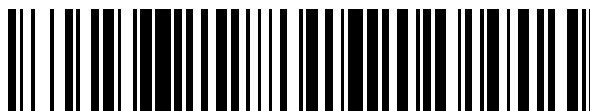


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 703 152**

51 Int. Cl.:

C10L 5/40

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.05.2013 PCT/US2013/040597**

87 Fecha y número de publicación internacional: **14.11.2013 WO13170184**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.05.2013 E 13787793 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.10.2018 EP 2847304**

54 Título: **Procedimientos de producción de materias primas de combustible obtenidos por ingeniería con contenido de cloro reducido**

30 Prioridad:

11.05.2012 US 201261645999 P
15.03.2013 US 201361786951 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
07.03.2019

73 Titular/es:

ACCORDANT ENERGY, LLC (100.0%)
225 S.Main Street, 2nd Floor
Rutland, VT 05701, US

72 Inventor/es:

BAI, DINGRONG

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

Observaciones:

Véase nota informativa (Remarks, Remarques o Bemerkungen) en el folleto original publicado por la Oficina Europea de Patentes

ES 2 703 152 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

Procedimientos de producción de materias primas de combustible obtenidos por ingeniería con contenido de cloro reducido

Antecedentes

5 Las realizaciones que se describen en el presente documento se refieren en general a combustibles alternativos, productos químicos y materias primas de combustible obtenido por ingeniería y, en particular, a sistemas y procedimientos de producción de una materia prima de combustible obtenido por ingeniería que tiene un contenido de cloro significativamente reducido. La materia prima de combustible obtenido por ingeniería puede incluir aditivos para controlar las emisiones, prevenir la corrosión y/o mejorar el rendimiento operativo durante las aplicaciones de combustión o gasificación. Las materias primas que se describen en el presente documento incluyen al menos un componente de desechos sólidos municipales procesados, un aditivo y, opcionalmente, otros componentes.

10 Las fuentes de combustibles fósiles útiles para la calefacción, el transporte y la producción de productos químicos y petroquímicos son cada vez más escasas y caras. Las industrias tales como aquellas que producen energía y productos petroquímicos están buscando activamente materias primas de combustible obtenido por ingeniería rentables para su uso en la generación de aquellos productos y muchos otros. Adicionalmente, debido a los costes cada vez mayores de los combustibles fósiles, los costes de transporte para mover materias primas de combustible obtenido por ingeniería para la producción de energía y productos petroquímicos están aumentando rápidamente.

15 Estas industrias productoras de energía y productos petroquímicos, y otras, se han basado en el uso de combustibles fósiles, tales como el carbón, el petróleo y el gas natural, para su uso en procedimientos de combustión y gasificación para la producción de energía, calefacción y electricidad, y la generación de gas de síntesis utilizado para la producción posterior de productos químicos y combustibles líquidos, así como una fuente de energía para turbinas.

20 Una fuente potencialmente importante de materia prima para la producción de un combustible obtenido por ingeniería son los desechos sólidos. Los desechos sólidos, tales como los desechos sólidos municipales (DSM), normalmente se desechan en vertederos o se usan en procedimientos de combustión para generar calor y/o vapor para su uso en turbinas. Los inconvenientes que acompañan a la combustión incluyen la producción de contaminantes tales como óxidos de nitrógeno, óxidos de azufre, partículas y productos de cloro que son dañinos para el medio ambiente. En particular, la combustión incompleta de plásticos clorados es especialmente peligrosa puesto que puede conducir a la formación de dioxinas. Para reducir la formación de dioxinas, es deseable retirar el cloro de los plásticos antes de la combustión.

25 Por tanto, existe una necesidad de materias primas de combustible alternativas que se quemen de manera limpia y eficiente, y que puedan usarse para la producción de energía y/o productos químicos. Al mismo tiempo, existe la necesidad de sistemas de gestión de desechos que implementen procedimientos para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero de los desechos en la utilización de dichos desechos. En particular, existe la necesidad de sistemas y procedimientos mejorados para clasificar el material de desecho y recuperar un valor de recurso de los componentes del material de desecho. Mediante el aprovechamiento y el uso del contenido de energía contenido en los desechos, es posible reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y/o reducir de otra manera las emisiones generadas durante el procesamiento de los desechos, usando de este modo los desechos generados por los consumidores comerciales y residenciales.

30 El documento US 2011/099890 A1 desvela materias primas de combustible derivadas de corrientes de desechos sólidos municipales.

Sumario

La invención se define por las reivindicaciones adjuntas.

35 En el presente documento se describen sistemas y procedimientos de producción de combustibles obtenidos por ingeniería a partir de material de desecho sólido municipal. En algunas realizaciones, un procedimiento incluye la combinación de una primera corriente de desechos que incluye al menos uno de plástico duro, plástico blando y plástico mezclado con un sorbente, en el que al menos uno de plástico duro, plástico blando y plástico mezclado incluye un plástico clorado, y aumenta la temperatura de la primera corriente de desechos combinada y el sorbente a una temperatura de al menos 290 °C. El procedimiento incluye adicionalmente la combinación de la primera corriente de desechos tratada térmicamente y el sorbente con una segunda corriente de desechos que incluye fibra, y la compresión de la primera corriente de desechos combinada, el sorbente y la segunda corriente de desechos para formar una materia prima de combustible obtenido por ingeniería densificada.

Breve descripción de los dibujos

40 La FIG. 1 es un diagrama de flujo que ilustra un procedimiento para producir una materia prima de combustible obtenido por ingeniería a partir de material de desecho, de acuerdo con una realización.

La FIG. 2 es una ilustración esquemática de un sistema para producir una materia prima de combustible obtenido por ingeniería a partir de material de desecho, de acuerdo con una realización.

La FIG. 3 es una ilustración esquemática de un sistema para producir una materia prima de combustible obtenido por ingeniería a partir de material de desecho, de acuerdo con una realización.

5 La FIG. 4 es una ilustración esquemática de un sistema para producir una materia prima de combustible obtenido por ingeniería a partir de material de desecho, de acuerdo con una realización.

La FIG. 5 es una ilustración de un mecanismo de pretratamiento utilizado en la producción de una materia prima de combustible obtenido por ingeniería a partir de material de desecho, de acuerdo con una realización.

10 La FIG. 6 es una ilustración de un mecanismo de pretratamiento utilizado en la producción de una materia prima de combustible obtenido por ingeniería a partir de material de desecho, de acuerdo con una realización.

La FIG. 7 es una ilustración de un mecanismo de pretratamiento utilizado en la producción de una materia prima de combustible obtenido por ingeniería a partir de material de desecho, de acuerdo con una realización.

Descripción detallada

15 En el presente documento se describen sistemas y procedimientos de producción de combustibles obtenidos por ingeniería a partir de material de desecho sólido municipal. En algunas realizaciones, un procedimiento incluye recibir una corriente de desechos en una plataforma de procesamiento de múltiples materiales y separar la corriente de desechos para retirar desechos no procesables, artículos prohibidos y productos reciclables comercializables. El procedimiento incluye adicionalmente el transporte de materiales procesables a un sistema de clasificación de materiales, el tratamiento térmico del material clasificado para reducir el contenido de cloro y la incorporación
20 adicional de aditivos para producir un combustible obtenido por ingeniería a partir de los componentes de la corriente de desechos.

El término "aproximadamente" cuando precede inmediatamente a un valor numérico significa un intervalo de más o menos el 10 % de ese valor, por ejemplo, "aproximadamente 5" significa de 4,5 a 5,5, "aproximadamente 50" significa de 45 a 55, "aproximadamente 25.000" significa de 22.500 a 27.500, etc. Además, las frases "inferior a aproximadamente" un valor o "superior a aproximadamente" un valor han de entenderse a la vista de la definición de la expresión "acerca de" que se proporciona en el presente documento.

