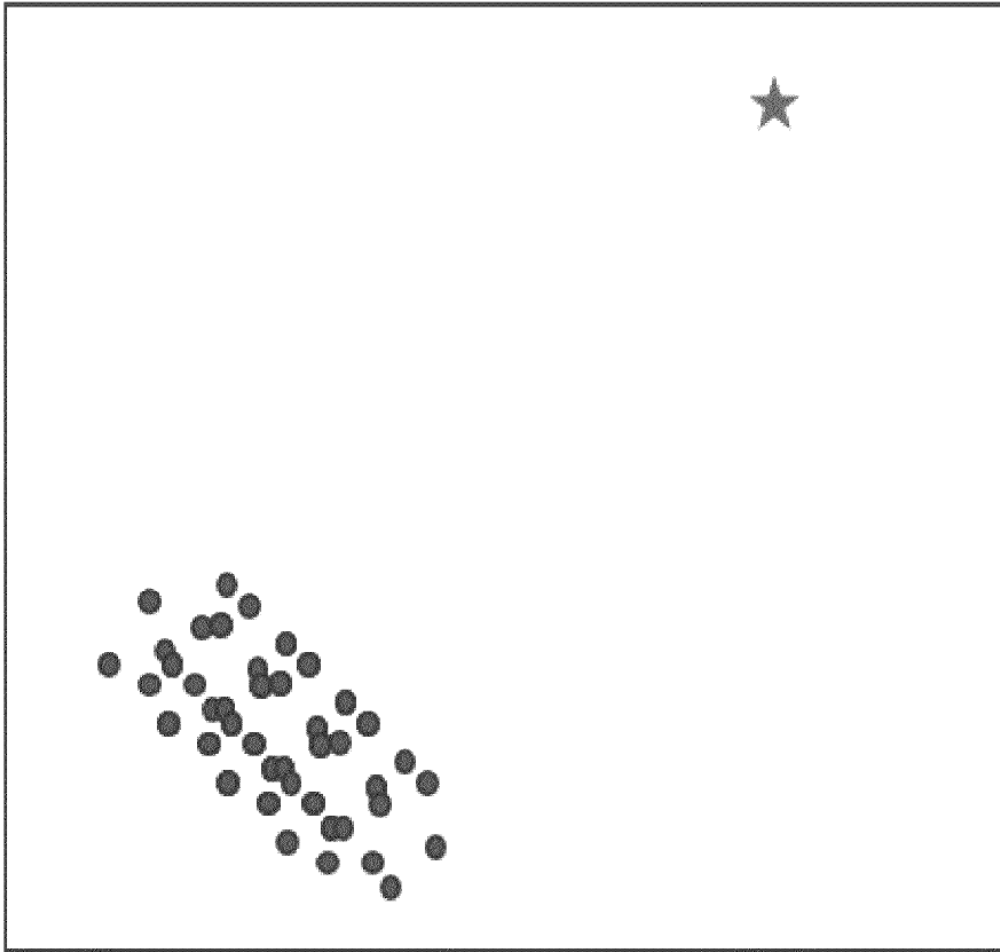


Fig. 12

