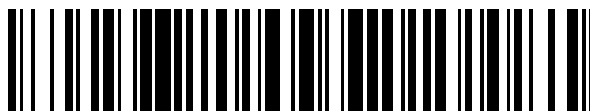


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 596 979**

51 Int. Cl.:

**F26B 25/22** (2006.01)

**F26B 21/08** (2006.01)

**B29B 13/06** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.10.2011** **E 11184496 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.07.2016** **EP 2447655**

54 Título: **Método y planta para deshumidificar material en forma granular**

30 Prioridad:

**26.10.2010 IT PD20100322**

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

**13.01.2017**

73 Titular/es:

**MORETTO S.P.A. (100.0%)  
Via dell'Artigianato, 3  
35010 Massanzago (Padova), IT**

72 Inventor/es:

**MORETTO, RENATO**

74 Agente/Representante:

**LINAGE GONZÁLEZ, Rafael**

**ES 2 596 979 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**

Método y planta para deshumidificar material en forma granular

**5 Campo de aplicación**

La presente invención se refiere a un método y a una planta para deshumidificar material en forma granular, en particular, material granular compuesto de uno o más materiales de plástico.

**10 Estado de la técnica**

En el procesamiento de materiales de plástico, es de particular importancia el tratamiento de deshumidificación de gránulos de material de plástico, realizado antes de la fusión.

15 Como se conoce, debido a su higroscopicidad, los materiales de plástico en forma granular contienen moléculas de agua. Durante la etapa de fusión, las moléculas de agua pueden insinuarse por sí mismas en las cadenas moleculares de los polímeros y romperlas. Esto causa defectos superficiales en los productos finales, burbujas y falta de homogeneidad estructural y de color en detrimento de la calidad del producto final.

20 Los materiales de plástico en gránulos que van a someterse a la deshumidificación se almacenan típicamente en tolvas conectadas de manera impermeable a uno o más dispositivos generadores de aire caliente y seco, en la jerga llamados "secadores", que soplan aire caliente y seco en la tolva.

25 Una vez que ha entrado en la tolva, el aire seco (de aquí en adelante, llamado "aire de proceso") atraviesa la masa de material de plástico en gránulos para deshumidificarse por completo o parcialmente, eliminando la humedad contenida en ellos y saliendo de la tolva a través de un conducto de salida dedicado.

30 Como se sabe, lograr el grado deseado de deshumidificación para un material de plástico granular dado que se someterá más tarde a fusión en una máquina transformadora depende de muchos factores, en particular, del tiempo de residencia del material granular en el interior de la tolva de deshumidificación, el flujo específico de aire de proceso (de aquí en adelante, denominado también "flujo de aire específico") enviado a la tolva, la temperatura de procesamiento y el comportamiento termo-fluido-dinámico asociado con la interacción entre la corriente de aire de proceso y el material de plástico granular, dependiente de la geometría de la tolva.

35 Se entiende que el tiempo de residencia  $\tau$  se refiere a la relación entre la cantidad de material en el interior de la tolva y la producción por hora impuesta por la máquina transformadora.

40 Dependiendo del grado de deshumidificación requerido para un material granular dado que vaya a tratarse, los gránulos de material deben permanecer en el interior de la tolva durante cierto intervalo específico de tiempo, a cierta temperatura de proceso, tal como para permitir la difusión de las moléculas de agua desde el interior de los gránulos hacia el exterior.

45 Como se conoce, la práctica aceptada requiere que el tiempo de residencia del material granular que va a tratarse se establezca a "priori" sobre la base de los valores tabulares en la literatura, variables de acuerdo con el tipo de material. El volumen de la tolva se calcula sobre la base del supuesto tiempo de residencia y de la producción por hora de material que va a tratarse (impuesto por la máquina transformadora que debe servir la tolva). A partir de esto se deriva que el tiempo de residencia no puede considerarse como variable del sistema, sino más bien como un parámetro prefijado.

50 Para modificar el grado de humedad residual que el material granular presenta al final del tratamiento de deshumidificación, las características del aire de proceso se hacen actuar sobre, modificando el flujo de aire específico, la temperatura y/o la temperatura del punto de rocío.

55 En dicho sentido, cabe destacar que la temperatura del punto de rocío se define como la temperatura a la que, a presión constante, se satura el aire (o más específicamente la mezcla aire-vapor) con vapor de agua. La temperatura del punto de rocío se relaciona obviamente con la humedad relativa del flujo de aire.

60 Tradicionalmente, el proceso de deshumidificación se gestiona, por lo tanto, sobre la base de las condiciones estándar presentadas en la literatura para los tipos de material diferentes que van a tratarse.

El documento EP 2224196 A1 divulga una planta de deshumidificación de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 14. Se divulga además un método para deshumidificar material en forma granular, en particular, materiales de plástico, que comprende las etapas de funcionamiento siguientes:

65 a) disponer una planta de deshumidificación (1) que comprende al menos una tolva (10) para contener el material granular para deshumidificarse, que tiene una boca de alimentación (11) y una boca de salida (12), y

al menos un generador de aire seco (20), conectado de forma fluida a los medios (30) para distribuir un flujo de aire seco en el interior de dicha tolva (10);

b) cargar el material granular en dicha tolva a través de dicha boca de alimentación;

c) entrar el grado de humedad final deseada del material granular;

d) calcular, sobre la base de los valores de la humedad del material granular, la capacidad de deshumidificación del flujo de aire seco a través de la tolva necesaria para alcanzar los valores de humedad predefinidos en el material granular que sale de la tolva, fijándose el tiempo de residencia del material granular en el interior de la tolva;

e) generar un flujo de aire seco a través de dicha tolva (10) que tiene una capacidad de deshumidificación calculada en la etapa de cálculo d).

A causa de la variabilidad de las condiciones en las que el proceso de deshumidificación tiene lugar en el interior de la tolva (por ejemplo, relativo a la dinámica termo-fluida en el interior de la tolva), la deshumidificación puede no mostrarse completamente satisfactoria, con un grado de humedad residual en el material tratado sobre el límite máximo aceptable.

En general, para superar este problema, la capacidad de deshumidificación del proceso de aire tiende a aumentarse prudencialmente en comparación con las condiciones estándar previstas, aumentando el flujo específico y la temperatura y/o disminuyendo el contenido de humedad del aire de proceso (es decir, reduciendo la temperatura de punto de rocío). Obviamente, esto tiene como consecuencia una reducción de la eficiencia energética del proceso.

Se han propuesto soluciones de plantas que prevén regular las variables del sistema sobre la base del grado de humedad residual detectada en el material que sale de la tolva, después del tratamiento de deshumidificación, como se enseña en la solicitud de patente estadounidense publicada como US 2007/0277392.

Más con detalle, un sensor de detección de la humedad del material granular está colocado en la boca de salida de la tolva, a fin de regular en la retroalimentación las variables de proceso.

Sin embargo, este sistema, aunque mejora el control del proceso de deshumidificación, no es todavía totalmente satisfactorio. La regulación propuesta, de hecho, no tiene un beneficio instantáneo en la calidad del material tratado. El material que sale de la tolva, por lo tanto, puede no caer dentro de los límites de tolerancia requeridos.

Además, se somete ampliamente a fenómenos de inestabilidad. De hecho, puede ocurrir que, por motivo de la variabilidad de las condiciones en las que tiene lugar el proceso, debido a las características del material granular tratado y a la dinámica termo-fluida, los ajustes de los parámetros impuestos por el sistema se muestren opuestos a los realmente necesarios.