25 La expresión "contenido de carbono" significa todo el carbono contenido en el carbono fijo (véase la definición a continuación), así como en todas las materias volátiles de la muestra.

30 La expresión "desechos comerciales" significa desechos sólidos generados por tiendas, oficinas, restaurantes, almacenes y otras actividades que no sean de fabricación ni de procesamiento. Los desechos comerciales no incluyen desechos domésticos, de procesamiento, industriales o especiales.

La expresión "escombros de construcción y demolición" (CyD) significa desechos sólidos no contaminados resultantes de la construcción, la remodelación, la reparación y la demolición de servicios auxiliares, estructuras y carreteras; y desechos sólidos no contaminados resultantes del desbroce. Dichos desechos incluyen, pero no se limitan a, ladrillos, hormigón y otros materiales de albañilería, suelo, roca, madera (incluyendo la madera pintada, tratada y revestida y productos de madera), escombros de desbroce, revestimientos de paredes, escayola, paneles de escayola, accesorios de fontanería, aislamiento sin amianto, tejas para techar y otros revestimientos para techos, pavimento asfáltico, vidrio, plásticos que no se sellen de una manera que oculte otros desechos, cubos vacíos de 38 l (diez galones) o menos de tamaño y que no tengan más de 2,54 cm (una pulgada) de residuo restante en la parte inferior, cableado eléctrico y componentes que no contengan líquidos peligrosos y tuberías y metales que sean secundarios a cualquiera de los anteriores. Los desechos sólidos que no son escombros de CyD (incluso si son resultado de la construcción, la remodelación, la reparación y la demolición de servicios auxiliares, estructuras y carreteras y desbroce) incluyen, pero no se limitan a, desechos de amianto, basura, tableros de recipientes corrugados, accesorios eléctricos que contienen líquidos peligrosos tales como balastos o transformadores de luz fluorescente, luces fluorescentes, alfombras, muebles, electrodomésticos, neumáticos, tambores, recipientes con un tamaño superior a 38 l (diez galones), cualquier recipiente que tenga más de 2,54 cm (una pulgada) de residuo restante en la parte inferior y tanques de combustible. Se excluyen específicamente de la definición de escombros de construcción y demolición los desechos sólidos (incluyendo los que por lo demás serían escombros de construcción y demolición) resultantes de cualquier técnica de procesamiento, que haga que los componentes
40 individuales de los desechos no sean reconocibles, tal como la pulverización o la trituración.

La expresión "desvolatilización" significa un procedimiento por el que un material se calienta y la materia volátil se expulsa. La desvolatilización aumenta la cantidad relativa de carbono en la materia prima de combustible obtenido por ingeniería.

55 La expresión "fibra" significa materiales que incluyen, pero no se limitan a, textiles, madera, biomasa, papeles, tableros de fibra y tableros de cartón. Además, el término "fibras" puede referirse a los materiales mencionados

- anteriormente con una densidad aparente de aproximadamente 64 g/l (4 libras por pie cúbico) y generalmente incluye productos naturales o artificiales a base de biomasa leñosa, celulósica o lignocelulósica, plantas y materias primas vivas. En términos de características químicas, los materiales de fibra normalmente tienen un contenido de carbono del 35-50 % en peso con un promedio de aproximadamente el 45 % en peso, un contenido de hidrógeno del 5-7 % en peso con un promedio de aproximadamente el 6 % en peso, un contenido de oxígeno del 35-45 % en peso con un promedio de aproximadamente el 40 % en peso y un valor de calentamiento más alto de aproximadamente 13,96-20,93 MJ/kg (6.000-9.000 Btu/lb) con un promedio de aproximadamente 17,45 MJ/kg (7.500 Btu/lb), todo en seco.
- La expresión "carbono fijo" es el desecho combustible sólido que permanece después de que se desvolatiliza un combustible. El contenido de carbono fijo de un combustible se determina restando la cantidad de humedad, materia volátil y ceniza de una muestra.
- El término "basura" significa desechos sólidos putrescibles, incluyendo los desechos animales y vegetales resultantes de la manipulación, almacenamiento, venta, preparación y cocción o servicio de alimentos. La basura se origina principalmente en las cocinas, tiendas, mercados, restaurantes y otros lugares donde se almacenan, se preparan o se sirven alimentos.
- La expresión "plástico duro", también conocido como plástico rígido, significa materiales plásticos que incluyen, pero no se limitan a, polietileno de alta densidad, tereftalato de polietileno y cloruro de polivinilo. Además, la expresión "plástico duro" puede referirse a los materiales anteriormente mencionados con una densidad aparente de aproximadamente 0,24-0,40 kg/l (15-25 libras por pie cúbico) y una densidad real de material de aproximadamente 0,90-1,4 kg/l (56-87 libras por pie cúbico).
- La expresión "desechos peligrosos" significa desechos sólidos que presentan una de las cuatro características de los desechos peligrosos (reactividad, corrosividad, inflamabilidad y/o toxicidad) o está específicamente designado como tal por la EPA como se especifica en la norma 40 CFR parte 262.
- La expresión "materiales reciclables comercializables" se refiere a materiales para los cuales existe un mercado activo en el que los materiales pueden venderse como materias primas, incluyendo, pero no limitados a, cartón viejo corrugado (CVC), periódico viejo (PV), papel mixto, polietileno de alta densidad (HDPE, por sus siglas en inglés), tereftalato de polietileno (PET), plásticos mixtos, metales ferrosos y/o metales no ferrosos y vidrio.
- La expresión "plásticos mixtos" significa cualquier combinación de plásticos, incluyendo plástico duro, plástico blando y cualquier otro tipo de plástico.
- La expresión "desechos sólidos municipales" (DSM) se refiere a los desechos sólidos generados en residencias, establecimientos comerciales o industriales e instituciones, e incluye todos los desechos procesables junto con todos los componentes de escombros de construcción y demolición que sean procesables, pero excluyendo los desechos peligrosos, la chatarra de automóviles y otros desechos de vehículos de motor, neumáticos usados, desechos infecciosos, desechos de amianto, suelo contaminado y otros medios absorbentes y cenizas distintas de las cenizas de las estufas domésticas. Los neumáticos usados se excluyen de la definición de DSM. Los componentes de los desechos sólidos municipales incluyen, sin limitación, plásticos, fibras, papel, desechos de jardín, caucho, cuero, madera y también residuos de reciclaje, un componente residual que contiene la parte no recuperable de los materiales reciclables que quedan después de que los desechos sólidos municipales se hayan procesado con una pluralidad de componentes clasificándose a partir de los desechos sólidos municipales.
- La expresión "desechos no procesables" (también conocidos como desechos no combustibles) significa desechos que no gasifican fácilmente en sistemas de gasificación o combustión en reactores y no emiten ninguna contribución significativa de carbono o hidrógeno al gas de síntesis generado durante la gasificación ni energía durante la combustión. Los desechos no procesables incluyen, pero no se limitan a, los siguientes: baterías, tales como baterías de celdas secas, baterías de mercurio y baterías para vehículos; frigoríficos; estufas; congeladores; lavadoras; secadores; somieres; partes del bastidor del vehículo; cárteres; transmisiones; motores; cortadoras de césped; ventiladores de nieve; bicicletas; archivadores; aires acondicionados; calentadores de agua caliente; tanques de almacenamiento de agua; ablandadores de agua; hornos; tanques de almacenamiento de aceite; muebles de metal; y tanques de propano.
- La expresión "corriente de desechos de DSM procesados" significa que los DSM se han procesado, por ejemplo, en una instalación de recuperación de materiales, habiéndose clasificado de acuerdo con los tipos de componentes de los DSM. Los tipos de componentes de los DSM incluyen, pero no se limitan a, plásticos, incluyendo plásticos blandos y plásticos duros (por ejemplo, plásticos n.º 1 a n.º 7 y otros polímeros tales como el acrilonitrilo-butadieno-estireno (ABS), poliamida (también denominada nylon, PA), poli(tereftalato de butileno) -PBT), fibras, papel, desechos de jardín, caucho, cuero, madera y también residuos de reciclaje, un componente residual que contiene la porción no recuperable de materiales reciclables que quedan después de que se han procesado desechos sólidos municipales con una pluralidad de componentes que se clasifican a partir de los desechos sólidos municipales. Los DSM procesados no contienen prácticamente nada de vidrio, metales, grava o desechos no combustibles. La grava incluye tierra, polvo y arena y, como tales, los DSM procesados no contienen prácticamente nada de no

combustibles.