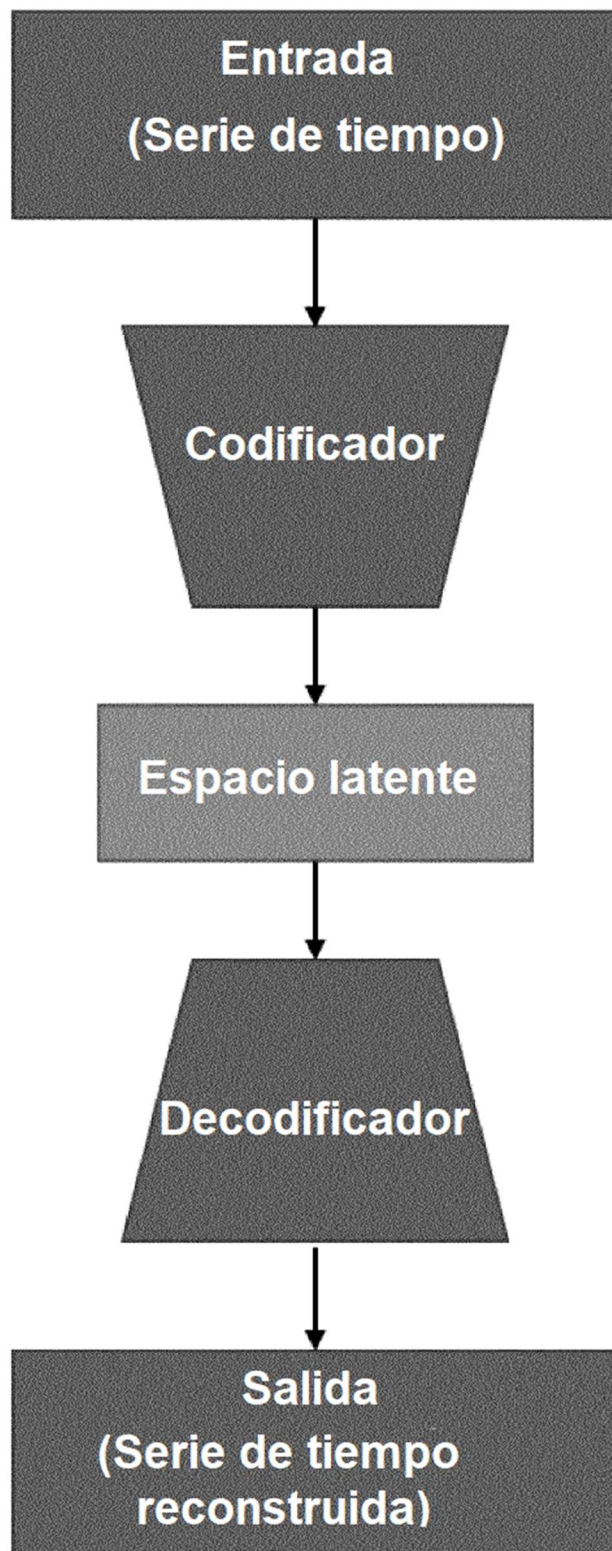


Fig. 13

