

OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS
ESPAÑA



⑪ Número de publicación: **2 369 620**

⑯ Int. Cl.:
C08G 63/88 (2006.01)
C08F 6/00 (2006.01)
C08G 63/00 (2006.01)

⑫

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- ⑯ Número de solicitud europea: **07794963 .4**
⑯ Fecha de presentación: **17.05.2007**
⑯ Número de publicación de la solicitud: **2019804**
⑯ Fecha de publicación de la solicitud: **04.02.2009**

⑭ Título: **TRANSPORTADOR DE CRISTALIZACIÓN.**

⑯ Prioridad:
24.05.2006 US 440142

⑯ Titular/es:
Grupo Petrotex, S.A. de C.V.
Ricardo Margain No. 444 Torre sur, Piso 16 Col.
Valle del Campestre
66265 San Pedro Garza Garcia, Nuevo Leon, MX

⑯ Fecha de publicación de la mención BOPI:
02.12.2011

⑯ Inventor/es:
DEBRUIN, Bruce, Roger y
BONNER, Richard, Gill

⑯ Fecha de la publicación del folleto de la patente:
02.12.2011

⑯ Agente: **Polo Flores, Carlos**

ES 2 369 620 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

Transportador de cristalización.

1. Campo de la invención

5 La presente invención se refiere en general a procedimientos y sistemas de cristalizar pastillas de polímero y, más específicamente, a procedimientos y sistemas de cristalizar pastillas de poliéster.

2. Antecedentes de la invención

10 Las resinas termoplásticas se usan en una multitud de aplicaciones comerciales. Los poliésteres tales como tereftalato de polietileno (PET), naftalato de polietileno (PEN) y polímeros y copolímeros similares, en particular, se han convertido en productos básicos cuya fabricación es bien conocida y desarrollada. Las aplicaciones de los poliésteres incluyen envases para alimentos, bebidas y otros líquidos, así como fibras sintéticas. Varios poliésteres, 15 como el PET, pueden existir en las formas amorfá y semicristalina. El PET amorfó es transparente, mientras que el PET cristalino es opaco.

20 En el procedimiento de PET convencional, el PET se forma mediante esterificación de ácido tereftálico y etilenglicol en un vaso de reacción, para formar una mezcla prepolimérica. La esterificación no tiene que catalizarse. Catalizadores de intercambio de éster típicos, que se pueden usar por separado o en combinación, incluyen 25 alcóxidos de titanio, ésteres de cinc (II) o (IV), acetatos o benzoatos de cinc, manganeso o magnesio y/u otros materiales catalizadores de estos que son bien conocidos para los expertos en la técnica. La pasta prepolimérica se calienta después para estimular la polimerización. La mezcla resultante se somete después a policondensación en fusión a temperaturas elevadas, por ejemplo a 285 °C, en presencia de un catalizador adecuado. Se han usado compuestos de Sn, Sb, Ge, Ti u otros como catalizadores de la policondensación. El polímero se extruye 30 directamente del reactor de policondensación en forma de hebras. Las hebras extruidas calientes se ponen en contacto con agua fría antes de romperlas en pastillas, secarlas y almacenarlas en silos antes de la cristalización.

35 Los procedimientos de peletización en los que las hebras se estiran antes de paletizar se divultan en la patente de EE.UU. nº 5.310.515. El conocimiento convencional dicta que al menos la superficie de las pastillas se debe enfriar al contacto con agua, las pastillas se pueden enfriar además hasta la temperatura deseada con aire frío, nitrógeno o gas inerte. Las pastillas se almacenan y, después, se vuelven a calentar hasta la temperatura de cristalización deseada. Estas etapas de calentamiento, enfriamiento y recalentamiento dan como resultado una penalización 40 significativa de energía en un procedimiento ya intenso en lo referente a la energía. La cristalización de las pastillas calientes normalmente se consigue en un agitador de cristalización. El estado sólido se usa tanto para elevar la viscosidad inherente como para eliminar el acetaldehído.

45 Con referencia a las Figuras 1A, 1B, y 1C, se proporcionan diagramas de las instalaciones de fabricación de PET. La instalación de procesamiento de PET 10 incluye un tanque de mezclado 12 en el que se mezclan ácido tereftálico ("TPA") y etilenglicol ("EG") para formar una pasta prepolimérica. Esta pasta prepolimérica se transfiere a un reactor de esterificación 14 donde se calienta, para formar un monómero esterificado. La presión dentro del reactor de esterificación 14 se ajusta para controlar el punto de ebullición del etilenglicol y ayudar a mover los productos al reactor de esterificación 16. El monómero del reactor de esterificación 14 se somete a calentamiento adicional en un reactor de esterificación 16, pero ahora a una presión menor que en el reactor de esterificación 14. A continuación, 50 los monómeros del reactor de esterificación 16 se introducen en el reactor de prepolímero 18. Los monómeros se calientan cuando están dentro del reactor de prepolímero 18 al vacío para formar un prepolímero. La viscosidad inherente del prepolímero comienza a aumentar dentro del reactor de prepolímero 18. El prepolímero formado en el reactor de prepolímero 18 se introduce después en el reactor de policondensación 20 y, después, en el reactor de policondensación 22. El prepolímero se calienta en cada uno de los reactores de policondensación 20, 22 en un vacío mayor que en el reactor de prepolímero 18 de modo que la longitud de cadena del polímero y la viscosidad 55 inherente aumentan. Después del reactor de policondensación final, el polímero PET se desplaza a presión mediante una bomba 24 a través de los filtros 26, 28 y a través de los moldes 30, 32, 34, formando las hebras de PET 36, 38, 40 (véase la Figura 1B).

60 Con referencia a la Figura 1B se ilustra un procedimiento para formar pastillas de poliéster. Las hebras de polímero extruidas 36, 38, 40 se enfrian mediante corrientes de agua nebulizada 42, 44, 46 sobre las hebras a medida que las hebras salen de los moldes 30, 32, 34. Después de salir de los moldes 30, 32, 34, las hebras 36, 38, 40 se cortan

con cuchillas 54, 56, 58 en pastillas 48, 50, 52 mientras las hebras todavía están calientes. Las pastillas de poliéster formadas de este modo tienden a tener una forma cilíndrica, pero se pueden modificar a formas cúbicas, de hueso de perro o de otro tipo. En este momento del procedimiento, las pastillas de poliéster normalmente son amorfas, Normalmente, las pastillas de poliéster se cristalizan antes de enviarlas a un cliente. Dicha cristalización permite el posterior secado a temperaturas más altas de modo que el poliéster pueda extruirse según se deseé. La cristalización de las pastillas de poliéster normalmente se consigue recalentando las pastillas hasta una temperatura superior a la temperatura de cristalización. A medida que las pastillas cristalizan se obtiene calor adicional debido al calor de cristalización generado. Este calor adicional tiene a hacer que las pastillas se ablanden y se adhieran entre sí. Por tanto, las pastillas se agitan para evitar que se peguen debido al ablandamiento. Tras la cristalización, las pastillas suelen estar en estado sólido para elevar la viscosidad inherente al pasar gas inerte alrededor de las pastillas calientes.

Con referencia a la Figura 1C se proporciona un esquema de un procedimiento alternativo de formación de una pastilla. En esta variación, las hebras 60, 62, 64 que salen de los moldes 66, 68, 70 se cortan en pastillas 72, 74, 76 con agua mediante cuchillas troqueladoras a la salida de la matriz 80, 82, 84. En esta variación, las hebras de poliéster extruidas se sumergen completamente en agua y se cortan tras salir de los moldes 66, 68, 70. Las pastillas 72, 74, 76 formadas de este modo tienden a tener una forma esférica por la tensión superficial del poliéster fundido cuando sale del agua. Inicialmente, después de cortar, las pastillas 72, 74, 76 siguen conservando una cantidad sustancial de calor en su interior. Posteriormente, la combinación pastilla/agua se envía a secador 90 a través de un sistema transportador 92. Ejemplos de secadores útiles incluyen secadores centrífugos que extraen las pastillas 72, 74, 76 del agua. Después de salir del secador 90, el agua adicional se elimina mediante ebullición debido al contenido de calor de las pastillas 72, 74, 76, que todavía es lo bastante alto después de salir del secador 90. Si la combinación de pastilla/agua se transporta al secador lo suficientemente rápido las pastillas de poliéster pueden conservar suficiente calor para que se produzca la cristalización. A continuación, las pastillas 72, 74, 76 se transfieren al cristalizador 94 donde permanecen durante un tiempo de residencia (de aproximadamente 2 a 20 minutos) para que se produzca la cristalización. El cristalizador 94 también proporciona suficiente agitación para inhibir la adhesión de las pastillas de poliéster entre sí.

La solicitud de patente internacional WO2004/033174 y las solicitudes de patente de EE.UU. nº 20050110182 y 20050110184 divulgán procedimientos para cristalizar pastillas poliméricas. La solicitud de patente internacional nº WO2004/033174 divulga un procedimiento en el que las pastillas poliméricas se tratan en un baño líquido (p. ej., baño de agua) a una temperatura elevada para inducir la cristalización. Las solicitudes de patente de EE.UU. nº 20050110182 y 20050110184 divulgán un procedimiento en el que se inyecta agua en la pasta de pastilla/agua de la Figura 1C con el fin de transportar las pastillas rápidamente a y a través del secador 90.