La expresión "desechos procesables" significa desechos que son fácilmente procesables mediante equipos tales como trituradoras, separadores por densidad, clasificadores ópticos, etc. y pueden usarse como materia prima de combustible en procedimientos de conversión térmica y biológica. Los desechos procesables incluyen, pero no se limitan a, periódicos, correo publicitario, cartón corrugado, papel de oficina, revistas, libros, cartulinas, otros papeles, caucho, textiles y cuero de fuentes residenciales, comerciales e institucionales únicamente, madera, desechos de alimentos y otras porciones combustibles de la corriente de DSM.

La expresión "residuo de reciclaje" significa el desecho que queda después de que una instalación de reciclaje ha procesado sus materiales reciclables de los desechos entrantes que ya no tienen valor económico desde un punto de vista del reciclaje convencional.

El término "lodo" significa cualquier sólido, semisólido o líquido generado en una planta o procedimiento de tratamiento de aguas residuales municipales, comerciales o industriales, planta de tratamiento de suministro de agua, instalación de control de contaminación del aire o cualquier otro desecho de este tipo que tenga características y efectos similares.

La expresión "plásticos blandos" significa películas de plástico, bolsas y espumas, tales como polietileno de baja densidad, poliestireno expandido y espuma de poliestireno extruido. Además, la expresión "plástico blando" puede referirse a los materiales mencionados anteriormente con una densidad aparente de aproximadamente 16-64 g/l (1-4 libras por pie cúbico) y que son normalmente de forma bidimensional o plana.

La expresión "desecho sólido" significa material sólido no deseado o desechado con un contenido líquido insuficiente para fluir libremente, incluyendo, pero no limitado a, basura, residuos, materiales de desecho, trastos, restos, material de relleno inerte y desechos de jardín, pero no incluye desechos peligrosos, desechos biomédicos, lodos de fosas sépticas o desechos agrícolas, pero no incluye el estiércol de animales ni el lecho absorbente utilizado para el enriquecimiento del suelo o materiales sólidos o disueltos en descargas industriales. El hecho de que un desecho sólido o un componente del desecho, pueda tener valor, pueda usarse de manera beneficiosa, pueda tener otro uso o pueda venderse o intercambiarse, no lo excluye de esta definición.

El término "sorbente" generalmente significa un material o materiales no combustibles añadidos a la materia prima de combustible obtenido por ingeniería que actúa como un sorbente tradicional y adsorbe un subproducto químico o elemental, o un reactivo que reacciona con un subproducto químico o elemental o, en otros casos, simplemente como un aditivo para alterar las características de la materia prima de combustible obtenido por ingeniería, tales como la temperatura de fusión de la ceniza. El término sorbente significa uno o más sorbentes que, cuando se usan en plural, pueden combinarse juntos o usarse en combinación.

La expresión "materiales volátiles" significa productos, excluyendo la humedad, emitidos por un material como un gas o vapor, cuando se calientan o no. Las materias volátiles incluyen compuestos orgánicos volátiles que son compuestos químicos orgánicos que tienen presiones de vapor suficientemente altas en condiciones normales para vaporizarse significativamente y entrar en la atmósfera. Los ejemplos no limitantes de materiales volátiles incluyen alcanos, alquenos, aldehídos, cetonas, compuestos aromáticos y otros hidrocarburos ligeros.

En algunas realizaciones, un sistema de gestión de desechos incluye una fosa de basura en tránsito, un tamiz, una trituradora primaria, una trituradora secundaria, un conjunto de separadores, un subsistema de clasificación de materiales y un subsistema de producción de combustible obtenido por ingeniería. En algunas realizaciones, la fosa de basura en tránsito puede configurarse para recibir al menos una porción de una corriente de desechos para que se procese dentro o mediante el sistema de gestión de desechos. El tamiz se configura para procesar los desechos entrantes mediante la retirada de la fracción de tamaño inferior de los desechos que consiste principalmente en no combustibles, baterías y desechos de alimentos. La trituradora primaria se configura para triturar el material de desecho a un tamaño predeterminado, de manera que los desechos restantes no procesables y no combustibles se puedan separar de la corriente de desechos mediante el conjunto de separadores. El conjunto de separadores puede incluir un separador magnético, un separador por corrientes de Foucault, un separador óptico y/o un separador de vidrio. La trituradora secundaria puede configurarse para recibir la corriente de desechos procesables y triturar los desechos procesables a un tamaño predeterminado. Basándose en las características químicas de los desechos, el subsistema de clasificación de materiales puede configurarse para separar (es decir, clasificar) los desechos procesables y entregar las fibras, plásticos (plásticos mixtos, plásticos duros y/o plásticos blandos) clasificados al subsistema de producción de combustible obtenido por ingeniería. El subsistema de producción de combustible obtenido por ingeniería se configura para recibir el material de desecho clasificado del subsistema de clasificación de materiales y producir selectivamente un combustible obtenido por ingeniería.

La FIG. 1 es un diagrama de flujo que ilustra un procedimiento 100 para producir una materia prima de combustible obtenido por ingeniería a partir de material de desecho sólido municipal. El procedimiento 100 incluye transportar una corriente de desechos a una plataforma 102 de procesamiento de múltiples materiales. En algunas realizaciones, la corriente de desechos puede ser, por ejemplo, DSM, residuos de reciclaje y/o cualquier combinación de los mismos. En algunas realizaciones, la corriente de desechos puede entregarse a una fosa de

basura en tránsito de una instalación de recepción de material de desechos. El procedimiento 100 incluye la separación de materiales no procesables y prohibidos 104 de la corriente de desechos. En algunas realizaciones, los elementos no procesables pueden retirarse de la corriente de desechos antes de que la corriente de desechos se transporte a la fosa de basura en tránsito de la instalación de recepción de material de desechos (por ejemplo, en una instalación de manipulación de desechos anterior).

El procedimiento 100 incluye adicionalmente separar los materiales reciclables comercializables 106 de la corriente de desechos. Los materiales reciclables comercializables pueden separarse usando cualquier procedimiento adecuado. En algunas realizaciones, los materiales reciclables comercializables se separan manualmente (por ejemplo, a mano). En otras realizaciones, la corriente de desechos puede alimentarse a un separador y/o a una serie de separadores. Por ejemplo, en algunas realizaciones, los separadores pueden incluir un separador magnético (por ejemplo, para retirar metales ferrosos), un separador de disco (por ejemplo, para retirar trozos relativamente grandes de CVC, PV, plásticos mixtos, etc.), un separador por corrientes de Foucault (por ejemplo, para retirar metales no ferrosos), un separador clasificador óptico y/o cualquier otro separador adecuado (por ejemplo, un separador basado en un sensor de FRX). De esta manera, los materiales con un valor de mercado suficientemente alto pueden retirarse (por ejemplo, separarse) de la corriente de desechos y procesarse adicionalmente (por ejemplo, rescatarse, almacenarse, enviarse, etc.) para ser vendidos como material comercializable. Se describen sistemas y procedimientos de procesamiento y clasificación de materiales reciclables comercializables en la Patente de los EE.UU. N.º 7.264.124 de Bohlig y col., presentada el 17 de noviembre de 2004, titulada "Sistemas y procedimientos de clasificación de materiales reciclables en una instalación de recuperación de materiales", en la Patente de los EE.UU. N.º 7.341.156 de Bohlig y col., presentada el 15 de abril de 2005, titulada "Sistemas y procedimientos de clasificación, certificación y recopilación de datos relacionados con materiales reciclables en una instalación de recuperación de materiales" y en la Publicación de Patente de los EE.UU. N.º 2008/0290006 de Duffy y col., presentada el 23 de mayo de 2007, titulada "Sistemas y procedimientos de optimización de una instalación de recuperación de materiales de corriente única".