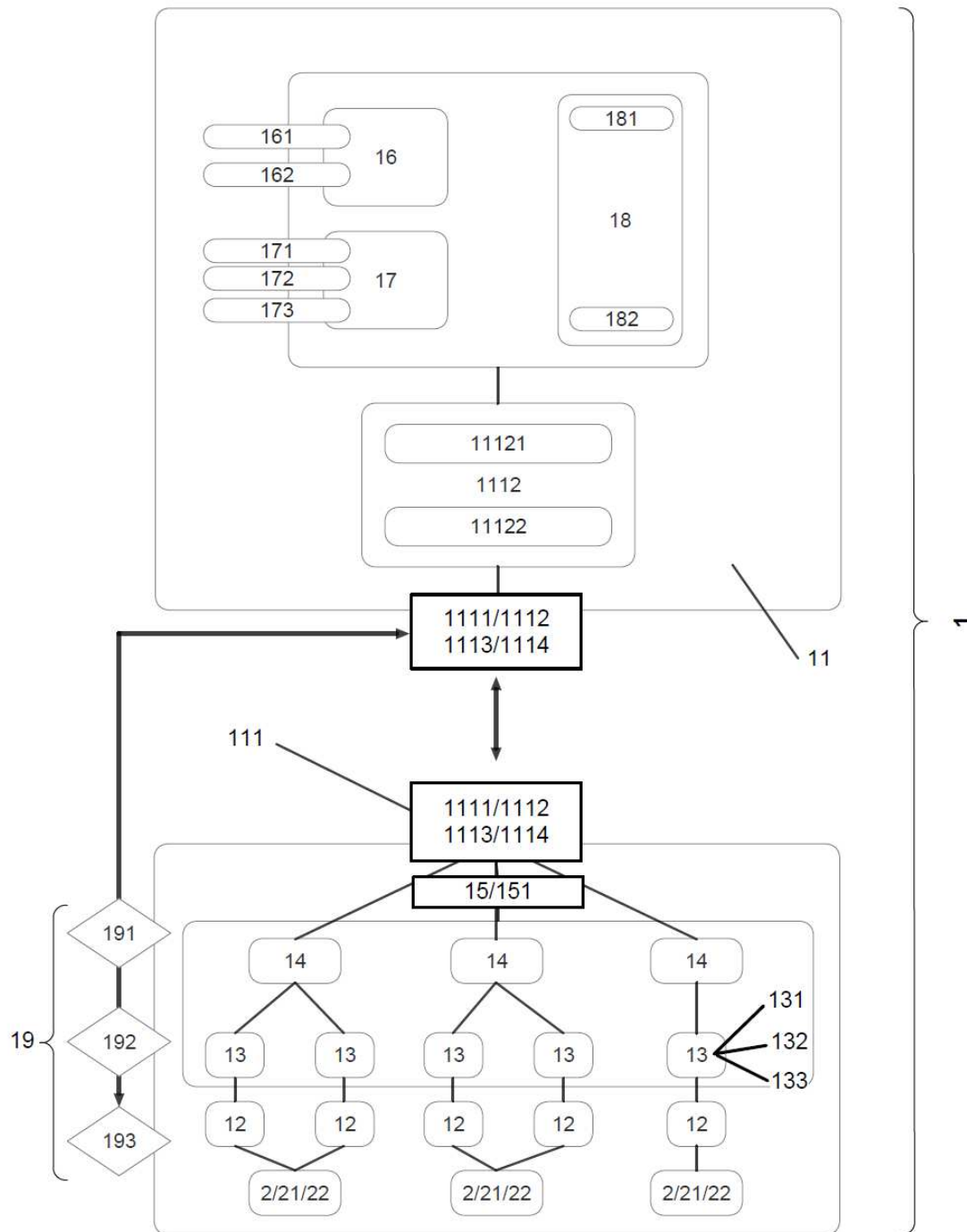


Fig. 14