Tras la cristalización, las pastillas 72, 74, 76 se transportan mediante un sistema transportador de fase densa 96 a una o más estaciones de procesamiento de pastillas. Dichos sistemas transportadores de fase densa usan aire para mover las pastillas de un lugar a otro. Por ejemplo, las pastillas se transportan a un silo de mezclado en el que se pueden ajustar las propiedades medias de las pastillas. En dichos silos de mezclado, las pastillas de poliéster se mezclan para conseguir una especificación diana. Dicha especificación puede ser con respecto al color, el peso molecular, la concentración del catalizador, la concentración del aditivo, la densidad y similares. En otro ejemplo más, las pastillas se transportan a un reactor de proceso de estado sólido. Cabe destacar que los sistemas transportadores de fase densa tienden a ser más útiles que los sistemas transportadores de fase diluida en esta aplicación, ya que los sistemas transportadores de fase diluida pueden temer como resultado la fusión de la superficie de las pastillas o velocidades de impacto altas, formando de este modo cuerdas y finos indeseados.

Aunque estos procedimientos y sistemas para fabricar pastillas poliméricas y, en particular pastillas de poliéster, funcionan bien, el equipo tiende a ser caro de fabricar y de mantener. Una línea de fabricación de PET típica puede incluir varios cristalizadores, cada uno de los cuales usa un motor bastante grande y ocupa un lugar mayor en la planta de fabricación. La inversión de capital inicial de tal cristalizador puede superar fácilmente el millón de dólares.

De acuerdo con esto, existe la necesidad de un equipo y metodología de procesamiento de polímeros que es menos cara de instalar, manejar y mantener.

55 3. Sumario de la invención

La presente invención supera uno o más problemas proporcionando en al menos una realización un procedimiento de cristalizar una pluralidad de pastillas poliméricas. El procedimiento de la presente realización incluye una etapa en la que una pluralidad de pastillas poliméricas se introducen en un sistema transportador neumático por una entrada. Para que la cristalización sea posible, las pastillas poliméricas deben estar formadas por uno o más polímeros que son cristalizables. Dichos polímeros cristalizables se caracterizan por una temperatura de cristalización y una

temperatura de fusión. Además, la pluralidad de pastillas poliméricas se caracteriza por una temperatura media de la pastilla. La pluralidad de pastillas poliméricas se introduce en el sistema transportador neumático con una temperatura media inicial. La pluralidad de pastillas poliméricas se transfieren neumáticamente desde la entrada a una salida con un gas transportador. El gas transportador tiene una temperatura suficiente para mantener la pluralidad de las pastillas dentro de un intervalo de temperatura tal que la cristalización de la pluralidad de pastillas poliméricas tengan un grado de cristalinidad superior al 30 % en peso antes de la retirada de las pastillas de la salida del sistema transportador.

5 Otras realizaciones de la invención se exponen el conjunto de reivindicaciones adjuntas.

10 La presente invención estimula de forma ventajosa la cristalización de las pastillas poliméricas, ya que están siendo alejadas neumáticamente desde un secador. Con el fin de completar la cristalización, las pastillas requieren suficiente tiempo de residencia en el sistema transportador neumático. Dado que las velocidades de cristalización aumentan con la temperatura, el periodo de tiempo requerido para la cristalización se puede reducir cristalizando a 15 temperaturas más altas. Por ejemplo, la cristalización se puede conseguir en dos minutos a una temperatura de 190 °C. La presente realización ajusta la temperatura de cristalización en el sistema transportador neumático ajustando la temperatura de la mordaza del transportador usado para transportar las pastillas. En al menos una realización, el gas transportador es aire. De forma ventajosa, la presente invención puede eliminar el uso de un 20 puerto agitador de cristalización, de modo que da como resultado un sustancial ahorro de costes.

25 En una variación de la presente realización, el sistema transportador de cristalización transporta las pastillas directamente desde la cuchilla al extractor, de modo que se elimina la necesidad de un cristalizador/agitador. En otra variación, el transportador de cristalización incluye al menos una sección inclinada hacia arriba para facilitar la mezcla de las pastillas durante la cristalización/extracción. Un líquido con un punto de ebullición dentro del intervalo de 30 temperatura del sistema u otro gas se pueden añadir al sistema transportador para facilitar el enfriamiento dentro del sistema.

35 En variaciones de la presente invención, todo o parte del acetaldehído se extrae de la pluralidad de pastillas poliméricas mientras las pastillas están en el sistema transportador neumático. Cuando la extracción se lleva a cabo de forma óptima, se pueden eliminar tanto el cristalizador/agitador y un vaso aparte para extracción. Por tanto, el gas caliente transportador del transportador de cristalización puede funcionar como fluido para transportar las pastillas, una fuente de calor para acelerar la cristalización y un gas de extracción para eliminar el acetaldehído. La proporción 40 gas transportador/pastilla y la temperatura en el transportador de cristalización se pueden ajustar para afinar el tiempo de residencia y/o el grado de la extracción. Una temperatura utilizable para eliminar el acetaldehído de las pastillas poliméricas y, en particular de las pastillas de PET, es de 150 °C a 200 °C.

45 En otra realización de la presente invención se proporciona un sistema transportador neumático para cristalizar pastillas poliméricas. El sistema transportador neumático incluye un conducto para transportar neumáticamente una pluralidad de pastillas poliméricas con un gas transportador. El conducto tiene la suficiente longitud como para que, 50 cuando la temperatura del gas transportador está dentro de un intervalo determinado, el grado de cristalinidad de la pluralidad de las pastillas poliméricas es superior al 30 % en peso antes de la retirada de las pastillas del sistema transportador neumático. El sistema transportador neumático incluye además una entrada para introducir la pluralidad de pastillas poliméricas en el conducto y una salida para retirar la pluralidad de pastillas poliméricas.

55 Ventajas y realizaciones adicionales de la invención serán obvias a partir de la descripción o se pueden aprender mediante la práctica de la invención. Otras ventajas de la invención también se realizarán y conseguirán por medio de los elementos y combinaciones destacadas particularmente en las reivindicaciones adjuntas. Por tanto, debe entenderse que tanto la descripción general anterior como la descripción detallada siguiente son ejemplos y explicaciones de ciertas realizaciones de la invención y no son restrictivas de la invención tal como se reivindica.

4. Breve descripción de los dibujos

55 La FIGURA 1A es una ilustración esquemática de una línea de fabricación de poliéster a través de los reactores de policondensación;

60 La FIGURA 1B es una ilustración esquemática de una línea de fabricación de poliéster que muestra procesamiento tras los reactores de policondensación usando cuchillas de hebras para formar las pastillas de poliéster;

65 La FIGURA 1C es una ilustración esquemática de una línea de fabricación de poliéster que muestra procesamiento tras los reactores de policondensación usando las cuchillas troqueladoras a la salida de la matriz para formar las pastillas de poliéster;

La FIGURA 2 es una ilustración esquemática de una realización de un sistema transportador neumático utilizable en los procedimientos de la invención.

5 La FIGURA 3 es una ilustración esquemática de mezclado de pastillas en una sección de conducto inclinada;

La FIGURA 4 es una ilustración esquemática de una realización de un sistema transportador neumático con una sección de conducto horizontal extendida; y

10 La FIGURA 5 es una ilustración esquemática de una realización de un sistema transportador neumático con una sección de conducto inclinada extendida.

5. Descripción detallada de la invención

15 A continuación se hará referencia con detalle a las composiciones, realizaciones y procedimientos de la presente invención preferidas actualmente, que constituirán los mejores modos de practicar la invención actualmente conocidos por los inventores. Las figuras no están necesariamente a escala. No obstante, debe entenderse que las realizaciones divulgadas son simplemente de ejemplo de la invención, que se puede realizar de varias formas alternativas. Por tanto, detalles específicos divulgados en el presente documento no deben interpretarse como limitantes, sino simplemente como una base representativa de cualquier aspecto de la invención y/o como una base representativa para enseñar a un experto en la técnica a emplear de forma variable la presente invención.

Excepto en los ejemplos, o cuando que se indique expresamente de otro modo, todas las cantidades numéricas de esta descripción que indican cantidades de material o condiciones de reacción y/o uso deben entenderse como

25 modificadas por la palabra "aproximadamente" al describir el alcance más amplio de la invención. Generalmente se prefiere la práctica dentro de los límites numéricos. Asimismo, a menos que se indique expresamente lo contrario: Porcentaje, "partes de" y valores en proporción están en peso; el término "polímero" incluye "oligómero", "copolímero", "terpolímero" y similares; la descripción de un grupo o clase de materiales como adecuado o preferido para un fin dado en relación con la invención implica que las mezclas de dos cualquiera o más de los miembros del

30 grupo o clase son igualmente adecuados o preferidos; la descripción de los constituyentes en términos químicos hace referencia a los constituyentes en el momento de la adición a cualquier combinación especificada en la descripción y no necesariamente impide las interacciones químicas entre los constituyentes de una mezcla una vez mezclada; la primera definición de un acrónimo u otra abreviatura se aplica a todos los usos posteriores en el presente documento de la misma abreviatura y se aplica *mutatis mutandis* a las variaciones gramáticas normales de la abreviatura definida inicialmente; y, a menos que se indique expresamente lo contrario, la medición de una propiedad se determina mediante la misma técnica tal como se ha hecho referencia antes o más tarde para la misma propiedad.

40 También debe entenderse que la presente invención no se limita a las realizaciones y procedimientos específicos que se describen más adelante, ya que los componentes y/o condiciones específicos pueden variar. Además, la terminología usada en el presente documento sólo se usa para el fin de describir realizaciones concretas de la presente invención y no se pretende que sea limitante de ningún modo.

45 También cabe indicar que, como se usa en la presente memoria descriptiva y las reivindicaciones adjuntas, las formas en singular "uno", "una" y "el/la" comprenden las referencias en plural a menos que el contexto indique claramente lo contrario. Por ejemplo, se pretende que la referencia a un componente en singular comprenda una pluralidad de componentes.

50 A lo largo de la presente solicitud, cuando se hace referencia a las publicaciones, las divulgaciones de estas publicaciones en su totalidad se incorporan en el presente documento por referencia en la presente solicitud para describir más completamente el estado de la técnica a la que ataña la presente invención.