Con los productos no procesables, los prohibidos y los materiales reciclables comercializables retirados de la corriente de desechos, la corriente de desechos puede transportarse a un subsistema 108 de clasificación de material. En algunas realizaciones, el transporte de la corriente de desechos puede incluir hacer pasar la corriente de desechos a través de al menos una trituradora configurada para reducir el tamaño de los componentes de la corriente de desechos. Por ejemplo, en algunas realizaciones, la trituradora puede configurarse para reducir el tamaño de los componentes de la corriente de desechos para que sea inferior a aproximadamente 10,16 cm (4 pulgadas). En otras realizaciones, la trituradora puede configurarse para reducir el tamaño de los componentes de la corriente de desechos para que sea de entre aproximadamente 1,91 cm (0,75 pulgadas) y aproximadamente 2,54 cm (1 pulgada). En otras realizaciones más, la trituradora puede configurarse para reducir el tamaño de los componentes de la corriente de desechos para que sea de entre aproximadamente 0,4763 cm (0,1875 pulgadas) y aproximadamente 0,64 cm (0,25 pulgadas). Con la reducción del tamaño de los componentes de la corriente de desechos, el transporte de la corriente de desechos al subsistema de clasificación de materiales puede incluir adicionalmente hacer pasar la corriente de desechos a través de un conjunto de separadores. En algunas realizaciones, el conjunto de separadores puede incluir, por ejemplo, un separador por densidad, un separador óptico, un separador magnético, un separador por corrientes de Foucault, un separador de vidrio y/o similares. Por ejemplo, en algunas realizaciones, la corriente de desechos triturada puede pasar a través de un separador por densidad de manera que los materiales con una densidad por debajo de un umbral predeterminado pasen al subsistema de clasificación de materiales y el material con una densidad por encima del umbral predeterminado pase a un subsistema secundario (por ejemplo, donde se separa adicionalmente para retirar los materiales reciclables comercializables no separados en el primer procedimiento de separación) y/o se desechan (por ejemplo, se transportan a un vertedero de residuos).

El subsistema de clasificación de materiales puede configurarse para separar adicionalmente un conjunto deseado de materiales. Por ejemplo, en algunas realizaciones, el subsistema de clasificación de materiales recibe una corriente de desechos que incluye plásticos duros, plásticos blandos, plásticos mixtos y/o fibras. En dichas realizaciones, el subsistema de clasificación de materiales puede separar los plásticos duros, plásticos blandos, plásticos mixtos y/o fibras mediante cualquier procedimiento adecuado. Por ejemplo, en algunas realizaciones, el subsistema de clasificación de materiales puede incluir separadores ciclónicos, lechos fluidos, separadores por densidad, separadores ópticos, separación manual y/o similares.

Con la corriente de desechos separada adicionalmente mediante el subsistema de clasificación de materiales, el procedimiento 100 incluye mezclar selectivamente el material aditivo 110 con uno o más componentes de la corriente de desechos separada. El material aditivo puede incluir, por ejemplo, aditivos químicos, sorbentes, desechos de biomasa (por ejemplo, madera), biomateriales (por ejemplo, estiércol animal) y/o cualquier otro aditivo adecuado.

Después de que el material aditivo se ha combinado con los componentes de la corriente de desechos clasificados (por ejemplo, un sorbente combinado con plásticos), el procedimiento 100 incluye adicionalmente someter al menos una porción de los plásticos a un tratamiento térmico 111 para desvolatilizar los componentes y descomponer térmicamente el plástico. El tratamiento térmico 111 puede realizarse a un intervalo de temperaturas inferior al punto de ignición de los plásticos para eliminar los plastificantes, diluyentes y otros componentes volátiles. El tratamiento

térmico 111 también puede usarse para degradar plásticos como el PVC para liberar gases que contienen cloro antes de crear la materia prima 112 de combustible obtenido por ingeniería.

En algunas realizaciones, al menos una porción de la corriente de desechos y el material aditivo pueden comprimirse para formar un material intermedio densificado. El material intermedio densificado puede estar en forma de cubos, briquetas, pellets, panal de abeja u otras formas y conformaciones adecuadas. Por ejemplo, en algunas realizaciones, los aditivos químicos (por ejemplo, sorbentes, nutrientes, promotores y/o similares) pueden mezclarse con plásticos duros y/o plásticos blandos que se han separado de la corriente de desechos mediante el subsistema de clasificación de materiales, tratarse térmicamente y después comprimirse para formar pellets de manera que los aditivos se distribuyan uniformemente (es decir, sean sustancialmente homogéneos) y se integren (es decir, se unan) dentro de los pellets de plástico. En algunas realizaciones, el material intermedio densificado puede usarse como materia prima 112 de combustible obtenido por ingeniería en, por ejemplo, centrales eléctricas de combustión (por ejemplo, centrales eléctricas que queman carbón). En otras realizaciones, el material intermedio densificado puede combinarse con una segunda porción de la corriente de desechos (por ejemplo, el plástico blando y/o la fibra) y procesarse (por ejemplo, comprimirse). En otras realizaciones más, el material intermedio densificado puede granularse y/o pulverizarse a cualquier tamaño de partícula adecuado, combinarse con una segunda porción de la corriente de desechos y/o aditivos adicionales y después comprimirse para formar una materia prima 112 de combustible obtenido por ingeniería densificada. De esta manera, los componentes de la corriente de desechos separada (por ejemplo, los componentes de la corriente de desechos después de la clasificación del material) pueden combinarse con aditivos (y/o porciones de materiales procesados anteriormente) para producir una materia prima de combustible obtenido por ingeniería sustancialmente homogénea que incluya aditivos inseparables, como se describe con más detalle en el presente documento. En otras realizaciones, la materia prima de combustible obtenido por ingeniería densificada puede granularse y/o pulverizarse a cualquier tamaño de partícula adecuado para formar una materia prima 112 de combustible obtenido por ingeniería.

La FIG. 2 es una ilustración esquemática de un sistema 200 para producir una materia prima de combustible obtenido por ingeniería a partir de material de desecho sólido municipal. El sistema 200 incluye al menos una fosa F de basura en tránsito, una trituradora primaria 230, una trituradora secundaria 235, un separador por densidad 243, un separador magnético 244, un separador por corrientes de Foucault 245, un separador de vidrio 246, un subsistema 220 de clasificación de materiales y un subsistema 280 de producción de materia prima de combustible obtenido por ingeniería (también denominado en el presente documento "subsistema 280 de combustible obtenido por ingeniería" o "subsistema 280 de COI"). En algunas realizaciones, una corriente de desechos se transporta a la fosa F de basura en tránsito, como se muestra por la flecha AA. La corriente de desechos puede ser, por ejemplo, DSM entregados a través de un camión de recogida o residuos de reciclaje de una instalación de reciclaje. En otras realizaciones, los desechos sólidos municipales pueden entregarse a través de un transportador desde una instalación de recuperación de materiales u otra instalación de manipulación de desechos.

La corriente de desechos, al menos parcialmente dispuesto en la fosa F de basura en tránsito, se configura para que se separe de manera que los materiales no procesables, prohibidos y/o reciclables comercializables (como se han descrito anteriormente) se retiren (por ejemplo, se separen) de la corriente de desechos. En algunas realizaciones, la fosa de basura en tránsito se configura para que tenga una retirada manual de artículos voluminosos, separadores de tamiz para retirar materiales de tamaño insuficiente, tales como baterías, componentes electrónicos, desechos de alimentos y productos no combustibles.