#### **Presentación de la invención**

En consecuencia, el propósito de la presente invención es superar los inconvenientes de la técnica anterior descritos anteriormente, proporcionando un método de deshumidificación de material en forma granular, que permita que se logren valores de humedad residual del material granular correspondientes a los predefinidos, incluso en presencia de condiciones de proceso variables.

Un propósito adicional de la presente invención es proporcionar un método de deshumidificación de material en forma granular, que permita que la eficiencia energética se mantenga alta, incluso en presencia de condiciones de proceso variables.

Un propósito adicional de la presente invención es proporcionar una planta de deshumidificación para materiales de plástico granulares, que permita que se logren valores de humedad residual del material granular correspondientes a los predefinidos, incluso en presencia de condiciones de proceso variables.

Un propósito adicional de la presente invención es proporcionar una planta de deshumidificación para materiales plásticos granulares que tenga alta eficiencia energética en diferentes condiciones de funcionamiento.

Un propósito adicional de la presente invención es proporcionar una planta de deshumidificación para materiales de plástico granulares, que sea sencilla y económica de realizar.

**Breve descripción de los dibujos**

5 Las características técnicas de la invención, de acuerdo con los propósitos citados anteriormente, pueden verse claramente a partir del contenido de las reivindicaciones siguientes y las ventajas de las mismas se harán más claramente comprensibles a partir de la descripción detallada a continuación, hecha con referencia a los dibujos adjuntos, que muestran uno o más modos de realización por medio de ejemplos no limitativos, en los que:

10 la figura 1 muestra un diagrama de una planta de deshumidificación hecha de acuerdo con un primer modo de realización de la invención;

la figura 2 muestra un diagrama de una planta de deshumidificación hecha de acuerdo con un segundo modo de realización preferido de la invención;

15 la figura 3 muestra un diagrama de flujo de la lógica de control usada en el método de deshumidificación de acuerdo con una aplicación preferida de la invención.

**Descripción detallada**

20 La presente invención se refiere a un método y a una planta para deshumidificar material en forma granular, en particular, materiales de plástico granulares.

25 Aquí y en lo sucesivo en la descripción y en las reivindicaciones, por el término "granular" se entiende que, generalmente, incluyen materiales en cualquier forma, tales como en forma de gránulos, polvo o copos. De esa manera, se están incluyendo también pequeños copos, láminas o placas producidos mediante la molienda-trituración de material de plástico en placas, láminas o películas y similares.

30 En la descripción y en las reivindicaciones, se hará referencia a un flujo de aire como fluido de proceso para realizar la deshumidificación del material granular. Se entiende que dicho proceso de expresión no se refiere exclusivamente al uso de aire, pero también incluye el uso de otros fluidos de tratamiento adecuados para el propósito.

35 Se entiende que el término "tolva" se refiere más bien a cualquier tipo de contenedor, no pocas veces también llamado silo, conformado de formas diferentes en su sección transversal, por ejemplo, con una sección transversal circular, cuadrada o rectangular, y terminando en la parte inferior con una sección cónica dotada con una boca de salida especializada, usualmente controlada por una válvula de salida especializada.

40 En aras de la simplicidad, la planta se describirá en primer lugar y luego el método de deshumidificación de acuerdo con la invención.

La planta de acuerdo con la presente invención se indica globalmente por el número de referencia 1 en los dibujos adjuntos.

45 De acuerdo con un modo de realización general de la invención, la planta de deshumidificación 1 comprende:

- al menos una tolva 10 para contener el material granular que va a deshumidificarse que tiene una boca de alimentación 11 y una boca de salida 12;

50 - al menos un generador de aire seco 20 conectado de forma fluida a los medios 30 para distribuir el aire seco en el interior de la tolva 10.

55 De forma ventajosa, la planta 1 puede ser del tipo de múltiples tolvas. En dicho caso, la regulación del flujo de aire seco requerido para cada tolva puede regularse por medio de una válvula colocada en el conducto de suministro relativo a cada tolva, como se enseña en la solicitud de patente europea publicada como EP 2224196 a nombre del solicitante.

60 Preferentemente, como se ilustra en las figuras 1 y 2, la planta 1 comprende al menos un dispositivo de alimentación (o receptor) 13 por medio del que se carga el material granular en la tolva 10 hasta un nivel predefinido. El dispositivo de alimentación 13 es uno de los extremos del sistema para el transporte neumático (por ejemplo, en presión negativa) del material granular, conectado a uno o más silos de almacenamiento del material (no mostrado).

65 El generador de aire seco 20 puede ser de cualquier tipo. Preferentemente, el generador de aire seco 20 es del tipo que comprende medios absorbentes, tales como tamices moleculares. El generador puede ser del tipo torre individual o del tipo dos o más torres 26 con medios absorbentes (como se muestra en las figuras 1 y 2) que se alternan entre sí en las etapas de regeneración y funcionamiento.

- 5 El generador está dotado con medios de ventilación 21 (tal como un soplador) capaces de generar un flujo de aire a pesar de los medios absorbentes que van a enviarse en el interior de la tolva después de que se hayan deshumidificado. Los medios de ventilación (de presurización o de bombeo de aire) consisten, por ejemplo, en uno o más sopladores 21, dotados con medios de variación de la velocidad de rotación 22 de cualquier tipo adecuado, preferentemente de tipo electrónico, tal como un inversor de cualquier tipo adecuado, que está especializado en variar la frecuencia de la fuente de alimentación al motor del soplador 21, a fin de ser capaz de modular el índice de flujo del aire seco generado.
- 10 El generador 20 está conectado de forma fluida a la tolva 10 por un conducto de suministro 23 que sale en un inserto de difusor 30 (que constituye los medios mencionados anteriormente de distribución del aire) colocado en el interior de la tolva 10.
- 15 Más con detalle, dicho difusor 30 puede consistir en un tubo 31 conectado en un extremo al conducto de suministro 23 y que conduce en el otro extremo a un cono difusor 32 colocado en la zona inferior de la propia tolva. El difusor tiene una pluralidad de orificios, a través de los que se alimenta el aire (caliente) y seco en la tolva y se difunde en una multiplicidad de sentidos a fin de lograr y, de esa manera, deshumidificar todo el material granular contenido en el interior de la tolva. El flujo de aire va contracorriente con respecto al flujo de material granular que sale de la tolva, para garantizar el mayor grado posible de deshumidificación del material a punto de procesarse.
- 20 Preferentemente, una unidad de calentamiento 24 está colocada a lo largo del conducto de suministro 23 para calentar el flujo de aire a la temperatura de procesamiento deseada.
- 25 Una vez que el flujo de aire ha atravesado el material plástico granular (desde el fondo hasta la parte superior) y ha alcanzado la parte superior de la tolva, el aire de escape (es decir, cargado con la humedad absorbida del material granular) fluye dentro de un conducto de retorno 25 para retornar una vez más al generador de aire seco 20.
- 30 De acuerdo con el modo de realización de la planta 1 mostrada en las figuras 1 y 2, el generador de aire seco 20 está colocado cerca de la tolva 10 y, por lo tanto, cerca de la máquina de procesamiento M que la tolva sirve. Dicha situación puede surgir, por ejemplo, en el caso en el que se proporcione para cada tolva un sistema de deshumidificación independiente con el generador de aire seco relativo. De acuerdo con modos de realización alternativos no mostrados en los dibujos adjuntos, es posible prever que el generador 20 está
- 35 colocado distante de la tolva en una zona especializada.
- De acuerdo con un aspecto esencial de la invención, la planta de deshumidificación 1 comprende al menos un primer dispositivo de medición 40 de la humedad del material granular.
- 40 Dicho primer dispositivo 40 está colocado en la boca de alimentación 11 de la tolva 10 para medir el grado de humedad inicial del material granular que entra en la tolva 10.
- 45 Como se describirá más adelante, al describir el método de deshumidificación de acuerdo con la presente invención, la presente invención se basa en el hecho de que, desde un punto de vista operativo, es fundamental considerar el grado de humedad inicial cO del material que entra en la tolva de modo a fin de controlar y regular adecuadamente el proceso de deshumidificación.
- 50 Esto es en el sentido opuesto a lo que hasta ahora se ha aplicado en la técnica anterior, donde, para cada tipo de material granular, el grado de humedad inicial se considera constante y, como máximo (como en la solicitud de patente estadounidense mencionada anteriormente US 2007/0277392), se dirigió el control de retroalimentación del grado residual de humedad cO del material granular que sale de la tolva, con todas las limitaciones descritas.
- 55 De forma experimental, el solicitante ha sido capaz de verificar que las variaciones en el grado de humedad inicial cO en el material granular del mismo tipo no son tan infrecuentes y pueden conducir, en el mejor de los casos, al consumo excesivo de energía y, en el peor, al material que sale de la tolva que no se deshumidifica lo suficientemente.
- 60 Al ser iguales las condiciones de tratamiento de deshumidificación, los materiales granulares con diferente humedad inicial implican diferentes tiempos de liberación de humedad. Si el material que va a tratarse tiene un contenido inicial de humedad superior al estándar, el material granular mencionado anteriormente debe suministrarse con una energía mayor, aumentando, por ejemplo, el flujo de aire y/o la temperatura de proceso. A la inversa, si el material de partida tiene un contenido de humedad inicial inferior al estándar, puede reducirse la energía que va a suministrarse a la red, lo que reduce el flujo de aire y/o temperatura de proceso,
- 65 consiguiendo de esa manera un ahorro de energía.