55 La expresión "pastilla polimérica", como se usa en el presente documento, significa un objeto tridimensional formado por un polímero. Dichos objetos poliméricos incluyen una dimensión más grande que es superior o igual a la extensión del objeto polimérico en cualquier dirección. Las pastillas poliméricas se encuentran en numerosas formas, tal como esférica, cilíndrica y similares. La dimensión más grande de una esfera es el diámetro.

60 La expresión "calor de cristalización", como se usa en el presente documento, significa la cantidad de calor liberada como una unidad de masa de una sustancia que cristaliza.

La expresión "temperatura de cristalización", como se usa en la presente memoria descriptiva, significa la

temperatura a la cual al menos parte de un material comienza a cristalizar.

La expresión "temperatura de fusión", como se usa en la presente memoria descriptiva, significa la temperatura a la cual al menos parte de un material se transforma de un estado cristalino a uno líquido. Cuando un material sufre

5 dicha transformación sobre un intervalo de temperaturas, para los fines de la presente invención la temperatura de fusión es la mediana de la temperatura de dicho intervalo. Normalmente, las pastillas amorfas se funden a una temperatura menor que las pastillas cristalinas.

10 La expresión "grado de cristalinidad", como se usa en el presente documento, significa la cantidad fraccional de cristalinidad en una muestra polimérica. En la presente invención, el grado de cristalinidad es la cantidad fraccional media de cristalinidad en las pastillas poliméricas. El grado de cristalinidad se puede expresar como un porcentaje en peso o un porcentaje en volumen. Como se usa en el presente documento, el grado de cristalinidad se expresa como un porcentaje en peso a menos que se indique expresamente lo contrario,

15 En una realización de la presente invención se proporciona un procedimiento de cristalizar una pluralidad de pastillas poliméricas. La pluralidad de las pastillas poliméricas de acuerdo con la presente invención se introduce en un sistema transportador neumático. En general, la pluralidad de pastillas que se van a cristalizar de acuerdo con la presente invención son pastillas amorfas o pastillas con menos que un grado deseado de cristalinidad. En una variación de la presente realización, el grado de cristalinidad de las pastillas antes de la cristalización es menor del

20 30 % en peso. En otra variación de la presente realización, el grado de cristalinidad de las pastillas antes de la cristalización es menor del 20 % en peso. En otra variación más de la presente realización, el grado de cristalinidad de las pastillas antes de la cristalización es menor del 10 % en peso.

25 Tras la cristalización, el grado de cristalinidad es superior al 30 % en peso. En otras variaciones, tras la cristalización, el grado de cristalización es mayor del 40 % en peso. Para la mayoría de las aplicaciones, el grado de cristalización es menor del 70 % en peso. En otras variaciones, el grado de cristalinidad tras la cristalización es menor del 60 % en peso. En otras variaciones más, el grado de cristalinidad tras la cristalización es menor del 50 % en peso.

30 De forma ventajosa, las pastillas poliméricas que se han de cristalizar incluyen cualquier polímero cristalizable. Los polímeros cristalizables se caracterizan por una temperatura de cristalización y una temperatura de fusión. Ejemplos de dichos polímeros incluyen, entre otros, poliésteres, poliolefinas, poliestirenos, nylon y policetonas. Los polímeros que tienen un calor de cristalización relativamente alto son los más útiles. En una variación, el calor de cristalización de dichos polímeros útiles es tal que el calor de cristalización dividido por la capacidad térmica del polímero es de al menos 5 °C. La presente realización es particularmente útil para cristalizar polímeros de tereftalato de polialquíleno, 35 especialmente polímeros de tereftalato de polietileno.

40 En una variación de la presente invención, el polímero fundido de poliéster virgen se polimeriza en fase de fusión en un proceso continuo y el polímero fundido resultante se solidifica para formar pastillas en contacto con un líquido, tal como agua. Al menos una porción del líquido se separa de las pastillas. Despues, las pastillas se introducen en el sistema transportador de la invención. En otro perfeccionamiento, el líquido se separa de forma continua de las pastillas para formar una corriente de pastillas parcialmente secas. Posteriormente, esta corriente de pastillas se introduce de forma continua en la entrada del sistema transportador de la invención. En algunas variaciones, las pastillas tienen un contenido en humedad inferior al 1 % en peso cuando se introducen en la entrada del sistema transportador. En otras variaciones, las pastillas tienen un contenido en humedad inferior al 0,2 % en peso cuando se introducen en la entrada del sistema transportador. Por ejemplo, los polímeros de tereftalato de polialquíleno que salen del proceso de polimerización en fase de fusión, o tal como se han introducido en el sistema transportador de la invención, tienen un It.V de al menos 0,50 dl/g, o al menos 0,55 dl/g, o al menos 0,6 dl/g, y especialmente al menos 0,70 dl/g, o al menos 0,72 dl/g, o al menos 0,74 dl/g, o al menos 0,76 dl/g; o al menos 0,78 dl/g y hasta aproximadamente 1,2 dl/g o 1,1 dl/g o 0,9 dl/g. Los polímeros de poliéster parcialmente cristalizados tampoco se polimerizan, de forma ventajosa, en estado sólido. Por tanto, también se proporciona una realización que abarca un contenedor para envío que contiene una pluralidad de pastillas parcialmente cristalizadas con un grado de cristalinidad de al menos 20 % y un It-V de al menos 0,70 dl/g que no se han polimerizado en estado sólido. Los contenedores para envío adecuados son los adecuados para enviar en comercio que tienen un volumen de al menos 1 metro cúbico o más, o 2 metros cúbicos o más o 3 metros cúbicos o más u 8 metros cúbicos o más, o 20 metros cúbicos o más, e incluyen cajas de Gaylord, vagones cisternas ferroviarios, remolques para remolques de tractores y 55 casos de barcos. El It.V de las pastillas puede identificar cualquier valor superior a 0,70 dl/g, y el grado de cristalinidad puede ser cualquier valor superior al 20 % como se ha identificado anteriormente.

60 Las pastillas usadas en los procedimientos de la invención se forman a partir de una variedad de procedimientos conocidos para los expertos en la técnica. Ejemplos de dichos procedimientos formadores de pastillas incluyen, entre otros, los procedimientos representados en las Figures 1A, 1B y 1C y se han descrito anteriormente. Debe

reconocerse que la presente invención proporciona, en al menos una realización, una mejora sobre los sistemas que usan cristalizadores tales como el descrito en relación con la descripción de la Figura 1C. En particular, la presente invención permite la eliminación de cristalizadores junto con una significativa disminución concurrente de los costes del equipo.

5 Los procedimientos de la presente realización se usan para cristalizar las pastillas de prácticamente cualquier forma o tamaño. Normalmente, al menos una porción de la pluralidad de pastillas poliméricas son objetos tridimensionales caracterizados por una dimensión de tamaño más grande que es inferior a 0,635 cm. Ejemplos de formas de pastillas que se pueden utilizar en la práctica de la presente invención incluyen, entre otros, pastillas de forma esférica, pastillas de forma cilíndrica y pastillas con una sección transversal rectangular.

10 Con referencia a la figura 2, se proporciona una ilustración esquemática ideal de una realización de la presente invención. El procedimiento de esta realización comprende introducir una pluralidad de pastillas poliméricas 100 en el sistema transportador neumático 102 a través de la entrada de pastillas 104. En una variación se introduce una pluralidad de pastillas 100 en el cristalizador en una cantidad de 1000 1b/h a 200.000 1b/h. En una variación, las pastillas recicladas se pueden introducir en el sistema transportador neumático 102 junto con pastillas poliméricas 100 mediante un dispositivo de separación por presión diferencial 106. En esta variación, la temperatura de las pastillas 100 se puede ajustar variando la temperatura de las pastillas recicladas.

15 20 En al menos la realización ilustrada, las pastillas 100 se introducen en la entrada para pastillas 104 mediante el dispositivo de separación por presión diferencial 106. Ejemplos de dispositivos que se pueden usar para el dispositivo de separación por presión diferencial 106 incluyen, entre otros, esclusa rotatoria y recipientes de soplado.

25 30 La pluralidad de pastillas poliméricas 100 tiene una temperatura media inicial de la pastilla cuando se introduce en el sistema transportador 102. En algunas variaciones de la presente realización, las pastillas 100 están a una temperatura elevada que es útil para que se produzca la cristalización mientras las pastillas 100 se encuentran en el sistema transportador 102. En al menos algunas realizaciones, tales como cuando las pastillas 100 son PET, la temperatura elevada es de 135 °C a 205 °C, y, en otras realizaciones, de 155 °C a 200 °C. Las pastillas poliméricas se pueden proporcionar de cualquier manera, incluidos procedimientos en los que las pastillas poliméricas se vuelven a calentar después de enfriar. Un ejemplo de dicho procedimiento incluye hebras de PET cortadas con una cuchilla para hebras como se ha indicado anteriormente en relación con la descripción de la Figura 1B.

35 El sistema transportador neumático 102 incluye el conducto transportador 108. En un perfeccionamiento de la presente realización, la longitud total del conducto transportador 108 es de 304,8 cm a 30480 cm. En otro perfeccionamiento, la longitud total del conducto transportador 108 es de 1524 cm a 15240 cm. En otro perfeccionamiento más, la longitud total del conducto transportador 108 es de 3048,00 cm a 9.144 cm.