Aunque no se muestra en la FIG. 2, el sistema 200 puede incluir cualquier número de transportadores y/o mecanismos de transporte configurados para transportar al menos una porción de la corriente de desechos desde una primera parte del sistema 200 a una segunda parte del sistema 200. De esta manera y con los materiales no procesables, prohibidos y reciclables comercializables retirados de la corriente de desechos, la corriente de desechos puede transportarse a la trituradora primaria 230. En algunas realizaciones, la trituradora primaria 230 puede configurarse adicionalmente para recibir residuos de reciclaje, como se muestra por la flecha BB en la FIG. 2. Por ejemplo, en algunas realizaciones, la trituradora primaria 230 puede recibir la corriente de desechos transportada desde la fosa F de basura en tránsito y los residuos de reciclaje entregados, por ejemplo, desde una instalación de recuperación de materiales.

La trituradora primaria 230 puede ser cualquier trituradora adecuada configurada para reducir el tamaño de los componentes de la corriente de desechos a un tamaño adecuado. Por ejemplo, en algunas realizaciones, los componentes de la corriente de desechos pueden reducirse a un tamaño inferior a aproximadamente 25,4-30,5 cm (10-12 pulgadas). En otras realizaciones, la trituradora puede configurarse para reducir el tamaño de los componentes de la corriente de desechos para que sea inferior a 10,16 cm (4 pulgadas) y en otras realizaciones, la trituradora puede configurarse para reducir el tamaño de los componentes de la corriente de desechos para que esté entre aproximadamente 1,91 cm (0,75 pulgadas) y aproximadamente 2,54 cm (1 pulgada).

El sistema 200 puede incluir adicionalmente un transportador configurado para transferir una porción de la corriente de desechos desde la trituradora primaria 230 al separador por densidad 243. El transporte del material puede ser neumáticamente (a través de un ventilador de aire) o mecánicamente (por ejemplo, transportador de tornillo). El separador por densidad 243 puede configurarse de manera que un primer conjunto de componentes de la corriente de desechos con una densidad por debajo de un umbral de densidad predeterminado (por ejemplo, plásticos y/o

fibras) pase a través del separador por densidad 243 a la trituradora secundaria 235. Un segundo conjunto de los componentes de la corriente de desechos con una densidad superior al umbral de densidad predeterminado (por ejemplo, metales ferrosos, metales no ferrosos, vidrio, suciedad y/o similares) se configura para que pase a través del separador por densidad 243 a procedimientos de separación adicionales. Por ejemplo, los metales, el vidrio, la suciedad, etc. pueden transportarse al separador magnético 244 donde se recuperan los metales ferrosos comercializables (por ejemplo, el acero). Los metales restantes, el vidrio, la suciedad, etc. pueden transportarse al separador por corrientes de Foucault 245, donde se recuperan los metales no ferrosos comercializables (por ejemplo, aluminio). Después, el material residual no metálico puede transportarse opcionalmente al separador de vidrio 246 para retirar las partículas de vidrio. En algunas realizaciones, el separador de vidrio 246 es un separador de vidrio óptico. En otras realizaciones, el separador de vidrio 246 puede ser cualquier separador adecuado. Con la porción de la corriente de desechos sustancialmente libre de metales y/o vidrio, los componentes restantes (por ejemplo, residuos) puede desecharse, por ejemplo, en un vertedero de residuos, si no puede identificarse otro uso beneficioso del material. En algunas realizaciones donde el vidrio reciclado no tiene un valor de mercado, el separador de vidrio puede omitirse y/o eludirse y el vidrio puede desecharse con los desechos en un vertedero de residuos o usarse como material de cobertura diaria en el vertedero de residuos.

Como se ha descrito anteriormente, el primer conjunto de componentes de la corriente de desechos (por ejemplo, los plásticos y las fibras con una densidad inferior al umbral de densidad del separador por densidad 243) se transportan a la trituradora secundaria 235. La trituradora secundaria 235 puede ser cualquier trituradora adecuada. Por ejemplo, en algunas realizaciones, la trituradora secundaria 235 es sustancialmente similar a la trituradora primaria 230. En otras realizaciones, la trituradora secundaria 235 es diferente de la trituradora primaria 235. Además, la trituradora secundaria 235 puede configurarse para destruir los componentes de la corriente de desechos a cualquier tamaño adecuado, por ejemplo, un tamaño inferior al producido por la trituradora primaria 235. Por ejemplo, en algunas realizaciones, la trituradora secundaria se configura para triturar los componentes a un tamaño de entre aproximadamente 0,953 cm (0,375 (3/8") pulgadas) y aproximadamente 0,64 cm (0,25 (1/4") pulgadas). En otras realizaciones, la trituradora secundaria 235 puede triturar los componentes de la corriente de desechos a un tamaño inferior o igual a aproximadamente 0,2381 cm (0,09375 (3/32") pulgadas).

En algunas realizaciones, el separador por densidad 243 puede configurarse para que incluya múltiples etapas y/o porciones. Por ejemplo, en algunas realizaciones, la corriente de desechos puede entregarse a un tamiz incluido en el separador por densidad 243. En dichas realizaciones, el tamiz puede definir un tamaño de malla predeterminado y puede configurarse para separar la corriente de desechos en una primera porción que incluya un tamaño de componente inferior al tamaño de malla y una segunda porción que incluya un tamaño de componente superior al tamaño de malla. En algunas realizaciones, la primera porción de la corriente de desechos puede entregarse a un primer separador por densidad (no se muestra) y la segunda parte de la corriente de desechos puede entregarse a un segundo separador por densidad (no se muestra). En algunas realizaciones, por ejemplo, el tamiz puede definir un tamaño de malla de aproximadamente 0,64 cm (0,25 pulgadas). Por ejemplo, la separación de la corriente de desechos en la primera porción, que tiene el primer tamaño de componente y la segunda porción, que tiene el segundo tamaño de componente, puede aumentar la eficiencia del primer separador por densidad y/o el segundo separador. En dichas realizaciones, los componentes de mayor tamaño pueden, por ejemplo, reducir la eficiencia del primer separador, provocar que el primer separador funcione incorrectamente y/o provocar que el primer separador separe inadecuadamente los componentes. Con los componentes separados por el primer separador por densidad o el segundo separador por densidad, los componentes con una densidad superior al umbral de densidad (por ejemplo, metales ferrosos, metales no ferrosos, vidrio, suciedad y/o similares) se transportan al conjunto de separadores, como se ha descrito anteriormente. Además, los componentes de la corriente de desechos con una densidad inferior al umbral de densidad del primer separador por densidad y/o el segundo separador por densidad (por ejemplo, los plásticos y las fibras) pueden transportarse a la trituradora secundaria 235.

En algunas realizaciones, la corriente de desechos puede transportarse desde la trituradora secundaria 235 a un separador por densidad adicional configurado para separar los componentes de la corriente de desechos, como se ha descrito anteriormente. En dichas realizaciones, el separador por densidad adicional puede usarse para garantizar que la corriente de desechos esté sustancialmente libre de metales, vidrio y/o cualquier otro material que pueda, por ejemplo, tener efectos adversos sobre el subsistema 220 de clasificación de materiales. Con el tamaño de los componentes de la corriente de desechos reducido a un tamaño predeterminado y la corriente de desechos suficientemente separada, la corriente de desechos puede transferirse al subsistema 220 de clasificación de materiales.

El subsistema 220 de clasificación de materiales puede ser cualquier sistema adecuado configurado para separar adicionalmente (por ejemplo, clasificar) un conjunto deseado de materiales. Por ejemplo, en algunas realizaciones, el subsistema 220 de clasificación de materiales recibe la porción de la corriente de desechos que tiene una densidad por debajo del umbral de densidad del separador por densidad 243 (por ejemplo, plásticos y fibras). En dichas realizaciones, el subsistema 220 de clasificación de materiales puede separar el material entrante en, por ejemplo, plástico duro, plástico blando y/o fibra a través de cualquier procedimiento adecuado, incluyendo la separación óptica y/o manual. En algunas realizaciones, el subsistema 220 de clasificación de materiales puede incluir separadores ciclónicos, lechos fluidos, separadores por densidad, clasificadores ópticos, separación manual y/o similares. De esta manera, el subsistema 220 de clasificación de materiales puede separar la corriente de desechos y almacenar los componentes separados, por ejemplo, en depósitos (no mostrados en la FIG. 2).