Para dicho propósito, la planta 1 comprende al menos una unidad de control electrónico 50 que regula el funcionamiento del generador de aire seco 20 sobre la base de los valores de humedad inicial del material granular medido por el primer dispositivo 40 citado anteriormente como una función de los valores de humedad residual predefinidos que debe tener el material granular que sale de la tolva 10.

5

Preferentemente, la unidad de control electrónico 50 mencionada anteriormente regula el funcionamiento del generador de aire seco 20 para variar el valor del índice específico de flujo de aire seco enviado a la tolva y/o la temperatura de dicho aire seco y/o el contenido de humedad de dicho aire seco de acuerdo con una lógica de ahorro de energía.

10

En particular, el índice específico se varía actuando sobre la ventilación 21 por medio de los medios de variación de velocidad 22. El contenido de humedad del flujo de aire seco (medido con la temperatura de punto de rocío, trocío) puede regularse variando según sea necesario el flujo de aire que pasa a través de los medios absorbentes, por ejemplo, haciendo que una parte del flujo de aire desvíe el tamiz molecular de las torres de deshumidificación. La temperatura del flujo de aire se regula actuando sobre la unidad de calentamiento.

15

De acuerdo con un modo de realización preferido ilustrado en la figura 2, la planta 1 comprende al menos un segundo dispositivo de medición 60 de la humedad del material granular.

20

Dicho segundo dispositivo 60 está colocado en la boca de salida 12 de la tolva 10 para medir el grado de humedad residual del material granular que deja la tolva 10.

25

Operativamente, como se describirá con más detalle a continuación describiendo el método de acuerdo con la presente invención, la unidad de control electrónico 50 citada anteriormente regula también el funcionamiento del generador de aire seco 20 sobre la base de los valores de humedad residual del material granular medido por el primer dispositivo 40.

30

Los dos dispositivos de medición de contenido de humedad 40, 60 puede basarse en uno o más de los diversos métodos de medición, conocidos en la técnica anterior, tales como: resonancia de microondas, espectrometría de infrarrojos o cerca de infrarrojos, analizadores de resonancia magnética nuclear, métodos conductimétricos, métodos dieléctricos, métodos manométricos, etc.

Preferentemente, los dos dispositivos de medición 40, 60 son del tipo resonancia de microondas.

35

Más específicamente, el dispositivo de medición de resonancia de microondas puede estar compuesto de un resonador abierto en  $\lambda/4$  o  $\lambda/2$  con la propagación de modo que tiene el campo eléctrico y el campo magnético en el plano transversal al sentido de propagación (TEM).

40

El material granular (antes de entrar en la tolva o después de salir de la tolva) atraviesa la cámara o cavidad resonante, que, en el caso del primer dispositivo, está colocada, por ejemplo, entre el dispositivo de alimentación y la parte superior de la tolva. Dicha cámara o cavidad resonante puede tener una sección transversal circular, cuadrada o rectangular o cualquier otra forma conocida en la técnica anterior. Más específicamente, el dispositivo 40, 60 puede estar dotado de forma ventajosa de una puerta (no mostrada en las figuras) adecuada para cerrar la cámara en la parte inferior a fin de permitir que una muestra de material permanezca en el interior de la misma y realizar una medición de tipo estático. De aquí en adelante, se toma la expresión "cámara cerrada" para referirse a este modo de uso del dispositivo.

45

La conjugación del campo electromagnético, que funciona en el intervalo de frecuencia de microondas, y del material granular que pasa a través de la cámara o cavidad resonante determina una frecuencia resonante  $f$  y el factor de mérito  $Q$  de dicho resonador, que se refieren al valor de humedad del material que pasa a través de la misma.

50

Una medición de la humedad del material granular en el conducto, antes o después del tratamiento de deshumidificación, realizada con un dispositivo del tipo descrito anteriormente trae ventajas considerables, en particular, la medición no invasiva del material que va a procesarse (la radiación electromagnética no tiene ningún tipo de efecto de degradación en el polímero) y los tiempos de medición instantáneos al orden de unos pocos segundos.

55

De forma ventajosa, los dos dispositivos de medición 40 y 60 pueden funcionar en intervalos de medición diferentes. En particular, el primer dispositivo de medición 40 está configurado para actuar en un intervalo de medición con valores más altos que el segundo dispositivo de medición 60.

60

Dicha elección es particularmente útil en el procesamiento de materiales que pueden comenzar con niveles relativamente altos de humedad para alcanzar luego niveles muy bajos después del tratamiento de deshumidificación, como, por ejemplo, en el caso de PET. Con este tipo de polímero, la humedad inicial puede partir de 3000 ppm hasta alcanzar valores de menos de 50 ppm después del tratamiento. En consecuencia, el

65

primer dispositivo, colocado en la parte superior de la tolva en la boca de alimentación, tendrá un intervalo de medición diferente del colocado en la boca de salida.

5 De forma ventajosa, el primer y el segundo dispositivos 40 y 60 pueden estar dotados con una puerta de cualquier tipo adecuado, tal como neumático, para un rendimiento de las mediciones de una manera estática.

10 Teniendo en cuenta que, en el caso de usar un dispositivo de resonancia de microondas, la humedad del material está relacionada con el factor de mérito Q y la frecuencia de resonancia, y teniendo en cuenta que estos valores a su vez dependen de la cantidad de material que existe en el interior de la cámara o cavidad resonante, uno puede ver cómo el error cometido en la medición de un material estático es menor que el error cometido durante el tránsito del material. Operativamente, por lo tanto, es preferible cerrar la puerta colocada debajo de la cámara o cavidad resonante, realizar la medición y abrir la puerta para permitir que el material fluya, a fin de estar listo para una nueva medición.

15 Ahora se describirá el método de deshumidificación de acuerdo con la presente invención. En la descripción, se hará referencia a la planta de deshumidificación 1 de acuerdo con la invención que acaba de describirse y, por lo tanto, se usarán los mismos números de referencia.