40 45 El conducto transportador 108 incluye la sección del conducto 110 que es sustancialmente horizontal. La configuración horizontal de la sección del conducto 110 permite situar a las pastillas para su transporte. Normalmente, la sección del conducto 110 tiene una longitud de 5 a 20 diámetros de tubo (es decir, el diámetro de la sección del conducto). El conducto de transportador neumático 110 incluye opcionalmente una sección inclinada hacia arriba 112. Tras entrar en la sección inclinada hacia arriba 112, las pastillas 100 son dirigidas para que se desplacen en una dirección ascendente, tal como la define un ángulo A₁ contra la fuerza de gravedad. Normalmente, el ángulo A₁ es menor de 90° y mayor de 0°. En una variación, A₁ es de 25° a 65°. En otra variación, A₁ es de 35° a 55°. Óptimamente, A₁ es de 45°. El conducto transportador 108 incluye opcionalmente secciones de conducto adicionales tal como la sección de conducto 116 que también es sustancialmente horizontal y una o más secciones verticales (no mostrado).

50 55 De acuerdo con el procedimiento de la presente realización, la pluralidad de pastillas poliméricas se transfieren neumáticamente desde la entrada 104 a la salida 118 mediante un gas transportador ilustrado esquemáticamente en 119. El flujo del gas transportador 119 se puede ajustar mediante un dispositivo de control de flujo 120. Ejemplos del dispositivo de control de flujo 120 adecuado incluyen, entre otros, compresores de medición, medidores de flujo, controladores del flujo de masa, válvulas, orificios, boquillas divergentes y similares. El gas transportador 119 tiene una temperatura suficiente para mantener la pluralidad de las pastillas 100 dentro de un intervalo de temperatura de modo que la cristalización de la pluralidad de pastillas poliméricas 100 se inicia o consigue sustancialmente antes de la eliminación de las pastillas del sistema transportador neumático 102. En al menos una realización, el intervalo de temperatura está por debajo de la temperatura de fusión de las pastillas poliméricas 100. Por ejemplo, cuando las pastillas 100 están formadas por PET, este intervalo de temperatura es de 135 °C a 200 °C.

60 El gas transportador 119 que efectúa la transferencia de las pastillas puede calentarse o enfriarse, opcionalmente, mediante un dispositivo de ajuste de temperatura 122. Además, la temperatura del gas transportador según se

introduce en el sistema transportador puede ser superior o menor a la temperatura de las pastillas introducidas en dicha entrada. En otras variaciones, una o más porciones del conducto transportador 108 se puede calentar o enfriar con camisas de calentamiento usando agua, vapor u otros medios de transferencia de calor. La figura 2 ilustra la transferencia de las pastillas 100 al dispositivo de recogida 126. Por último, el gas transportador 119 se recupera opcionalmente mediante un dispositivo de intercambio de calor 130 y los compuestos orgánicos volátiles se pueden destruir en un dispositivo de destrucción térmica 132. Opcionalmente, un dispositivo de eliminación de partículas (no mostrado) se puede colocar antes o después del dispositivo de intercambio de calor 130. En otras variaciones, la temperatura del gas transportador 119 puede ajustarse añadiendo gas caliente o frío a lo largo de la longitud del conducto transportador 108. Normalmente, el gas transportador se introduce en el sistema transportador a una temperatura que varía de 0 a 220 °C.

El sistema transportador 102 puede ser un sistema transportador de fase densa o de fase diluida. Cuando el sistema transportador 102 es un sistema transportador de fase densa, en al menos una realización, la longitud del conducto transportador 108 es de 5 a 20 diámetros de tubo de longitud con un tiempo de residencia de 30 segundos a 20 minutos. En otras variaciones, el tiempo de residencia es de 1 minuto a 20 minutos. En otras variaciones más, el tiempo de residencia es de 1 minuto a 10 minutos. En una variación, cuando el sistema transportador 102 es un sistema transportador de fase densa, la velocidad de transporte está en el intervalo de 3048 a 30480 cm por minuto, con una presión de transporte inferior o igual a 689,5 kPa (100 PSIG). En otra variación, cuando el sistema transportador 102 es un sistema transportador de fase densa, la velocidad de transporte está en el intervalo de 30480 a 91.440 cm por minuto, con una presión de transporte inferior o igual a 689,5 kPa. En otra variación más, cuando el sistema transportador 102 es un sistema transportador de fase densa, la velocidad de transporte está en el intervalo de 1524 a 30.480 cm por minuto, con una presión de transporte inferior o igual a 0,05 MPa. Cuando el sistema transportador 102 es un sistema transportador de fase diluida, en al menos una realización, la longitud del conducto transportador 108 es de 5 a 20 diámetros de tubo de longitud con un tiempo de residencia de 30 segundos a 10 minutos. En una variación, cuando el sistema transportador 102 es un sistema transportador de fase diluida, la velocidad de transporte está en el intervalo de 30480 a 121.920 cm por minuto, con una presión de transporte inferior o igual a 103,42 kPa. En otra variación, cuando el sistema transportador 102 es un sistema transportador de fase diluida, la velocidad de transporte es superior o igual a aproximadamente 121.920 cm por minuto, con una presión de transporte inferior o igual a 103,42 kPa. En otra variación más, cuando el sistema transportador 102 es un sistema transportador de fase diluida, la velocidad de transporte está en el intervalo de 30480 a 121.920 cm por minuto, con una presión de transporte inferior o igual a 0,05 MPa. En otra variación más, cuando el sistema transportador 102 es un sistema transportador de fase diluida, la velocidad de transporte es superior o igual a 121.920 cm por minuto, con una presión de transporte inferior o igual a 0,05 MPa.

En otra variación de la presente invención, las pastillas 10 entran en contacto con un fluido a una temperatura tal que las pastillas se enfrián mientras son transportadas en el sistema transportador neumático 102. En otro perfeccionamiento de esta variación, el fluido es un líquido con un punto de ebullición inferior a la temperatura media de las pastillas 100 en el lugar en el que se realiza el contacto con el fluido. Por tanto, en este perfeccionamiento el fluido entra en ebullición tras el contacto con las pastillas.

Con referencia a la Figura 3, se proporciona una ilustración esquemática de la sección inclinada hacia arriba 112 con las pastillas 100 en su interior. Cuando el sistema transportador neumático 102 incluye la sección inclinada hacia arriba 112 hay una tendencia de algunas de las pastillas 100 a desplazarse hacia abajo por la fuerza de gravedad, como se indica mediante la dirección d_3 . Dado que en general, hay un movimiento neto de las pastillas hacia arriba en la dirección d_4 , esta tendencia permite de forma ventajosa mezclar las pastillas. Por tanto, las pastillas 124, que han cristalizado y tienden a estar más calientes por el calor generado a partir del calor de la cristalización, se mezclan de forma eficiente con las pastillas amorfas 100 que todavía no han cristalizado. Esto permite la transferencia de calor desde las pastillas cristalizadas 124 a las pastillas amorfas 100, que ayuda a las pastillas amorfas a cristalizar.

En una variación particularmente útil de la presente realización, las pastillas poliméricas 100 se cortan con cuchillas troqueladoras de pastillas a la salida de la matriz, como se ha indicado antes en relación con la descripción de la figura 1C. En esta variación, las pastillas 100 se transfieren desde las cuchillas troqueladoras de pastillas a la salida de la matriz hasta el secador 90 a través de un sistema transportador 92. Ejemplos de secadores útiles incluyen secadores centrípetos que extraen las pastillas 100 del agua. Debe apreciarse que, en este contexto, el secador 90 es cualquier dispositivo que se puede usar para separar las pastillas del agua. Después de salir del secador 90, el agua adicional se puede eliminar mediante ebullición debido al contenido de calor de las pastillas 100, que todavía es relativamente alto después de salir del secador 90. En esta variación, usando cuchillas troqueladoras de las pastillas a la salida de la matriz, las pastillas 100 se transfieren lo suficientemente rápido desde las cuchillas al secador de modo que las pastillas 100 conservan una cantidad sustancial de calor. Normalmente, las pastillas poliméricas que salen de dicho secador tienen temperaturas superiores a 135 °C.