Adicionalmente, los plásticos mixtos a granel (anteriormente clasificados y procesados) de fabricantes industriales e instituciones comerciales pueden introducirse en el subsistema 220 de clasificación de materiales y utilizarse durante el procesamiento adicional en el subsistema 280 de producción de combustible obtenido por ingeniería.

5 El sistema 200 puede incluir adicionalmente un mecanismo de entrega (por ejemplo, un transportador) para transportar el plástico duro, el plástico blando y/o la fibra al subsistema 280 de producción de materia prima de combustible. El subsistema 280 de COI puede ser cualquier sistema adecuado. Por ejemplo, en algunas realizaciones, el subsistema 280 de COI puede incluir una porción configurada para entregar aditivos a la corriente de desechos (por ejemplo, aditivos químicos, sorbentes, biomasa, biomateriales y/o similares), una porción de molienda, una porción de extrusión, y/o cualquier otra porción adecuada.

10 Ampliando aún más, en algunas realizaciones, la porción de la corriente de desechos (por ejemplo, el plástico duro, plástico blando y/o fibra) puede mezclarse con los aditivos y comprimirse para formar, por ejemplo, un material intermedio densificado, como se ha descrito anteriormente. De esta manera, los componentes de la corriente de desechos separada (por ejemplo, los componentes de la corriente de desechos transportados desde el subsistema 220 de clasificación de materiales) pueden combinarse con aditivos y/o porciones de materiales procesados y
15 pueden procesarse para producir una materia prima de combustible obtenido por ingeniería, como se describe con más detalle en el presente documento.

La FIG. 3 es una ilustración esquemática de un sistema 300 para producir una materia prima de combustible obtenido por ingeniería a partir de material de desecho sólido municipal. El sistema 300 puede incluir al menos un subsistema de separación 315 y un subsistema 380 de producción de materia prima de combustible obtenido por
20 ingeniería (también denominado en el presente documento "subsistema 380 de combustible obtenido por ingeniería" o "subsistema 380 de COI" o "subsistema 380 de fabricación avanzada de productos (FAP)"). En algunas realizaciones, puede transferirse una corriente de desechos al subsistema de separación 315, como se muestra por la flecha AA en la FIG. 3. La corriente de desechos puede ser, por ejemplo, desechos sólidos municipales (DSM) entregados a través de un camión de recogida o residuos de reciclaje de una instalación de reciclaje. En otras
25 realizaciones, los desechos sólidos municipales pueden entregarse a través de un transportador desde una instalación de recuperación de materiales u otra instalación de manipulación de desechos. El subsistema de separación 315 puede configurarse para separar la corriente de desechos y que se retiren (por ejemplo, se separen) los materiales no procesables y/o reciclables comercializables de la corriente de desechos. Ampliando aún más, el subsistema de separación 315 puede ser cualquiera de los sistemas descritos en la Publicación de Patente de los
30 EE.UU. N.º US2012/0304536 o cualquier combinación de los mismos. En algunas realizaciones, el subsistema de separación 315 puede incluir cualquier número de separadores (por ejemplo, separadores magnéticos, separadores por corrientes de Foucault, separadores de vidrio, separadores de lecho fluido, separadores ciclónicos, separadores ópticos y/o similares), trituradoras y granuladores. De esta manera, el subsistema de separación 315 puede recibir una corriente de desechos (por ejemplo, DSM y/o residuos de reciclaje) y transferir los componentes separados de
35 la corriente de desechos a los depósitos 360. Por ejemplo, en algunas realizaciones, el subsistema de separación 315 puede incluir un primer depósito configurado para almacenar plásticos duros, un segundo depósito configurado para almacenar plásticos blandos, un tercer depósito configurado para almacenar fibras y un cuarto depósito configurado para almacenar plásticos mixtos. De esta manera, el sistema 300 puede incluir adicionalmente un mecanismo de entrega (por ejemplo, transportadores, tubos, tuberías, canales y/o similares) para transportar los
40 plásticos duros, los plásticos blandos, los plásticos mixtos y/o las fibras al subsistema 380 de COI.

El subsistema 380 de COI puede ser cualquier sistema adecuado para combinar los materiales de desecho clasificados con aditivos en proporciones predeterminadas para producir una materia prima de combustible obtenido por ingeniería. El subsistema 380 de COI puede incluir, por ejemplo, una parte configurada para entregar aditivos a
45 la corriente de desechos (por ejemplo, aditivos químicos, sorbentes, biomasa, biomateriales y similares), acondicionadores, mezcladores, transportadores, densificadores, granuladores, pulverizadores, depósitos de almacenamiento, hornos y/o cualquier otro dispositivo o sistema adecuado.

En algunas realizaciones, al menos una porción de la corriente de desechos puede entregarse al subsistema 380 de COI para producir una materia prima de combustible obtenido por ingeniería. Ampliando aún más, en algunas realizaciones, el subsistema de separación 315 puede configurarse para entregar una cantidad dada de los plásticos
50 duros al subsistema 380 de COI. En dichas realizaciones, los plásticos duros pueden hacerse pasar a través de un mecanismo de pretratamiento 356A. El mecanismo de pretratamiento 356A puede ser, por ejemplo, un calentador configurado para elevar la temperatura de los plásticos duros. En algunas realizaciones, el mecanismo de pretratamiento 356A puede recibir al menos una porción de un sorbente 390. El subsistema 380 de COI puede incluir adicionalmente un conjunto de mezcladores 354A y 354B configurados para recibir al menos una porción de
55 la corriente de desechos entregada por el subsistema de separación 315 y dispositivos de medición 375 configurados para controlar el flujo de la corriente de desechos hacia los mezcladores 354A y 354B. En algunas realizaciones, una porción de plástico blando entregada al mezclador 354A puede dirigirse en primer lugar a un mecanismo de pretratamiento 356B. En algunas realizaciones, una porción de plástico mixto entregada al mezclador 354A puede dirigirse en primer lugar a un mecanismo de pretratamiento 356C.

60 En algunas realizaciones, el mecanismo de pretratamiento 356A, 356B, 356C y/o 356D (denominados colectivamente en el presente documento "mecanismos de pretratamiento 356") puede ser un subsistema de

calentamiento directo o indirecto operado en condiciones atmosféricas, con una atmósfera inerte o en condiciones pirolíticas de oxígeno reducido. Por ejemplo, en algunas realizaciones, los mecanismos de pretratamiento 356 pueden ser un horno giratorio o similar. De esta manera, el procedimiento de pretratamiento puede configurarse para sustancialmente desvolatilizar los componentes dentro de los plásticos tales como, por ejemplo, cloruro de polivinilo (PVC). Ampliando aún más, en algunas realizaciones, el mecanismo de pretratamiento 356A puede configurarse para procesar térmicamente el plástico a aproximadamente 300 grados centígrados de manera que se libere una porción de cloro contenida en el PVC, para tratar adicionalmente el gas liberado (no se muestra). En otras realizaciones, los mecanismos de pretratamiento 356 pueden configurarse para calentar al menos una parte de los plásticos a una temperatura de aproximadamente 200 a aproximadamente 400 grados centígrados, incluyendo todos los intervalos y subintervalos entre estas temperaturas. En otras realizaciones más, los mecanismos de pretratamiento 356 pueden configurarse para recibir una corriente de gas tal como nitrógeno.