20 De acuerdo con una forma general de implementación de la presente invención, el método de material de deshumidificación de forma granular, en particular, los materiales plásticos, comprende las etapas de funcionamiento siguientes:

25 a) disponer una planta de deshumidificación 1 que comprende al menos una tolva 10 para contener el material granular que va a deshumidificarse, que tiene una boca de alimentación 11 y una boca de salida 12, y al menos un generador de aire seco 20 conectado de forma fluida a medios 30 para distribuir el aire seco en el interior de la tolva 10;

30 b) cargar material granular dentro de la tolva a través de la boca de alimentación 11 mencionada anteriormente;

c) medir el grado de humedad inicial cO del material granular que entra en la tolva 10;

35 d) calcular sobre la base de los valores de humedad inicial cO del material granular medido, la capacidad de deshumidificación del flujo de aire seco a través de la tolva necesario para lograr valores de humedad residual predefinidos en el material granular que sale de la tolva, fijándose el tiempo de residencia del material granular en el interior de la tolva;

40 e) generar un flujo de aire seco a través de dicha tolva 10 que tiene una capacidad de deshumidificación calculada en la etapa de cálculo d).

45 Cabe destacar que se entiende que "generador de aire seco" comprende, en general, no solamente los medios de deshumidificación del aire (tales como las torres absorbentes) y los medios de ventilación relativos (tales como los sopladores y variadores de velocidad), sino también los medios de calentamiento que regulan la temperatura del flujo de aire seco (por ejemplo, la unidad de calentamiento 24). Se entiende que la activación del generador de aire seco 20 no impone necesariamente también la activación de los medios de calentamiento 24.

50 Como ya se ha mencionado anteriormente, contraria de las aplicaciones anteriores de la técnica anterior, la presente invención se basa en el hecho de que, para dirigir el proceso de deshumidificación de un material granular de manera eficiente y eficazmente, es esencial tener en cuenta el grado efectivo y real de humedad inicial cO del material que entra en la tolva.

55 En otras palabras, se ha verificado que no es suficiente controlar solo las variables de proceso tales como el caudal de aire seco específico, el contenido de temperatura y de humedad del flujo de aire, pero es esencial tener en cuenta la variabilidad representada por el grado de humedad inicial cO del material que entra en la tolva.

60 Si se dibuja un gráfico del valor de humedad residual cf del material en relación con el tiempo de residencia  $\tau$  del material en la tolva, asumiendo como constante las variables del proceso mencionadas anteriormente (el caudal k específico, la temperatura de proceso T, la temperatura de punto de rocío Trocío), uno puede ver cómo las curvas varían como una función del valor de humedad inicial cO del material.

65 Si el material que va a tratarse tiene una humedad inicial de cO1, deshumidificándolo a una temperatura de proceso de T0, con un caudal de aire k0 específico y una temperatura de punto de rocío de TD0, el material saldrá de la tolva de tratamiento con una humedad final de cf1 después de un tiempo de residencia  $\tau$ . De forma diversa, si el material que va a tratarse tiene una humedad inicial de cO2 > cO1, para lograr el mismo grado de

humedad residual final de Cf01 con el mismo tiempo de residencia  $\tau$ , el caudal de aire k0 específico y/o la temperatura de proceso T0 debe aumentarse y/o la temperatura de rocío Trocío del flujo de aire seco debe reducirse.

5 Operativamente, durante la etapa b) de cargar el material granular, se dirige la etapa c) de medir el grado de humedad inicial cO del material granular. Sobre la base de los valores encontrados durante la carga, como una función del valor de humedad residual cf que va a lograrse y el tiempo de residencia  $\tau$  predefinido en la tolva, se elaboran los datos (preferentemente de forma automática por medio de una unidad de control 50, CPU) calculando los valores correctos de las variables de proceso (el caudal K específico, la temperatura de proceso T y el contenido de humedad) y activando apropiadamente el generador de aire seco 20 (que significa, por lo tanto, los medios de ventilación y, si es necesario, los medios de calentamiento).

En particular, sobre la base de los valores de humedad inicial cO medida, el generador 20 suministrará aire deshumidificado a un índice Q dependiendo de producción horaria M (impuesta por la máquina transformadora M, servida por la tolva), de acuerdo con la siguiente fórmula:  $Q=M \cdot K$ ,

20 donde k es el índice específico de flujo de aire, que depende, como ya se ha dicho, del c0 de valor de humedad inicial y del tipo de material, por medio de una correlación o algoritmo. Para dicho propósito, los medios de ventilación 21 se activarán cuando se necesite, regulando el caudal específico de los medios de variación de velocidad 22.

Dependiendo de los valores de las variables de proceso, los medios de calentamiento 24 pueden activarse (si es necesario) para calentar el flujo de aire a la temperatura T deseada, y el sistema de control de los medios absorbentes 26 del generador pueden activarse para hacer que el flujo de aire alcance el contenido de humedad deseado (medido con la temperatura de punto de rocío Trocío).

30 Preferentemente, el método de deshumidificación de acuerdo con la invención comprende una etapa f) de regulación de la capacidad de deshumidificación del flujo de aire actuando sobre el funcionamiento del generador 20 hasta la variación de la humedad inicial cO del material granular que se carga progresivamente en la tolva, sobre la base de los valores de humedad inicial del material granular medido de acuerdo a una lógica de ahorro de energía.

Operativamente, la regulación de la capacidad de deshumidificación se dirige mediante la variación del caudal k específico y/o la temperatura T del flujo y/o el contenido de humedad (definido como Trocío) del flujo.

35 Como se ha mencionado anteriormente, el caudal K específico puede regularse actuando sobre los medios de ventilación 21 del generador 20 por medio de los medios de variación de velocidad 22. La temperatura T del flujo de aire seco puede regularse mediante los medios de calentamiento (tales como la unidad de calentamiento 24). El contenido de humedad del flujo de aire seco puede regularse variando según sea necesario el flujo de aire que pasa a través de los medios absorbentes, por ejemplo, haciendo que una parte del flujo de aire desvíe el tamiz molecular de las torres de deshumidificación.

45 De forma ventajosa, el método de acuerdo con la presente invención puede aplicarse durante el funcionamiento en un régimen estático, es decir, cuando la tolva se carga previamente con el material granular con la máquina transformadora M no activa, y durante el funcionamiento en un régimen dinámico, es decir, cuando el material deshumidificado empieza a salir de la boca de salida 12 que continúa alimentando el material no tratado en la tolva, por ejemplo por medio del dispositivo de alimentación instalado en la boca de alimentación 11.

50 Se entiende que el método de acuerdo con la invención puede aplicarse en sucesión a ambos tipos de funcionamiento, o solamente a uno de los dos tipos de funcionamiento.

Con el funcionamiento dinámico, por lo tanto, el método comprende una etapa i) de vaciado de la tolva 10 del material granular sometido a deshumidificación a través de dicha boca de salida 12.

55 Como se describirá más adelante, la etapa de regulación f) es más útil durante el funcionamiento en un régimen dinámico, dado que, en este modo de funcionamiento, el tiempo de residencia  $\tau$  en la tolva no puede modificarse, a diferencia que durante el funcionamiento en modo estático, cuando el material no se descarga y, por lo tanto, solamente es posible la intervención en este parámetro (prolongando o acortando la residencia del material en la tolva).

De forma ventajosa, la etapa c) de medición del grado de humedad inicial cO del material granular que entra en la tolva 10 puede repetirse a intervalos de tiempo  $\Delta t$ , preferentemente no más largos que el tiempo de resistencia  $\tau$  del material en la tolva.