- Debe apreciarse que cada una de las pastillas 100 tiene normalmente una distribución de la temperatura relativamente no uniforme, siendo el interior de las pastillas más caliente que el exterior de las pastillas. Esto se debe al efecto de enfriamiento del agua usada en las cuchillas troqueladoras a la salida de la matriz y el sistema
- 5 transportador de pastillas 92 y la baja conductividad térmica del polímero. Además, es probable que cada pastilla tenga un perfil de temperatura ligeramente variable. Por tanto, es adecuado describir la pluralidad de las pastillas como que tienen una temperatura media de pastilla.
- 10 También debe apreciarse que el agua usada para transportar pastillas 100 desde las cuchillas troqueladoras a la salida de la matriz hasta el secador 90 deben sustituirse por otros fluidos transportadores con propiedades de transferencia de calor superiores o más deseables. La temperatura media de las pastillas 100 también se puede controlar mediante la temperatura del agua (o de otro fluido transportador) usada para transportar las pastillas 100 desde las cuchillas troqueladoras a la salida de la matriz hasta el secador 90. Por ejemplo, el fluido transportador puede calentarse para permitir temperaturas iniciales medias de las pastillas más altas (introducidas en el sistema
- 15 transportador neumático 102) o enfriarse para permitir temperaturas iniciales medias de las pastillas más bajas. En un procedimiento formador de poliéster típico, el tiempo de tránsito desde las cuchillas troqueladoras a la salida de la matriz hasta el secador 90 es del orden de unos pocos segundos con una pastilla que contiene pasta que viaja a una velocidad de 304,8 cm/s a 914,4 cm/s mientras están en el sistema transportador de pastillas 92.
- 20 En una variación de la presente realización, las pastillas poliméricas 100 entran en el sistema transportador neumático 102 con una temperatura media superior a una temperatura óptima para la cristalización. En esta variación, las pastillas poliméricas 100 se enfrian mediante el gas transportador, que en esta variación tendrá una temperatura inferior a la de la temperatura media de las pastillas 100. El procedimiento de la presente variación es particularmente útil para la cristalización de pastillas de tereftalato de polietileno, que normalmente comienza a
- 25 cristalizar a una temperatura de 135 °C y se funden a una temperatura de 200 °C. Cuando las pastillas 100 tienen regiones con suficiente contenido en calor para que se produzca la cristalización, la temperatura media de la pastilla aumenta a medida que las pastillas 100 son transportadas. Este incremento de temperatura es el resultado de la liberación del calor de cristalización desde las pastillas 100 a medida que cristalizan.
- 30 En un perfeccionamiento de la presente variación, la diferencia entre la temperatura inicial media de la pastilla (cuando se introduce en el sistema transportador neumático 102) y la temperatura de cristalización es menor que el incremento de temperatura inducido mediante la cristalización de las pastillas 100 en ausencia de enfriamiento externo. Por tanto, en este perfeccionamiento, el gas transportador enfriado se usa para transportar reumáticamente las pastillas e inhibir la fusión o adherencia de las pastillas al tiempo que permite la cristalización.
- 35 En otra variación de la presente invención, las pastillas contendrán suficiente calor interno para que se produzca la cristalización. En otras variaciones de la presente invención, las pastillas no contienen suficiente calor para la cristalización. En esta última variación, la temperatura media de las pastillas se ajusta por contacto con un gas transportador a una temperatura elevada.
- 40 En otra variación más de la presente realización, las pastillas poliméricas 100 entran en el sistema transportador neumático 102 con una temperatura media demasiado baja como para que se produzca cristalización en la medida deseada. En esta situación, la temperatura del gas transportador es tal que las pastillas poliméricas 100 se calientan por contacto con el gas transportador (es decir, la temperatura del gas transportador es superior a la temperatura media de las pastillas 100).
- 45 En otra variación más de la presente invención, el gas transportador 119 tiene suficiente temperatura para extraer el acetaldehído de las pastillas 100. Para que la extracción del acetaldehído sea lo más eficiente posible, la temperatura del gas transportador 119 debe ser inferior a la concentración en equilibrio del acetaldehído en las pastillas 100 a las temperaturas y presiones presentes en el sistema transportador neumático 102. El acetaldehído en el gas transportador 119 debe estar por debajo de la presión de vapor del acetaldehído en las pastillas 100 para permitir que el acetaldehído difunda en el gas transportador. En una variación, la temperatura del gas transportador es suficiente para reducir el acetaldehído residual de las pastillas poliméricas en al menos 4 ppm. En otra variación, la temperatura del gas transportador es suficiente para reducir el acetaldehído residual de las pastillas poliméricas en
- 50 al menos 2 ppm. En otra variación más, la temperatura del gas transportador es suficiente para reducir el acetaldehído residual de las pastillas poliméricas en al menos 1 ppm. Además, la extracción adicional de acetaldehído se consigue opcionalmente en el dispositivo o vaso de recolección 126 (Figura 2) haciendo fluir gas adicional a través de dicho dispositivo mediante el conducto 134. Este gas adicional se aísla a través del conducto 136, destruyéndose el acetaldehído extraído en el dispositivo de destrucción térmica 132. En una variación, las pastillas que salen por la salida 118 del sistema transportador se introducen de forma continua en un vaso en el que se reduce el nivel residual de acetaldehído de las pastillas. En otro perfeccionamiento de esta variación, el vaso está

orientado con una entrada y una salida en ubicaciones tales que el régimen de flujo de las pastillas poliméricas de poliéster dentro de dicho vaso fluye por un tapón. Normalmente, la reducción del nivel de acetaldehído dentro de dicho vaso es de al menos 4 ppm. En otro perfeccionamiento, la reducción del nivel de acetaldehído dentro de dicho vaso es de al menos 2 ppm. La extracción de acetaldehído se potencia además usando pastillas relativamente más pequeñas.

Con referencia a las figuras 4 y 5, se proporcionan variaciones de la presente realización. En la Figura 4, se ilustra una variación en la que el conducto transportador 108 es sustancialmente horizontal con respecto a la entrada 104. En esta variación, la pluralidad de las pastillas poliméricas 100 se introduce en el conducto transportador 108 en la sección del conducto 110 que es sustancialmente horizontal. El conducto transportador 108 puede permanecer sustancialmente horizontal hasta la siguiente estación o dispositivo para el procedimiento (p. ej., dispositivo de recolección 126). La sección del conducto 110 permanece sustancialmente horizontal alguna distancia. En un perfeccionamiento, la sección del conducto 110 es horizontal al menos 304,8 cm. En otro perfeccionamiento, la sección del conducto 110 es horizontal para una distancia de al menos 1.524 cm. En otro perfeccionamiento más, la sección del conducto 110 es horizontal para una distancia de al menos 3.048 cm.

También debe apreciarse que la longitud total del conducto transportador 108 es de 304,80 cm a 30.480 cm. En otro perfeccionamiento, la longitud total del conducto transportador 108 es de 1524 cm a 15240 cm. En otro perfeccionamiento más, la longitud total del conducto transportador 108 es de 3048,00 cm a 9.144 cm.

En la Figura 5, se ilustra una variación en la que el conducto transportador 108 está inicialmente en ángulo desde una región adyacente a la entrada para pastillas 104. El conducto transportador 108 puede permanecer sustancialmente inclinado hasta la siguiente estación o dispositivo para el procedimiento (p. ej., dispositivo de recolección 126).

Como gas transportador 119 se puede usar cualquier tipo de gas, inerte o reactivo, que no reaccione sustancialmente con las pastillas 100 ni afecte de forma adversa a las propiedades de las pastillas. Gases adecuados incluyen, entre otros, aire, nitrógeno, argón, dióxido de carbono, combinaciones de los mismos, y similares. En una variación de la presente realización, el dispositivo de control de flujo 120 se usa para controlar el caudal del gas transportador 119. En otra variación, el caudal del gas transportador 119 se puede controlar mediante un condensador de presión positiva, tal como un compresor de lóbulo rotatorio, que puede controlar la velocidad del gas transportador para controlar el flujo.

En otra realización de la presente invención se proporciona un sistema transportador neumático para cristalizar pastillas poliméricas implementando los procedimientos de la invención. Con referencia a la figura 2, el sistema transportador neumático 102 incluye además una entrada 104 para introducir la pluralidad de pastillas poliméricas 100 en el conducto 108 y una salida 118 para retirar la pluralidad de pastillas poliméricas. En al menos la realización ilustrada, las pastillas 100 se introducen en la entrada para pastillas 104 mediante el dispositivo de separación por presión diferencial 106. Ejemplos de dispositivos que se pueden usar para el dispositivo de separación por presión diferencial 106 incluyen, entre otros, esclusas rotatorias y recipientes de soplado. El sistema transportador neumático 102 incluye un conducto transportador 108 para transportar neumáticamente una pluralidad de pastillas poliméricas 100 con un gas transportador 119.

En un perfeccionamiento de la presente realización, la longitud total del conducto transportador 108 es de 304,80 cm a 30.480 cm. En otro perfeccionamiento, la longitud total del conducto transportador 108 es de 1524 cm a 15240 cm. En otro perfeccionamiento más, la longitud total del conducto transportador 108 es de 3048,00 cm a 9.144 cm. El conducto transportador 108 incluye la sección del conducto 110 que es sustancialmente horizontal. La configuración horizontal de la sección del conducto 110 permite situar a las pastillas para su transporte. Normalmente, la sección del conducto 110 tiene una longitud de 5 a 20 diámetros de tubo. El conducto transportador neumático 110 incluye, opcionalmente, la sección inclinada hacia arriba 112, cuyos detalles se han indicado anteriormente.

El conducto transportador 108 incluye opcionalmente secciones de conducto adicionales tal como la sección de conducto 116 que también es sustancialmente horizontal. De acuerdo con el procedimiento de la presente realización, la pluralidad de pastillas poliméricas se transfieren reumáticamente desde la entrada 104 a una salida 118 con un gas transportador. El flujo del gas transportador 119 se puede ajustar mediante el dispositivo de control del flujo 120. Ejemplos del dispositivo de control del flujo adecuados 120 incluyen, entre otros, compresores medidores, medidores de flujo, controlador del flujo de masa, válvulas y similares. El gas transportador 119 tiene una temperatura suficiente para mantener la pluralidad de las pastillas dentro de un intervalo de temperatura de modo que la cristalización de la pluralidad de pastillas poliméricas se inicia o consigue sustancialmente antes de la eliminación de las pastillas del sistema transportador neumático 102. En al menos una realización, el intervalo de temperatura está por debajo de la temperatura de fusión de las pastillas poliméricas 100.

5 El gas transportador 119, que efectúa la transferencia de las pastillas, puede calentarse o enfriarse opcionalmente mediante el dispositivo de ajuste de la temperatura 122. La figura 2 ilustra las pastillas 100 que se están transfiriendo al dispositivo de recolección 126. Por último, el gas transportador 119 se recupera opcionalmente mediante el dispositivo de intercambio de calor 130 y los compuestos orgánicos volátiles se pueden destruir en el dispositivo de destrucción térmica 132.

10 La Figura 4 proporciona una ilustración esquemática en la que la sección del conducto 110 se extiende horizontalmente alguna distancia. En otro perfeccionamiento, el conducto transportador 108 puede permanecer sustancialmente horizontal hasta la siguiente estación o dispositivo para el procedimiento (p. ej., dispositivo de recolección 126). En un perfeccionamiento, la sección del conducto 110 es horizontal al menos 304,8 cm. En otro perfeccionamiento, la sección del conducto 110 es horizontal para una distancia de al menos 1.524 cm. En otro perfeccionamiento más, la sección del conducto 110 es horizontal para una distancia de al menos 3.048 cm. 15 También debe apreciarse que la longitud total del conducto transportador 108 es de 304,80 cm a 30.480,00 cm. En otro perfeccionamiento, la longitud total del conducto transportador 108 es de 1524 cm a 15240 cm. En otro perfeccionamiento más, la longitud total del conducto transportador 108 es de 3048,00 cm a 9.144 cm.