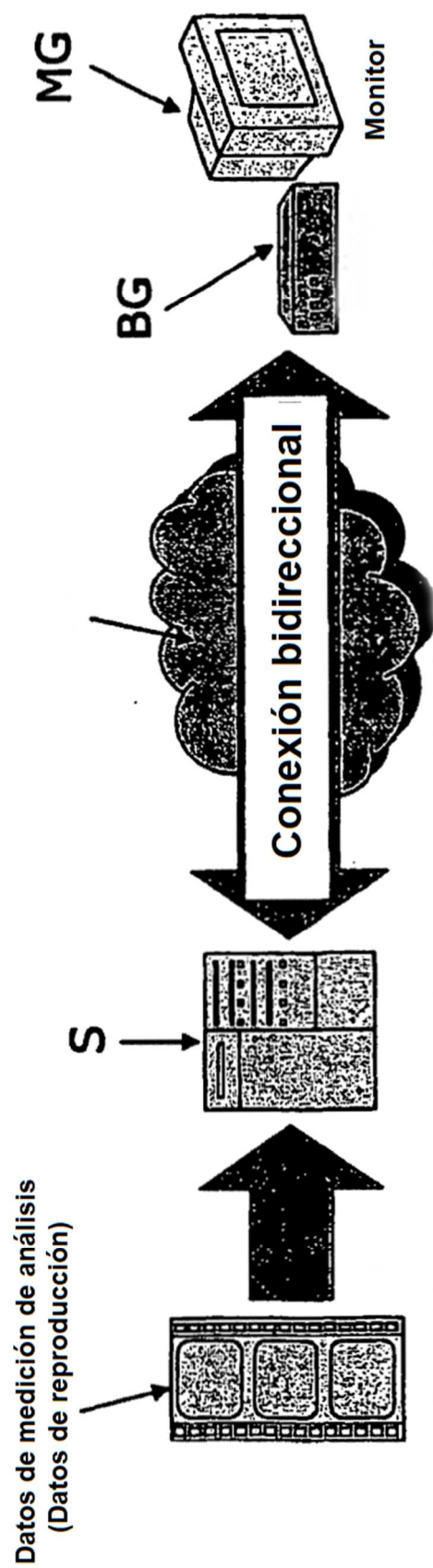


Fig. 15

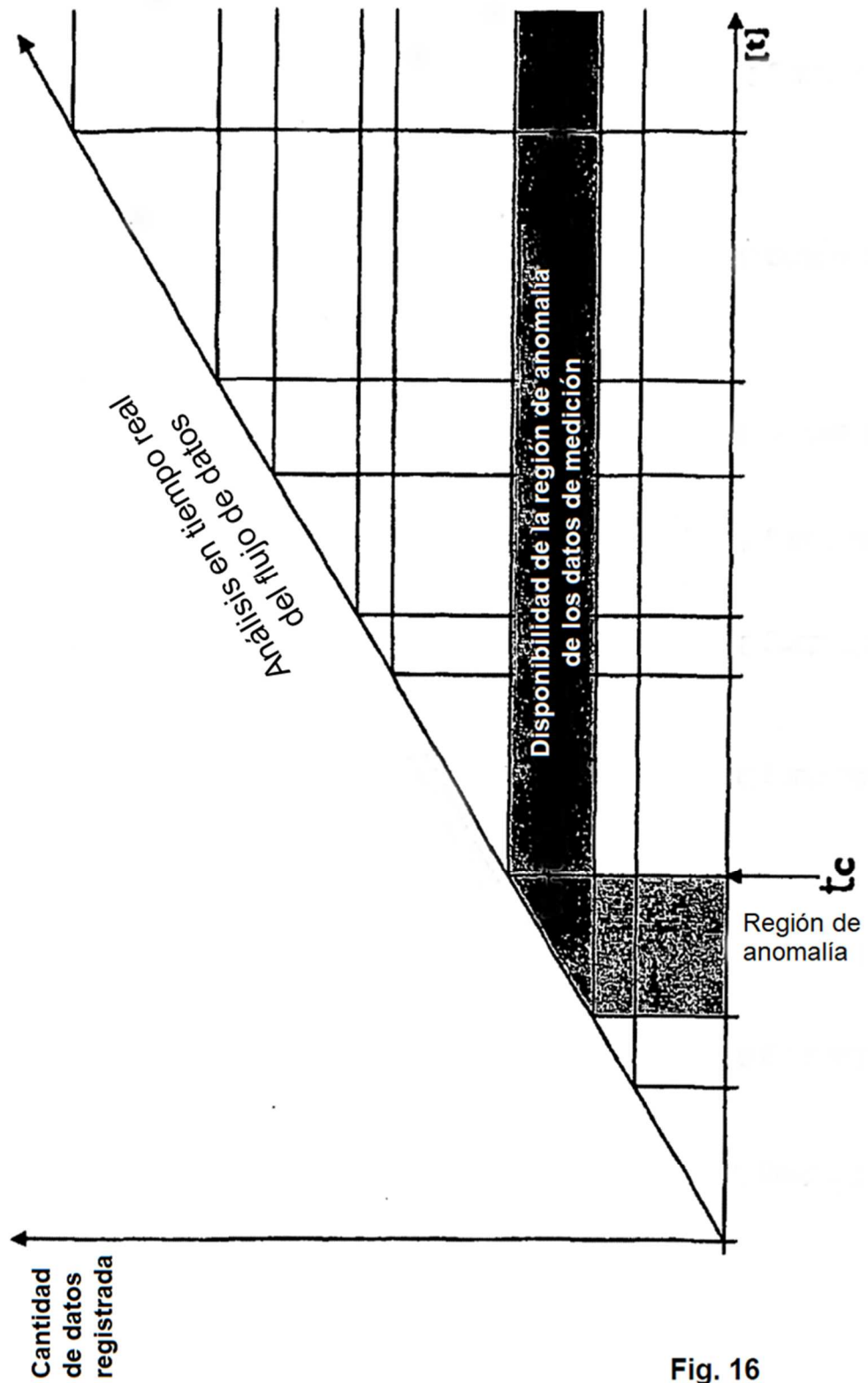