65



De acuerdo con una forma particularmente preferida de implementación de la presente invención, el método de deshumidificación comprende una etapa g) de medición del grado de humedad residual  $c_f$  del material granular que sale de la tolva 10. La etapa de regulación f) se dirige también en relación con los valores de la humedad residual  $c_f$  del material granular que sale de la tolva medida en la etapa de medición g).

5 Más particularmente, durante el funcionamiento estático, la supuesta deshumidificación ya ha comenzado con los valores predefinidos de las variables de proceso, la medición del grado de humedad residual  $c_f$  del material granular se realiza en una parte del material cerca de la boca de salida 12 (que ya puede ser o no total o parcialmente tratadas). Una vez que se han adquirido los valores de humedad residual  $c_f$ , puede tener lugar la etapa de regulación f). Dependiendo del tipo de material que vaya a deshumidificarse y de los valores de humedad inicial  $c_0$ , los valores de las variables de proceso relativas al flujo de aire seco (el caudal  $k$  específico, la temperatura  $T$  y la humedad Trocío contenidos) pueden variarse. En esta etapa, puede tenerse en cuenta también la producción horaria requerida durante la producción dinámica, a fin de restablecer las variables de proceso correctamente para la fase siguiente (suponiendo, por ejemplo, que el material que se alimenta posteriormente tiene sustancialmente los mismos valores de humedad inicial  $c_0$ .)

20 Preferentemente, la etapa g) de medición del grado de humedad residual  $c_f$  del material granular se realiza después de un tiempo  $t$  posterior a iniciar el generador, menor que el tiempo de residencia  $\tau$  en la tolva (estimado o predefinido) del material granular. Sobre la base del valor de humedad residual  $c_f$  medido y del valor de humedad residual que va a lograrse, la alimentación del material granular a la máquina transformadora de abajo puede activarse o no, por ejemplo, activando un dispositivo de alimentación (que puede consistir, por ejemplo, en un alimentador de tornillo) colocado debajo de la boca de salida.

25 Si el valor de humedad residual  $c_f$  del material granular medido durante la etapa g) es menor o igual que el valor predefinido, se habilita la alimentación del material para suministrar el material procesado, partiendo del funcionamiento dinámico. Los tiempos de espera para la producción del artículo se reducen de esa manera y se logra un ahorro de energía de la planta, ya durante el funcionamiento estático. Si el valor de humedad residual  $c_f$  medido durante la etapa g) es mayor que el valor predefinido, la alimentación del material no se habilita y se continúa el procesamiento, regulando las variables de proceso y/o variando el tiempo de residencia. La operación de medición correspondiente a la etapa g) puede repetirse en el tiempo.

35 De forma ventajosa, la cantidad pequeña de material granular saliente que tenga valores de humedad que no cumplan con las especificaciones requeridas puede transportarse de vuelta a la parte superior de la tolva por medio de un sistema de reciclaje (no mostrado en los dibujos adjuntos) para obtener más deshumidificación.

De forma ventajosa, en particular, con el funcionamiento dinámico, la etapa g) citada anteriormente de medición del grado de humedad residual  $c_f$  del material granular que sale de la tolva 10 se repite a intervalos de tiempo  $\Delta t$  no más largos que el tiempo de residencia  $\tau$  del material en la tolva.

40 Preferentemente, el método de acuerdo con la invención comprende una etapa h) de memorización de los valores de humedad inicial  $c_0$  y residual  $C_f$  medidos en las etapas c) y g).

45 La etapa h) de memorización puede limitarse a los valores de humedad inicial  $c_0$  solamente en el caso en el que no se prevea el control de la humedad residual del material saliente.

De forma ventajosa, los valores de humedad inicial  $c_0$  pueden memorizarse con los parámetros de proceso correspondientes que definen la capacidad de deshumidificación del flujo de aire.

50 En la etapa de regulación f), los valores de humedad residual  $c_f$  se consideran en relación con los valores de humedad inicial  $C_0$  medidos en un intervalo anterior de tiempo correspondiente al tiempo de residencia  $\tau$  del material en la tolva.

55 En particular, en la etapa de regulación f), la capacidad de deshumidificación se regula teniendo en cuenta los valores de humedad inicial  $c_0$  medidos progresivamente con el tiempo como valores pesados de la cantidad de material granular que entró en la tolva y que es temporalmente correlacionable entre sí. Esta forma de regulación de las variables de proceso puede adaptarse de forma progresiva y continuamente a las necesidades efectivas del material en la tolva, considerado como una media de diversas entradas (entendido como materiales con contenidos de humedad inicial diferentes).

60 Preferentemente, como ya se ha mencionado, al describir la planta de acuerdo con la presente invención, la etapa c) de medición de la humedad inicial  $c_0$  se dirige por medio de al menos un primer dispositivo de medición de humedad 40 del tipo resonancia de microondas, colocado en la boca de alimentación 11 de la tolva 10.

65 De la misma forma, la etapa g) de medición de la humedad residual  $c_f$  se dirige por medio de al menos un segundo dispositivo de medición de humedad 60 del tipo resonancia de microondas, colocado en la boca de

salida 12 de la tolva 10.

5 El dispositivo de medición de humedad 40, 60 del tipo resonancia de microondas comprende al menos una cámara resonante. Preferentemente, la medición se realiza con la cámara cerrada, a fin de reducir el error, como ya se ha explicado anteriormente.

Una lógica de control preferida se describirá ahora aplicada, en particular, al funcionamiento dinámico con referencia al diagrama de flujo mostrado en la figura 3.

10 El diagrama debería leerse suponiendo que el sistema ya se vale de un conjunto de valores impuestos para las variables de proceso, por ejemplo, derivando de una fase previa de funcionamiento estático o simplemente de una fase previa con el funcionamiento dinámico.

15 Más específicamente, en el primer bloque I/O, el segundo dispositivo de medición colocado debajo de la boca de salida medirá el contenido de humedad residual  $cf$  del material que sale de la tolva. El siguiente bloque de control verificará luego si los valores de humedad residual están dentro de un intervalo  $[Q-N, Q+N]$ , donde el valor  $Q$  es el valor de humedad residual del material requerido para proceder con la transformación del material granular dentro del producto final y  $N$  es un valor de tolerancia predefinido.

20 Si los valores  $cf$  no están dentro del intervalo citado anteriormente, el siguiente bloque de control verificará si los valores medidos  $cf$  citados anteriormente están por debajo del umbral  $Q-N$  (es decir, el material más seco de lo necesario). Si se verifica dicha condición, el siguiente bloque de procesamiento reduce la capacidad de deshumidificación del flujo de aire (por ejemplo, reduciendo el caudal de aire específico por cierto valor  $\Delta k$ , y/o la temperatura  $T$  y/o el contenido de humedad, es decir, la Trocío).

25 A la inversa, si no se cumple la condición anterior ( $cf < Q-N$ ) y el valor de  $cf$  está, por lo tanto, sobre el umbral  $Q+N$  (es decir, el material está más húmedo de lo que se requiere), se aumenta la capacidad de deshumidificación del flujo de aire.

30 Desde el bloque de variación de la capacidad de deshumidificación (variaciones de la tasa específica y/o la temperatura de proceso y/o la temperatura del punto de rocío del flujo de aire), el siguiente bloque I/O modifica la base de datos de parámetros de proceso.

35 Más particularmente, la tabla de parámetros de las variables del proceso, tales como el caudal de aire específico y/o la temperatura de proceso y/o la temperatura del punto de rocío, se modifica como una función de los valores de humedad inicial antes del tratamiento medido anteriormente, por ejemplo, en el tiempo  $t-\tau$  (donde  $\tau$  es el tiempo de residencia del material en la tolva) con el primer dispositivo de medición de contenido de humedad colocado en la parte superior de la tolva.