20 En la Figura 5, se ilustra una variación en la que el conducto transportador 108 está inicialmente en ángulo desde una región adyacente a la entrada para pastillas 104. El conducto transportador 108 puede permanecer sustancialmente inclinado hasta la siguiente estación o dispositivo para el procedimiento (p. ej., dispositivo de recolección 126).

25 Aunque se han ilustrado y descrito realizaciones de la invención, no se pretende que estas realizaciones ilustren y describan todas las formas posibles de la invención. No obstante, los términos usados en la memoria descriptiva son términos de descripción y no de limitación, y debe entenderse que se pueden realizar varias modificaciones sin desviarse del espíritu y el alcance de la invención.

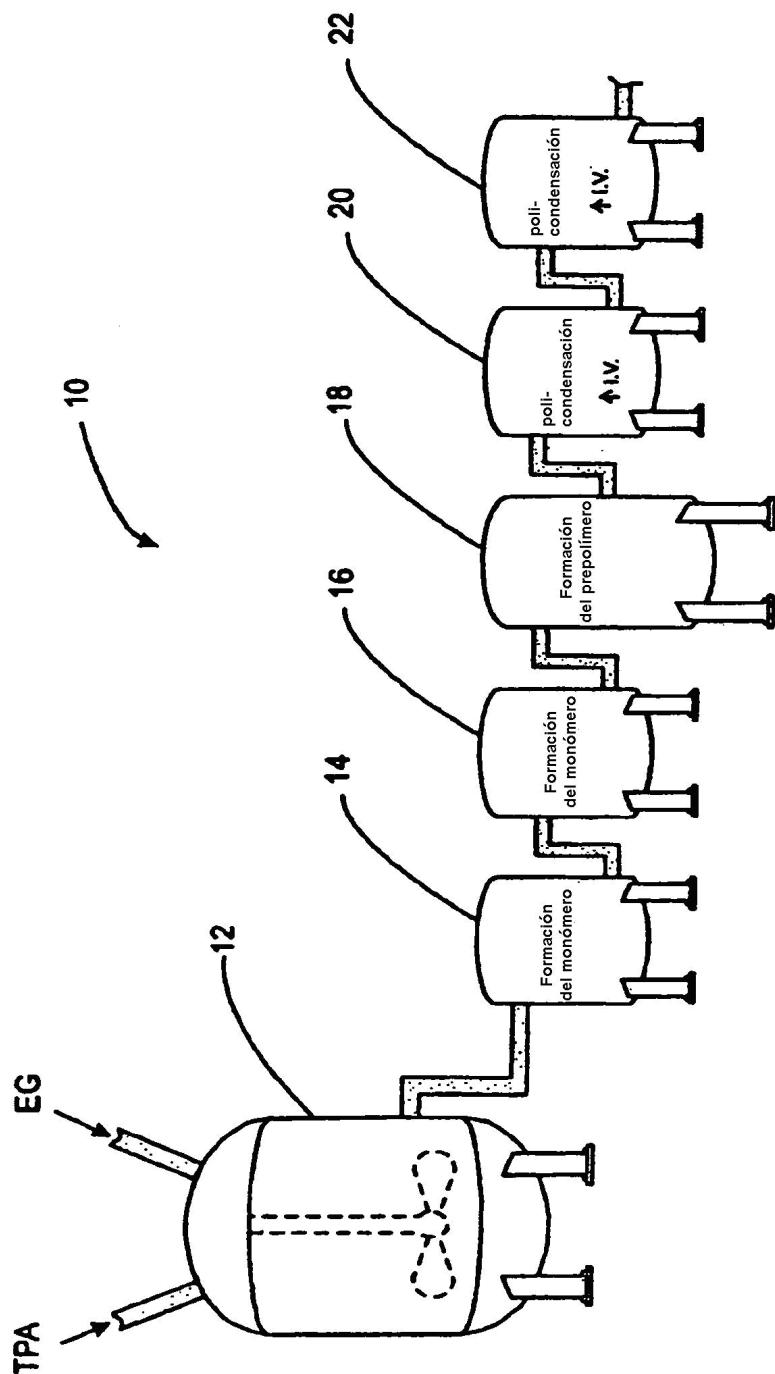
REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de cristalizar una pluralidad de pastillas poliméricas, en el que el procedimiento comprende:
 - 5 a) introducir la pluralidad de pastillas poliméricas en un sistema transportador neumático en una entrada, comprendiendo la pluralidad de las pastillas poliméricas un polímero cristalizable que tiene una temperatura de cristalización y una temperatura de fusión; y
 - 10 b) transferir neumáticamente la pluralidad de pastillas poliméricas desde la entrada a una salida con un gas transportador, teniendo el gas transportador una temperatura suficiente para mantener la pluralidad de pastillas poliméricas dentro de un intervalo de temperatura de modo que la pluralidad de pastillas poliméricas tenga un grado de cristalinidad superior al 30 % en peso antes de la retirada de la salida del sistema transportador.
- 15 2. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que una porción de la pluralidad de las pastillas poliméricas tiene una forma esférica o una forma cilíndrica.
- 20 3. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que una porción de la pluralidad de las pastillas tiene una sección transversal rectangular.
- 25 4. El procedimiento de la reivindicación 3, en el que el poliéster es un polímero o copolímero de tereftalato de polietileno.
- 30 5. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que el grado de cristalinidad de las pastillas introducidas en el sistema transportador aumenta en al menos un 10 %.
- 35 6. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que el polímero cristalizable comprende PET y el intervalo de temperatura es de aproximadamente 135 °C a aproximadamente 200 °C.
- 40 7. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que el tiempo de residencia de las pastillas en el sistema transportador es de 30 segundos a 20 minutos.
- 45 8. El procedimiento de la reivindicación 1, que además comprende separar de forma continua un líquido de las pastillas para formar una corriente de pastillas parcialmente secas e introducir de forma continua la corriente de pastillas parcialmente secas en la entrada del sistema transportador, en el que las pastillas, cuando se introducen en la entrada del sistema transportador, tienen un contenido en humedad inferior al 1 % en peso.
- 50 9. El procedimiento de la reivindicación 1, que además comprende, en un procedimiento continuo, polimerizar en fase de fusión polímero fundido poliéster virgen, solidificar el polímero fundido para formar pastillas en contacto con agua, separar al menos una porción del agua de las pastillas e introducir dichas pastillas en dicho sistema transportador, en el que dichas pastillas de polímero de poliéster formadas a partir del procedimiento de solidificación tienen un It.V de al menos 0,70 dl/g.
- 55 10. El procedimiento de la reivindicación 9, en el que las pastillas que salen de la salida del sistema transportador se introducen de forma continua en un vaso en el que se reduce el nivel residual del acetaldehído de las pastillas, en el que la reducción del nivel de acetaldehído dentro de dicho vaso es de al menos 4 ppm.
- 60 11. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que el sistema transportador neumático comprende una sección inclinada hacia arriba que tiene un ángulo tal que la pluralidad de pastillas poliméricas viajan hacia arriba cuando son transportadas a través de la sección inclinada hacia arriba.
12. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que una porción de la pluralidad de pastillas poliméricas están en una sección inclinada hacia arriba que tiene un ángulo tal que la pluralidad de pastillas poliméricas viajan hacia arriba cuando son transportadas a través de la sección inclinada hacia arriba.
13. El procedimiento de la reivindicación 1, que además comprende envasar dichas pastillas en un envase para envío, en el que dichas pastillas no se polimerizan en el estado sólido.
14. Un sistema transportador neumático para cristalizar pastillas poliméricas de acuerdo con el procedimiento de la reivindicación 1, comprendiendo dicho sistema transportador neumático:
 - 65 un conducto para transportar neumáticamente una pluralidad de pastillas poliméricas con un gas transportador,

teniendo el gas transportador una longitud suficiente de modo que cuando la temperatura del gas transportador está dentro de un intervalo predeterminado, la pluralidad de pastillas poliméricas tiene un grado de cristalinidad superior al 30 % en peso antes de la retirada de la salida del sistema transportador; una entrada para introducir la pluralidad de las pastillas poliméricas en el conducto;

5

y una salida para retirar la pluralidad de pastillas poliméricas.