En algunas realizaciones, los mecanismos de pretratamiento 356 pueden configurarse para calentar al menos una porción de los plásticos, durante un tiempo o un intervalo de tiempos dados, incluyendo los que se enumeran a continuación, a una temperatura de aproximadamente 200 °C a aproximadamente 230 °C, de aproximadamente 230 °C a aproximadamente 260 °C, de aproximadamente 260 °C a aproximadamente 290 °C, de aproximadamente 290 °C a aproximadamente 320 °C, de aproximadamente 320 °C a aproximadamente 350 °C, de aproximadamente 350 °C a aproximadamente 380 °C y de aproximadamente 380 °C a aproximadamente 400 °C. En otras realizaciones, los mecanismos de pretratamiento 356 pueden configurarse para calentar al menos una porción de los plásticos, durante un tiempo o un intervalo de tiempos dados, incluyendo los que se enumeran a continuación, a una temperatura de aproximadamente 200 °C, aproximadamente 230 °C, aproximadamente 260 °C, aproximadamente 290 °C, aproximadamente 320 °C, aproximadamente 350 °C, aproximadamente 380 °C y aproximadamente 400 °C.

En algunas realizaciones, los mecanismos de pretratamiento 356 pueden configurarse para calentar al menos una porción de los plásticos a una temperatura o un intervalo de temperaturas dados, incluyendo las temperaturas y los intervalos de temperaturas mencionados anteriormente, durante de aproximadamente 10 minutos a aproximadamente 20 minutos, de aproximadamente 20 minutos a aproximadamente 30 minutos, de aproximadamente 30 minutos a aproximadamente 40 minutos, de aproximadamente 40 minutos a aproximadamente 50 minutos, de aproximadamente 50 minutos a aproximadamente 60 minutos, de aproximadamente 60 minutos a aproximadamente 70 minutos, de aproximadamente 70 minutos a aproximadamente 80 minutos, de aproximadamente 80 minutos a aproximadamente 90 minutos, de aproximadamente 90 minutos a aproximadamente 120 minutos, de aproximadamente 120 minutos a aproximadamente 150 minutos, de aproximadamente 150 minutos a aproximadamente 180 minutos, de aproximadamente 180 minutos a aproximadamente 210 minutos y de aproximadamente 210 minutos a aproximadamente 240 minutos. En otras realizaciones, los mecanismos de pretratamiento 356 pueden configurarse para calentar al menos una porción de los plásticos a una temperatura o un intervalo de temperaturas dados, incluyendo las temperaturas y los intervalos de temperaturas mencionados anteriormente, durante aproximadamente 10 minutos, aproximadamente 20 minutos, aproximadamente 30 minutos, aproximadamente 40 minutos, aproximadamente 50 minutos, aproximadamente 60 minutos, aproximadamente 70 minutos, aproximadamente 80 minutos, aproximadamente 90 minutos, aproximadamente 120 minutos, aproximadamente 150 minutos, aproximadamente 180 minutos, aproximadamente 210 minutos y aproximadamente 240 minutos.

En algunas realizaciones, los mecanismos de pretratamiento 356 pueden configurarse para procesar térmicamente los plásticos a través de un intervalo de temperaturas durante un período de tiempo dado. Por ejemplo, en algunas realizaciones, los plásticos pueden calentarse a 250 grados centígrados y mantenerse durante 10 minutos, después calentarse a 275 grados centígrados y mantenerse durante 15 minutos y después calentarse a 300 grados centígrados y mantenerse durante 20 minutos. En algunas realizaciones, los plásticos pueden calentarse a una temperatura predeterminada (por ejemplo, 300 grados centígrados) y mantenerse a esa temperatura durante un tiempo predeterminado (por ejemplo, 20 minutos). En algunas realizaciones, la temperatura de los plásticos puede elevarse de acuerdo con un perfil de temperatura predeterminado (por ejemplo, constante o sustancialmente constante) a lo largo del tiempo de residencia en el mecanismo de pretratamiento. En algunas realizaciones, la temperatura y/o el tiempo de residencia del procedimiento de pretratamiento pueden determinarse (por ejemplo, en tiempo real) en función de la cantidad de gas de cloro o de cloruro de hidrógeno ("HCl") que se libera de los plásticos. En algunas realizaciones, el mecanismo de pretratamiento puede configurarse para procesar térmicamente solamente los plásticos duros, los plásticos blandos, los plásticos mixtos o una combinación de los mismos. En otras realizaciones, puede añadirse un sorbente al mecanismo de pretratamiento como se muestra en la FIG. 3. El sorbente puede configurarse para facilitar el flujo de los plásticos a través del procedimiento de pretratamiento. El sorbente puede ser cualquier sorbente adecuado descrito en el presente documento, por ejemplo, en algunas realizaciones, el sorbente puede ser cal hidratada, Trona, bicarbonato de sodio o una combinación de los mismos. De esta manera, los mecanismos de pretratamiento 356 pueden configurarse para retirar sustancialmente los componentes volátiles de los plásticos (por ejemplo, cloro). Por ejemplo, en algunas realizaciones, los mecanismos de pretratamiento 356 pueden configurarse para retirar al menos el 70 %, el 75 %, el 80 %, el 85 %, el 90 % o el 95 % del contenido de cloro incluido en el PVC. En algunas realizaciones, el mecanismo de pretratamiento 356 puede configurarse para retirar suficiente cloro de manera que el producto de materia prima de combustible obtenido por ingeniería final tenga un contenido de cloro inferior a aproximadamente 2.000 ppm, 1.900 ppm, 1.800 ppm, 1.700 ppm o 1.600 ppm. En algunas realizaciones, se retira una cantidad suficiente de cloro de manera que el producto de materia prima de combustible obtenido por ingeniería final tenga un contenido de cloro inferior a

1.919 ppm, que es el percentil 90 de la concentración de cloro en la base de datos de carbón de la EPA. En algunas realizaciones, se retira una cantidad suficiente de cloro de manera que el producto de materia prima de combustible obtenido por ingeniería final tenga un contenido de cloro inferior a 1.622 ppm, que es el percentil 75 de la concentración de cloro en la base de datos de carbón de la EPA. En algunas realizaciones, se retira una cantidad suficiente de cloro de manera que el producto de alimentación de combustible obtenido por ingeniería final tenga un contenido de cloro que cumpla con los criterios de legitimidad para combustibles de la norma 40 CFR 241.3(d)(l).

Los gases de los mecanismos de pretratamiento 356 pueden enviarse a cualquier reactor adecuado, reactor de adsorción relleno con sorbente, oxidante térmico, torre de lavado en húmedo, reactor de reducción catalítica selectiva, otro dispositivo de control de la contaminación incluyendo filtros, torres de lavado en seco o similares configurados para recibir y/o neutralizar los componentes evaporados (por ejemplo, el cloro). Antes de recibir los gases, el intercambiador de calor 356H puede usarse para enfriar o calentar los gases antes de introducirlos en el reactor 356R. El intercambiador de calor 356H es cualquier condensador, radiador o precalentador adecuado utilizado para alterar la temperatura de los gases. En algunas realizaciones, el intercambiador de calor 356H es un condensador utilizado para enfriar los gases antes de ser enviados a un reactor 356R relleno con Trona u otros sorbentes. Los gases pueden reaccionar con los sorbentes dentro del reactor para formar un estado menos reactivo o compuestos menos reactivos. Los sorbentes dentro del reactor también pueden usarse para adsorber los gases y neutralizarlos eficazmente.