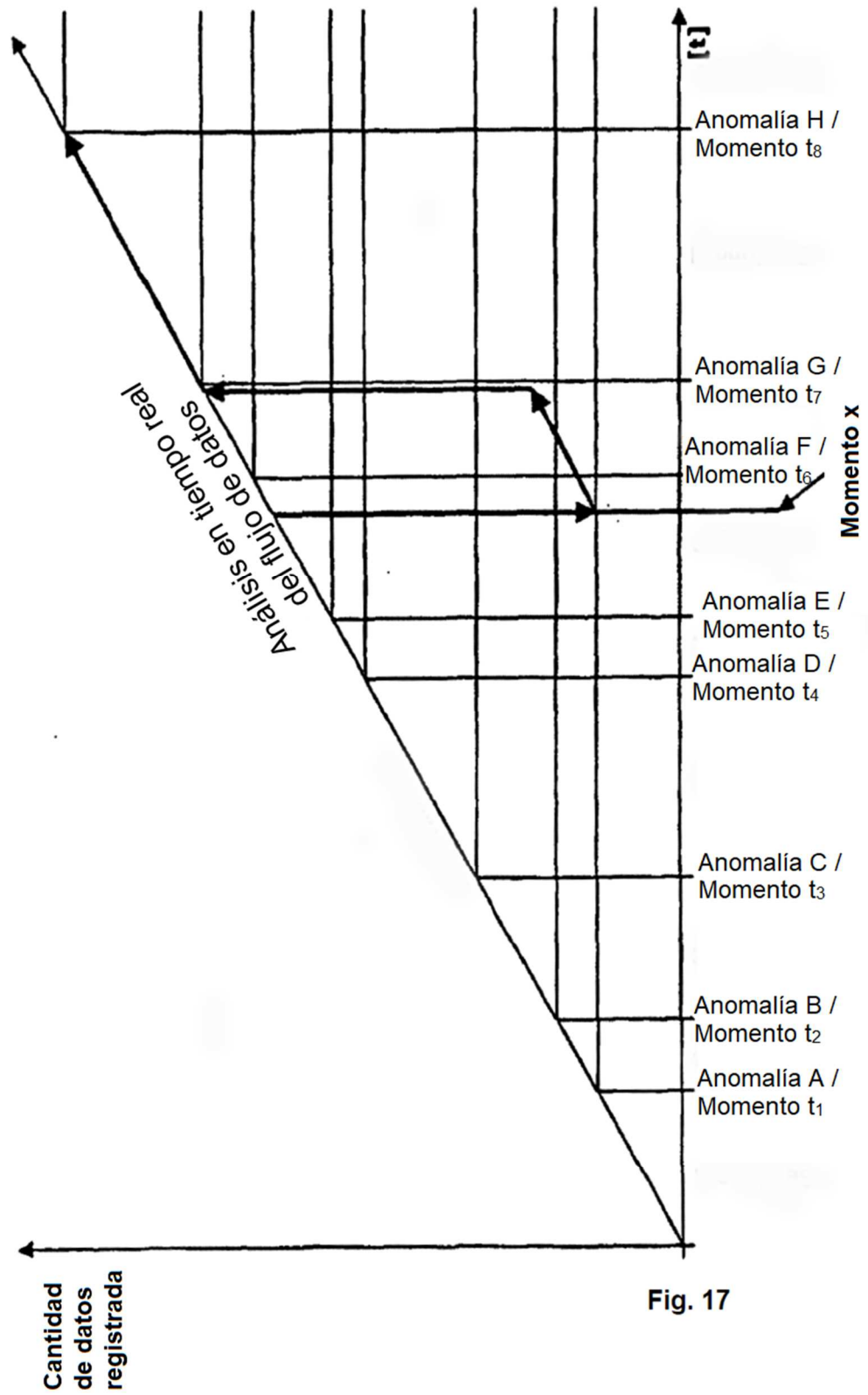