40 El siguiente bloque es el acceso a la base de datos que contiene los nuevos parámetros de deshumidificación modificados sobre la base de los valores de humedad inicial mediante la variación de las variables citadas anteriormente del fluido gaseoso.

45 El último bloque de I/O antes del final (sistema de deshumidificación apagado) es la medición de la humedad inicial.

En el tiempo  $t+\Delta\tau$ , se comienza de nuevo desde el principio con la lectura de la humedad residual final del material granular; el tiempo  $\Delta\tau$  puede corresponder al tiempo de residencia  $\tau$  o en un valor inferior.

50 Como ya se ha mencionado para una correspondencia fiable del parámetro de deshumidificación y la humedad inicial, uno debe esperar el tiempo necesario para que el material atraviese los dos dispositivos de medición del contenido de humedad, correspondiente al tiempo de residencia.

55 Uno puede observar que usando dos dispositivos de medición 40, 60, uno en la boca de alimentación 11 y uno en la boca de salida 12 de la tolva y aplicando la lógica de control descrita anteriormente con referencia a la figura 3, uno puede mantener un seguimiento de todas las variables de proceso, especialmente de la humedad inicial del material que va a someterse a la deshumidificación.

60 Además, gracias a los dos dispositivos de medición 40, 60 y a la lógica de control, el sistema es capaz de aprender de manera autónoma.

65 Puede observarse de hecho que ciertos tipos de gránulos, incluso relativos al mismo polímero, pueden diferir, por ejemplo, en el tamaño del gránulo. Como resultado, los valores del caudal de aire específico y/o del proceso de temperatura y/o de la temperatura de punto de rocío definidos como una función de la humedad inicial pueden no ser correctos para lograr un valor predefinido de humedad residual después del tratamiento.

Gracias al método de acuerdo con la invención, los valores correctos de las variables de proceso como una función de la humedad inicial pueden encontrarse sin realizar pruebas preliminares. El sistema es, por lo tanto, capaz de autoaprender.

5

La invención hace posible conseguir numerosas ventajas algunas de las cuales ya se han descrito.

En comparación con las soluciones tradicionales de la técnica, el método y la planta de la deshumidificación de acuerdo con la invención permiten valores de humedad residual del material granular que corresponden a los valores predefinidos que van a lograrse, incluso en presencia de condiciones de proceso variables, en particular, debido a la variabilidad en las características del material cargado en la tolva.

10

El método y la planta de deshumidificación de acuerdo con la invención hacen posible reducir significativamente el consumo de energía del tratamiento de deshumidificación, adaptando las variables de proceso a los requisitos eficaces del material que va a tratarse.

15

En particular, el método y la planta de deshumidificación de acuerdo con la invención permiten que se mantenga alto, incluso en presencia de condiciones de proceso variables.

20

El método de deshumidificación de acuerdo con la invención hace posible implementar un sistema de regulación que tenga beneficios inmediatos sobre la calidad del material tratado.

El sistema de regulación que puede implementarse con el método de deshumidificación de acuerdo con la invención es menos probable que ser objeto de fenómenos de inestabilidad.

25

El método de deshumidificación de acuerdo con la invención hace posible también implementar un sistema de regulación con capacidades de autoaprendizaje.

La planta de deshumidificación de acuerdo con la invención es, finalmente, simple y económica de producir, dado que no requiere modificaciones especiales de plantas.

30

La invención concebida de este modo logra así los objetivos pretendidos

Obviamente, pueden asumirse, en sus modos de realización, formas y configuraciones prácticas diferentes de las ilustradas anteriormente mientras que permanezcan dentro de la presente esfera de protección.

35

Además, todas las piezas pueden sustituirse por piezas técnicamente equivalentes y las dimensiones, formas y materiales usados pueden variarse según sea necesario.

**REIVINDICACIONES**

1. Método para deshumidificar material en forma granular, en particular, materiales de plástico, que comprende las etapas de funcionamiento siguientes:
- 5 a) disponer una planta de deshumidificación (1) que comprende al menos una tolva (10) para contener el material granular que va a deshumidificarse, que tiene una boca de alimentación (11) y una boca de salida (12), y al menos un generador de aire seco (20), conectado de forma fluida a medios (30) para distribuir un flujo de aire seco en el interior de dicha tolva (10);
- 10 b) cargar el material granular en dicha tolva a través de dicha boca de alimentación;
- c) medir el grado de humedad inicial ( $C_0$ ) del material granular que entra en la tolva (10);
- 15 d) calcular, sobre la base de los valores de humedad inicial ( $C_0$ ) del material granular medido, la capacidad de deshumidificación del flujo de aire seco a través de la tolva necesario para lograr valores de humedad predefinidos en el material granular que sale de la tolva, fijándose el tiempo de residencia del material granular en el interior de la tolva;
- 20 e) generar un flujo de aire seco a través de dicha tolva (10) que tiene una capacidad de deshumidificación calculada en la etapa de cálculo d).
2. Método de deshumidificación de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende una etapa f) de regulación de la capacidad de deshumidificación de dicho flujo actuando sobre el funcionamiento de dicho generador (20) hasta variar la humedad inicial ( $C_0$ ) del material granular que se carga progresivamente en la tolva, sobre la base de los valores de humedad inicial del material granular medido, de acuerdo con una lógica de ahorro de energía.
- 25 3. Método de deshumidificación de acuerdo con la reivindicación 2, en el que la regulación de la capacidad de deshumidificación se dirige variando el índice específico de dicho flujo y/o la temperatura de dicho flujo y/o el contenido de humedad de dicho flujo.
- 30 4. Método de deshumidificación de acuerdo con la reivindicación 2 o 3, que comprende una etapa g) de medición del grado de humedad residual ( $C_r$ ) del material granular que sale de la tolva (10), dirigiéndose dicha etapa de regulación f) también en relación con los valores de humedad residual del material granular que sale de la tolva de medición medida en la etapa de medición g).
- 35 5. Método de deshumidificación de acuerdo con la reivindicación 4, en el que dicha etapa g) de medición del grado de humedad residual ( $C_r$ ) del material granular que sale de la tolva (10) se repite a intervalos de tiempo ( $\Delta t$ ) no más largos que el tiempo de residencia ( $\tau$ ) del material en la tolva.
- 40 6. Método de deshumidificación de acuerdo con la reivindicación 4 o 5, que comprende una etapa h) de memorización de los valores de humedad inicial ( $C_0$ ) y residual ( $C_r$ ) medidos, respectivamente, en las etapas c) y g).
- 45 7. Método de deshumidificación de acuerdo con la reivindicación 6, en el que, en dicha etapa de regulación f), los valores de humedad residual ( $C_r$ ) se consideran en correlación con los valores de humedad inicial ( $C_0$ ) medidos en un intervalo anterior de tiempo correspondiente al tiempo de residencia ( $\tau$ ) del material en la tolva.
- 50 8. Método de deshumidificación de acuerdo con una o más de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha etapa c) de medición del grado de humedad inicial ( $C_0$ ) del material granular que entra en la tolva (10) se repite a intervalos de tiempo ( $\Delta t$ ) no más largos que el tiempo de residencia ( $\tau$ ) del material en la tolva.
- 55 9. Método de deshumidificación de acuerdo con una o más de las reivindicaciones de 2 a 8, en el que, en dicha etapa de regulación f), la capacidad de deshumidificación está regulada teniendo en cuenta los valores de humedad inicial ( $C_0$ ) medidos progresivamente sobre el tiempo como los valores pesados de la cantidad de material que se entra en la tolva y es temporalmente correlacionable a cada uno de ellos.
- 60 10. Método de deshumidificación de acuerdo con una o más de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha etapa c) de medición de la humedad inicial ( $C_0$ ) se dirige por medio de al menos un primer dispositivo (40) para medir la humedad del tipo resonancia de microondas, colocado en la boca de alimentación (11) de la tolva (10).
- 65 11. Método de deshumidificación de acuerdo con una o más de las reivindicaciones de 4 a 10, en el que dicha etapa g) de medición de la humedad residual ( $C_r$ ) se dirige por medio de al menos un segundo dispositivo (60) para medir la humedad del tipo de resonancia de microondas, colocado en la boca de salida (12) de la tolva

(10).