Técnica anterior

Figura 1A

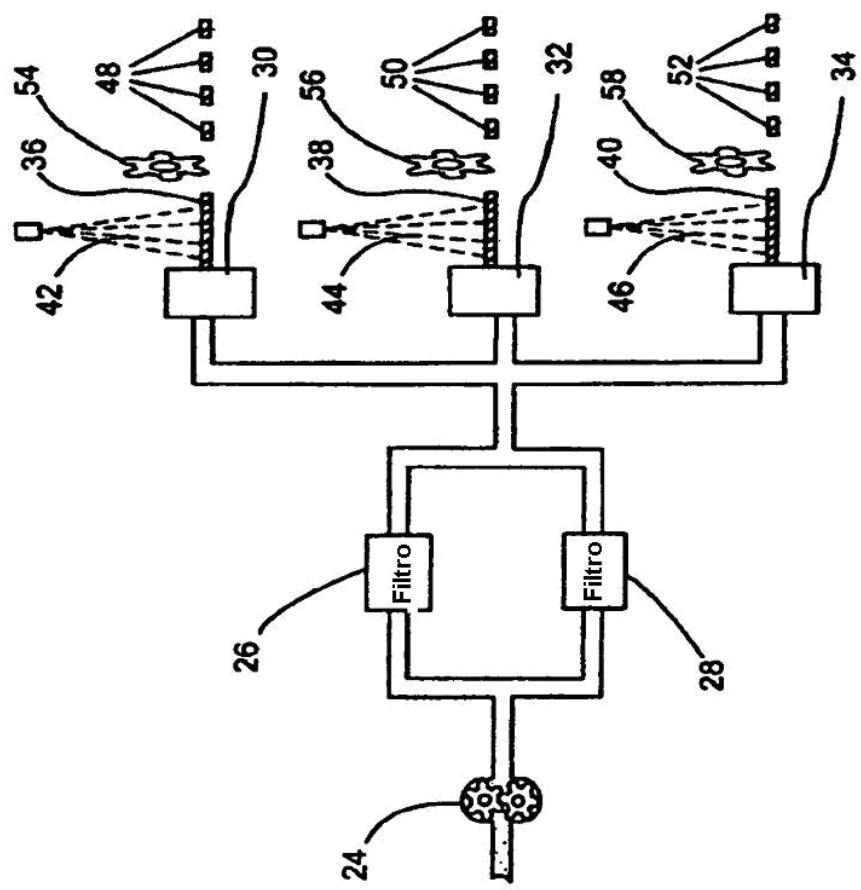


Figura 1B

Técnica anterior

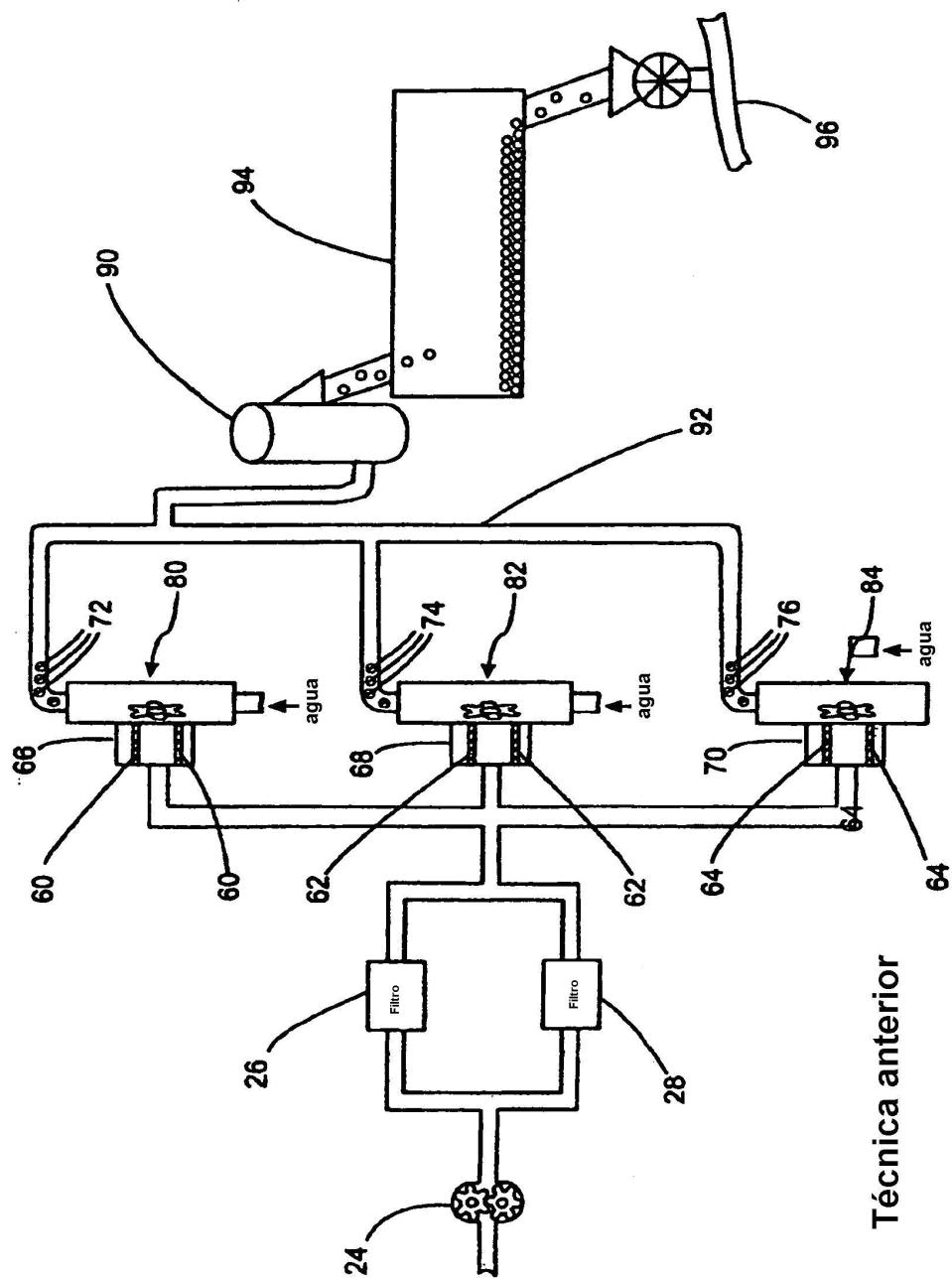


Figura 1C

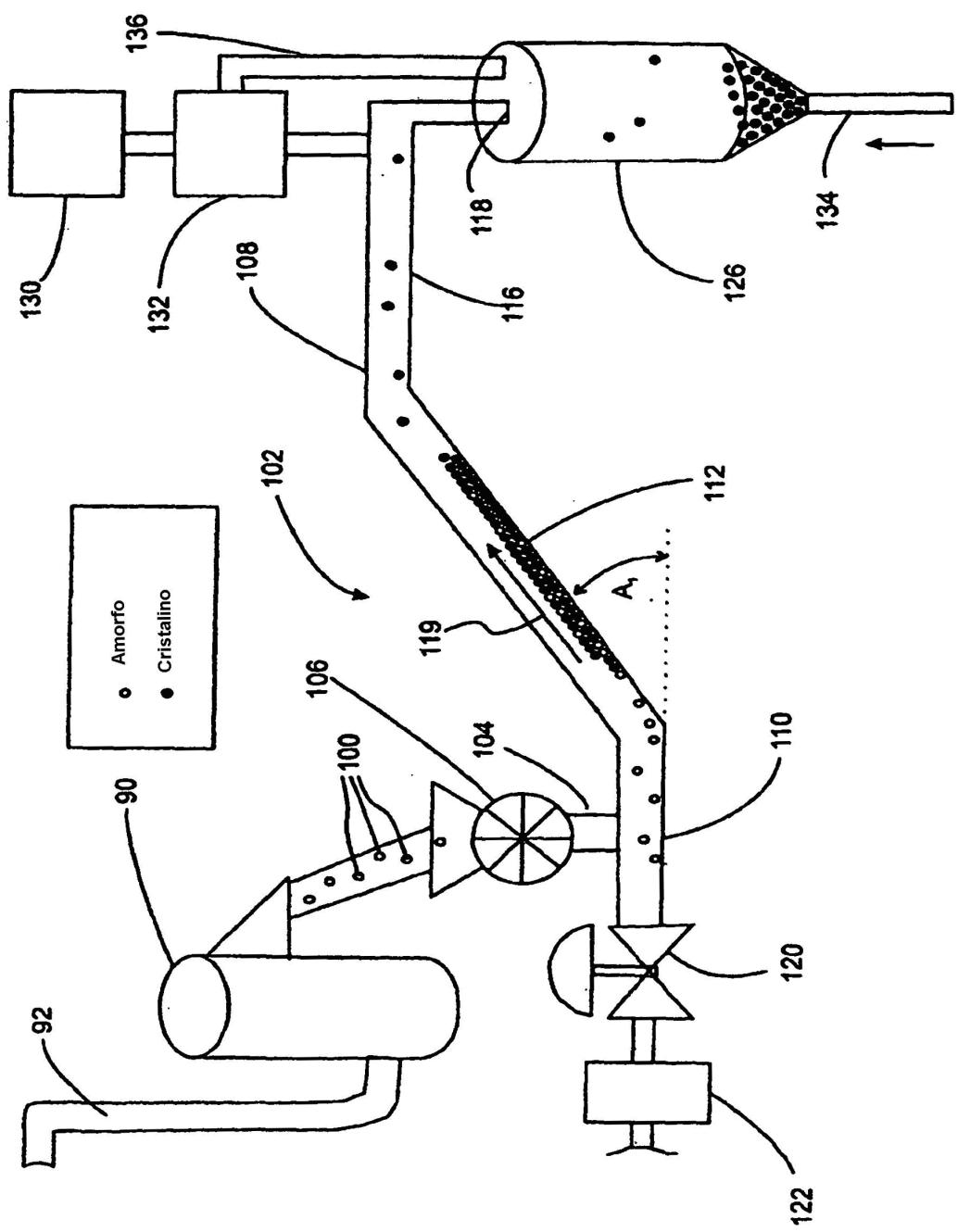


Figura 2

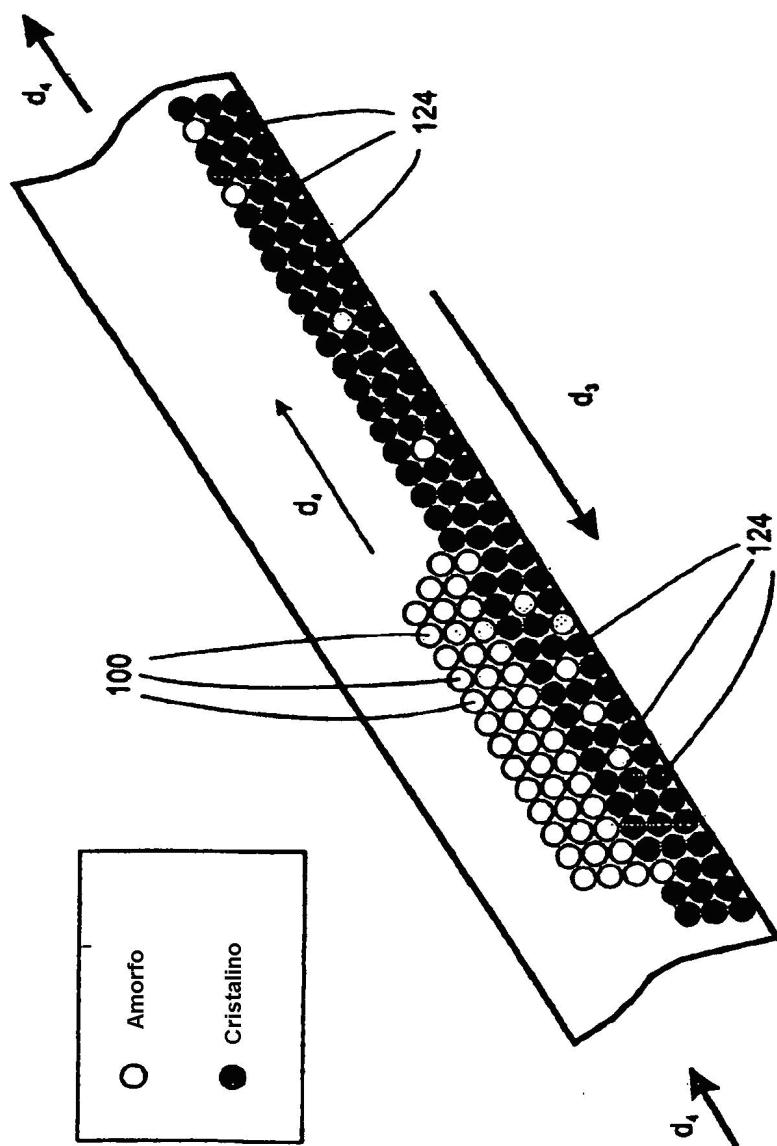


Figura 3

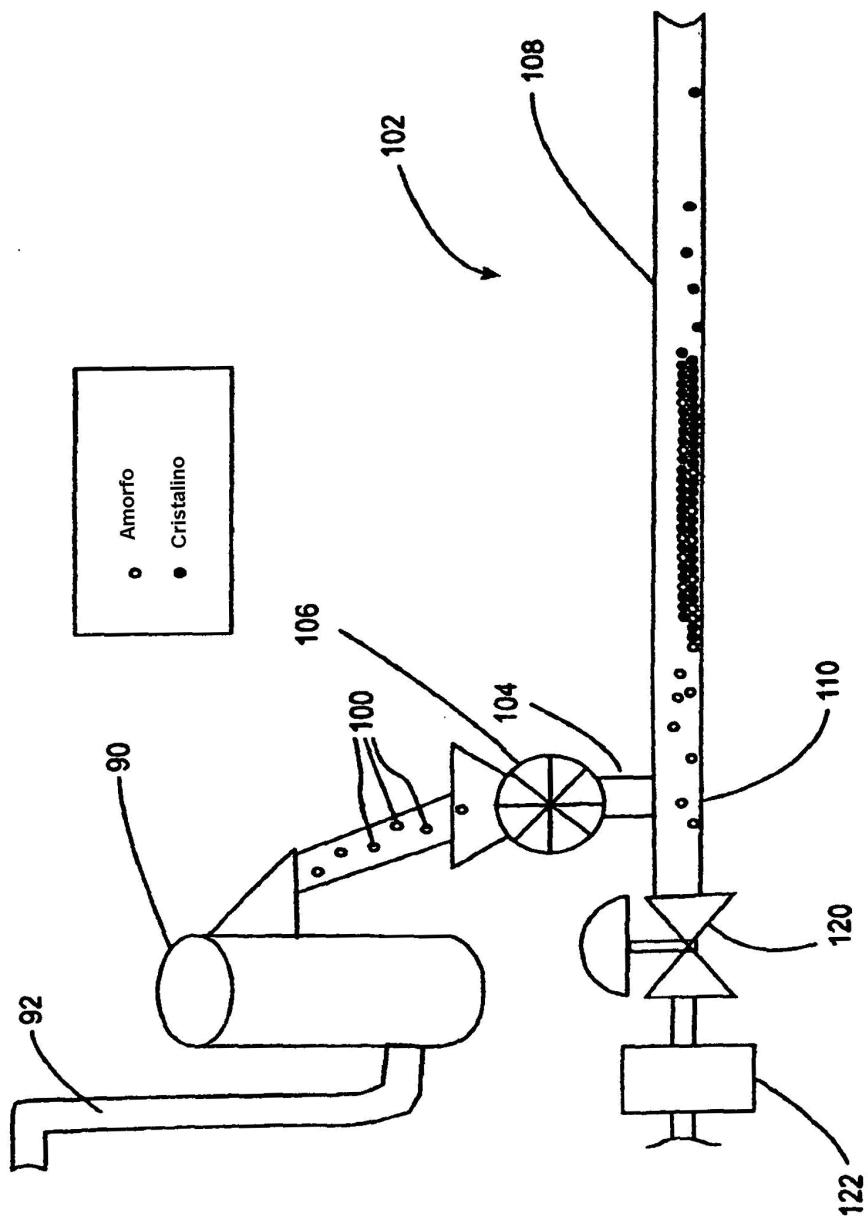


Figura 4

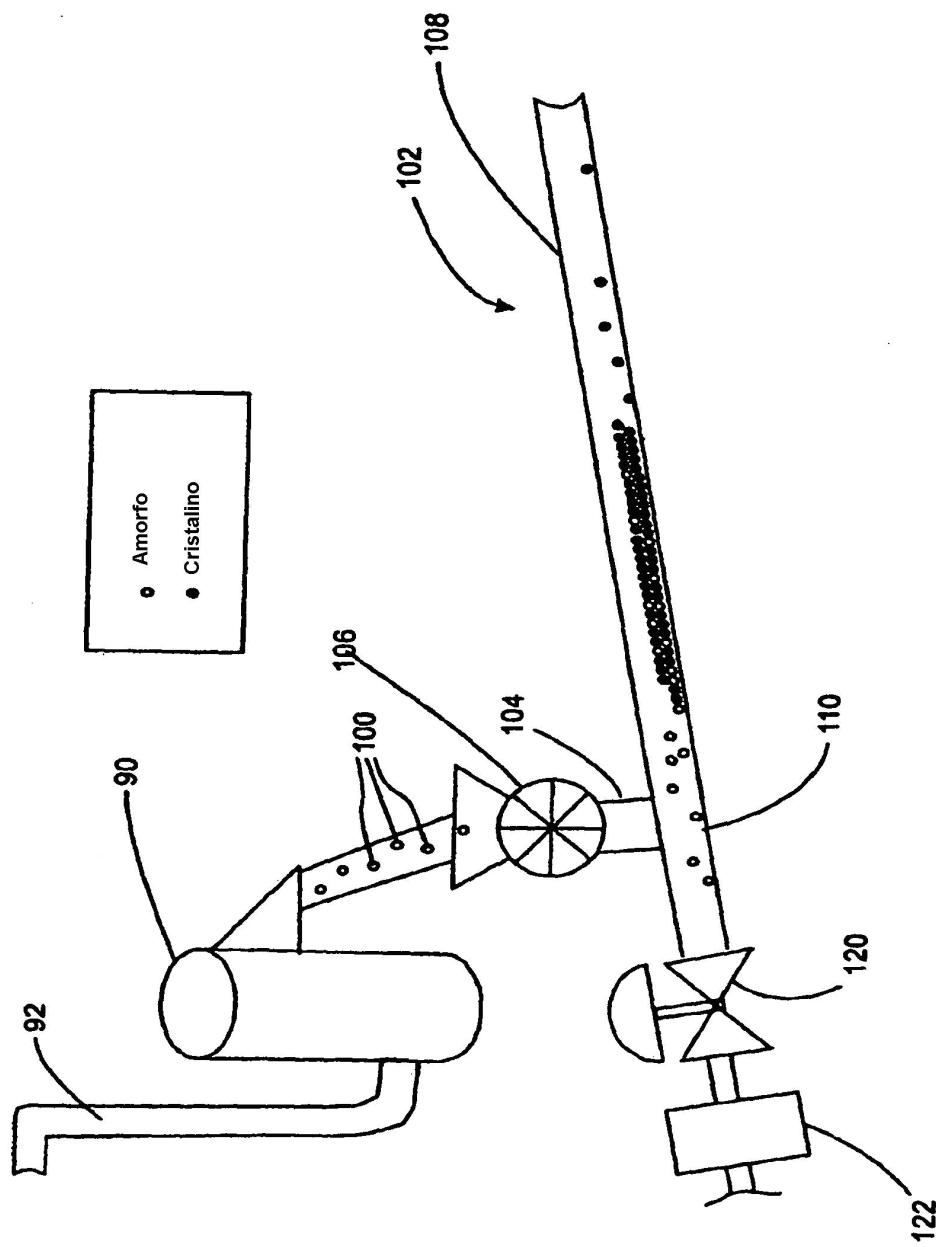


Figura 5

REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCIÓN

Esta lista de referencias citadas por el solicitante sólo se proporciona para comodidad del lector. No forma parte del documento de patente europea. Aunque se ha tenido mucho cuidado a la hora de recopilar las referencias, no se pueden excluir los errores u omisiones y la EPO no se hace responsable a este respecto.

Documentos de patente citados en la descripción

- US 5310515 A [0004]
- WO 2004033174 A [0008]
- US 20050110182 A [0008]
- US 20050110184 A [0008]