Fig. 16



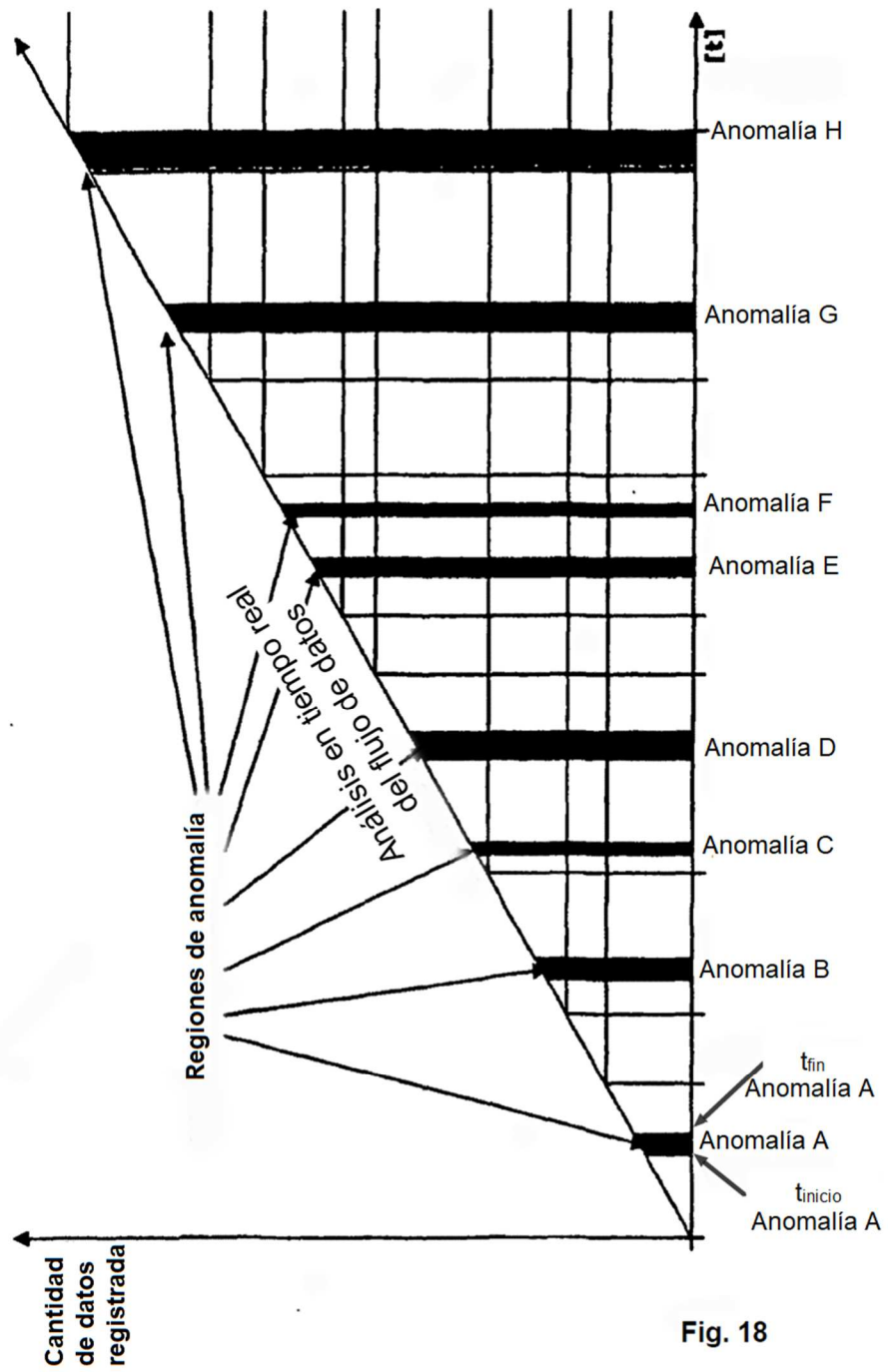


Fig. 18