5 12. Método de deshumidificación de acuerdo con la reivindicación 10 o 11, en el que dicho dispositivo de medición de humedad (40, 60) del tipo resonancia de microondas comprende al menos una cámara resonante, realizándose la medición con dicha cámara cerrada.

10 13. Método de deshumidificación de acuerdo con una o más de las reivindicaciones anteriores, que comprende una etapa i) de descarga de la tolva (10) del material granular sometido a la deshumidificación a través de dicha boca de salida (12).

14. Planta de deshumidificación del material en forma granular, en particular, materiales de plástico, que comprende:

15 - al menos una tolva (10) para contener el material granular que va a deshumidificarse que tiene una boca de alimentación (11) y una boca de salida (12),

- al menos un generador de aire seco (20) conectado de forma fluida a los medios (30) para distribuir el aire seco en el interior de dicha tolva (10);

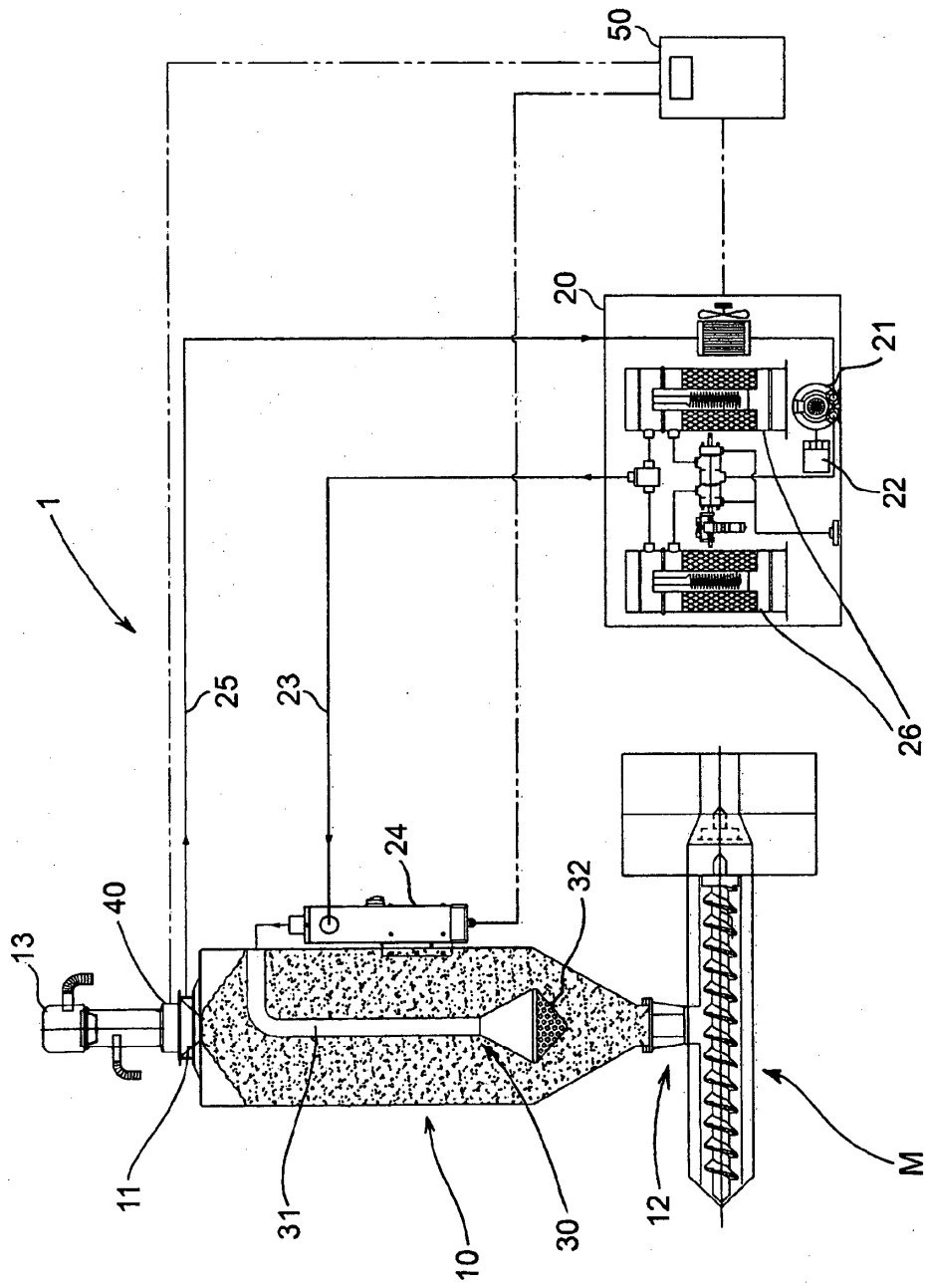
20 caracterizado porque comprende al menos un primer dispositivo de medición (40) de la humedad en el material granular, colocándose dicho primer dispositivo (40) en la boca de alimentación (11) de la tolva (10) para medir el grado de humedad inicial del material granular que entra en la tolva (10), y porque comprende además al menos una unidad de control electrónico (50) que regula el funcionamiento del generador de aire seco (20) sobre la base de los valores de humedad inicial del material granular medidos por dicho primer dispositivo (40) en función de los valores de humedad residual predefinidos que debe tener el material granular que sale de la tolva (10).

30 15. Planta de deshumidificación de acuerdo con la reivindicación 14, en la que dicha unidad de control electrónico (50) regula el funcionamiento del generador de aire seco (20) para variar el valor del índice específico de flujo de aire seco enviado a la tolva y/o de la temperatura de dicho aire seco y/o del contenido de humedad de dicho aire seco de acuerdo con una lógica de ahorro de energía.

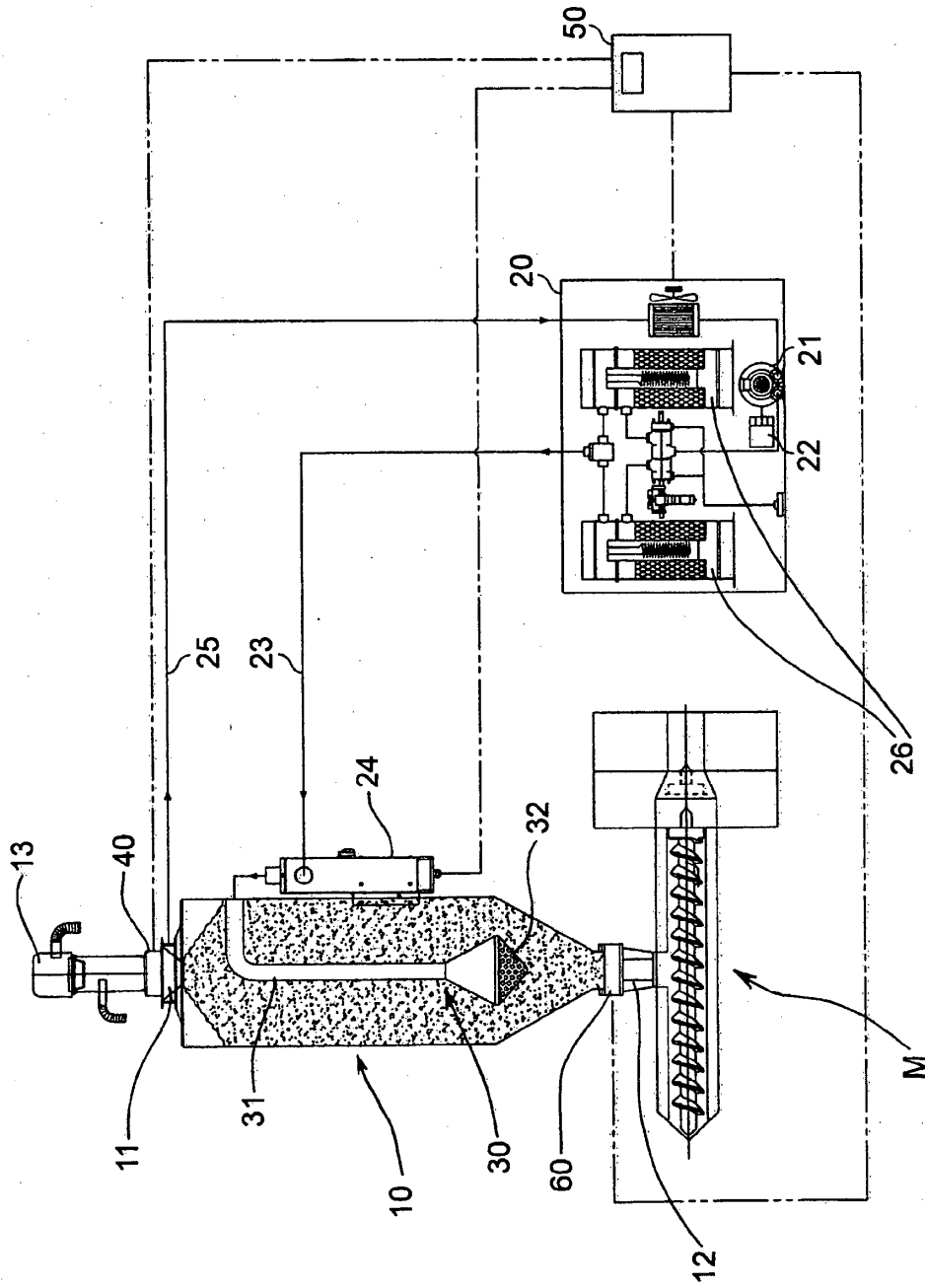
35 16. Planta de deshumidificación de acuerdo con la reivindicación 14 o 15, que comprende al menos un segundo dispositivo de medición (60) de la humedad en el material granular, colocándose dicho segundo dispositivo (60) en la boca de salida (12) de la tolva (10) para medir el grado de humedad residual del material granular que deja la tolva (10), regulando dicha unidad de control electrónico (50) el funcionamiento del generador de aire seco (20) también sobre la base de los valores de humedad residual del material granular medidos por dicho primer dispositivo (40).

40 17. Planta de deshumidificación de acuerdo con la reivindicación 15 o 16, en la que dichos primer (40) y segundo dispositivos de medición (60) son del tipo resonancia de microondas.

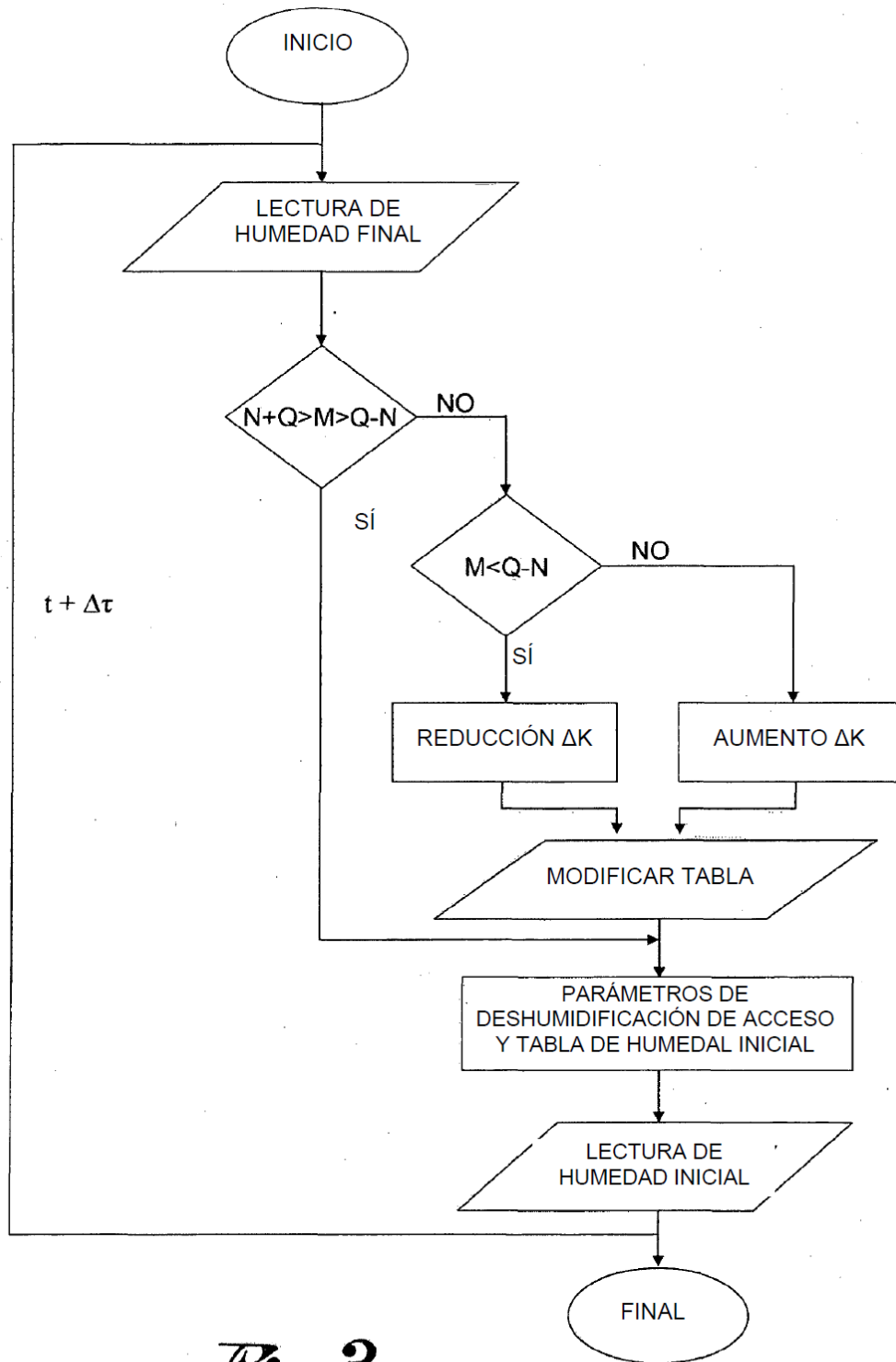
45 18. Planta de deshumidificación de acuerdo con la reivindicación 17, en el que dicho primer dispositivo de medición (40) está configurado para trabajar en un intervalo de medición con valores más altos que el segundo dispositivo de medición (60).



*Fig. 1*



*Fig. 2*



*Fig.3*