Los mezcladores 354A y 354B pueden ser cualquier dispositivo adecuado, tal como un mezclador continuo de paletas, un mezclador giratorio continuo, un transportador de tornillo, un mezclador de transportador de tipo tornillo de Arquímedes, un mezclador de vibración mecánica y/o un mezclador de agitación. En algunas realizaciones, el subsistema de separación 315 puede entregar una primera corriente de desechos que incluye plásticos duros y una segunda corriente de desechos que incluye plásticos blandos al primer mezclador 354A. En dichas realizaciones, el primer mezclador 354A se configura para mezclar una cantidad medida de los plásticos duros con una cantidad medida de los plásticos blandos. De esta manera, el primer mezclador 354A puede entregar la corriente de desechos mezclada a un ventilador 370 configurado para alimentar la corriente de desechos a un primer acondicionador 355A. En otras realizaciones, los plásticos duros pueden configurarse para pasar a través del primer mezclador 354A y permanecer sustancialmente sin mezclar (por ejemplo, el mecanismo de medición 375 no suministra una cantidad de plásticos blandos). De esta manera, puede entregarse una corriente de desechos que incluye sustancialmente solo plásticos duros al primer acondicionador 355A, como se describe en el presente documento con más detalle.

El primer acondicionador 355A puede ser cualquier dispositivo y/o sistema adecuado configurado para acondicionar al menos una parte de la corriente de desechos para la producción de materia prima de combustible obtenido por ingeniería. Por ejemplo, en algunas realizaciones, el primer acondicionador 355A puede configurarse para aumentar la temperatura de los componentes de la corriente de desechos (por ejemplo, los plásticos duros). En algunas realizaciones, el primer acondicionador 355A puede configurarse para aumentar la humedad de los componentes de la corriente de desechos. En algunas realizaciones, el primer acondicionador 355A puede recibir la porción de la corriente de desechos y un conjunto de aditivos. Los aditivos pueden ser aditivos químicos (por ejemplo, sorbentes, nutrientes, promotores y/o similares), desechos de biomasa (por ejemplo, madera), biomateriales (por ejemplo, estiércol animal) y/o cualquier otro aditivo o aditivos adecuados, en forma sólida o en solución (por ejemplo, urea, ácido acético, bromuro de calcio, bromuro de amonio, bromuro de sodio, etc.).

En algunas realizaciones, el sorbente 390 puede configurarse para alterar las propiedades de combustión de la materia prima de combustible obtenido por ingeniería. Por ejemplo, en algunas realizaciones, el sorbente 390 puede configurarse para absorber dióxido de azufre (SO₂). En otras realizaciones, el sorbente 390 puede configurarse para absorber y/o neutralizar olores, quemarlos con un color dado y/o similares. En algunas realizaciones, el sorbente 390 puede ser acondicionado por un segundo acondicionador 355B antes de ser entregado al primer acondicionador 355A. En dichas realizaciones, el segundo acondicionador 355B puede configurarse para, por ejemplo, elevar la temperatura del sorbente 390. Los ejemplos de aditivos que pueden incorporarse en la materia prima de combustible obtenido por ingeniería usando el subsistema 380 incluyen dihidrato de dicarbonato ácido de trisodio o sesquicarbonato de sodio (Trona), bicarbonato de sodio, carbonato de sodio, ferrita de cinc, ferrita de cobre y cinc, titanato de cinc, aluminato de ferrita de cobre, aluminato de cobre, óxido de cobre y manganeso, níquel soportado en alúmina, óxido de cinc, óxido de hierro, cobre, óxido de cobre (I), óxido de cobre (II), bromuro de calcio, bromuro de amonio, bromuro de sodio, compuestos que contienen yodo, urea, piedra caliza, cal, cal hidratada, Fe, FeO, Fe₂O₃, Fe₃O₄, limaduras de hierro, CaCO₃, Ca(OH)₂, CaCO₃.MgO, soda, sílice, alúmina, arcilla china, caolinita, bauxita, ematita, atapulgita, ceniza de carbón, cáscaras de huevo, sales orgánicas (tales como acetato de calcio y magnesio (CMA), acetato de calcio (CA), formiato de calcio (CF), benzoato de calcio (CB), propionato de calcio (CP) y acetato de magnesio (MA)) y Ca-montmorillonita.

El primer acondicionador 355A puede configurarse adicionalmente para entregar la corriente de desechos condicionados y los aditivos a un primer densificador 331A. El primer densificador 331A puede ser cualquier dispositivo adecuado configurado para encapsular al menos una porción del absorbente 390 dentro de los plásticos. Por ejemplo, en algunas realizaciones, el primer densificador 331A puede ser un dispositivo de extrusión configurado para aplicar una presión relativamente alta (por ejemplo, compresión) a los plásticos y el sorbente 390 de manera que el sorbente 390 esté uniformemente distribuido (por ejemplo, sustancialmente homogéneo) y/o encapsulado

dentro de los plásticos. Además, el primer densificador 331A puede configurarse para producir un material intermedio densificado. El material intermedio densificado puede estar en forma de cubos, briquetas, pellets, panal de abeja u otras formas y conformaciones adecuadas. En algunas realizaciones, el material intermedio densificado puede usarse como materia prima de combustible obtenido por ingeniería en, por ejemplo, plantas de energía de combustión (por ejemplo, plantas de energía de quema de carbón). En otras realizaciones, el material intermedio densificado puede devolverse al primer acondicionador 355A para incorporar adicionalmente el sorbente 390 (por ejemplo, elevar el contenido de sorbente 390 dentro del pellet y/o la rigidez del pellet). Con la cantidad deseada de sorbente 390 encapsulado dentro de los plásticos, un ventilador 370 puede entregar el material intermedio densificado desde el primer densificador 331A a un primer pulverizador 333A.

El primer pulverizador 333A puede ser cualquier dispositivo adecuado configurado para reducir el material intermedio densificado (por ejemplo, pellets) a un polvo relativamente fino, tal como, por ejemplo, de 0,238 cm (3/32 de una pulgada), 0,159 cm (1/16 de una pulgada) o menos. Con el material intermedio densificado pulverizado, un ventilador 370 puede entregar el material pulverizado a un tercer acondicionador 355C. En algunas realizaciones, el tercer acondicionador 355C puede ser sustancialmente similar al primer acondicionador 355A. Además, el sistema 300 incluye un segundo mezclador 354B configurado para entregar una segunda corriente de desechos desde el subsistema de separación 315. En algunas realizaciones, el segundo mezclador 354B puede configurarse para mezclar una porción de plásticos blandos con una porción de fibras. En otras realizaciones, el segundo mezclador 354B se configura para mezclar solamente plásticos blandos o fibras con el material pulverizado. De esta manera, el tercer acondicionador 355C se configura para condicionar (por ejemplo, calentar, humidificar y/o añadir soluciones a) el material pulverizado y los plásticos blandos y/o fibras y entregar los materiales acondicionados al segundo densificador 331B.

En algunas realizaciones, el segundo densificador 331B puede ser cualquier densificador adecuado. En algunas realizaciones, el segundo densificador 331B puede ser sustancialmente similar al primer densificador 331A. Por ejemplo, en algunas realizaciones, el segundo densificador 331B puede ser un dispositivo de extrusión configurado para aplicar una presión relativamente alta a los materiales de manera que el material intermedio pulverizado (es decir, sorbente encapsulado y plásticos) se encapsule en el material de desecho (por ejemplo, plásticos blandos y/o fibras). De esta manera, el segundo densificador 331B puede configurarse para producir una materia prima de combustible obtenido por ingeniería. En algunas realizaciones, la materia prima de combustible puede devolverse al segundo acondicionador 355A de manera de incorporar adicionalmente los plásticos blandos y/o fibras o aumentar la rigidez de los pellets. En algunas realizaciones, la recirculación puede asegurar una cantidad deseada de acondicionamiento (por ejemplo, durante un procedimiento de inicio cuando un densificador puede estar relativamente frío). Con la cantidad deseada de sorbente 390 encapsulado dentro del material de desecho (por ejemplo, plásticos duros, plásticos blandos y/o fibras), un ventilador 370 puede entregar la materia prima de combustible desde el segundo densificador 331B a un primer depósito de pellets 361. Ampliando aún más, en algunas realizaciones, el segundo densificador 331B puede configurarse para densificar el material en un pellet de combustible obtenido por ingeniería. En algunas realizaciones, los pellets de combustible obtenido por ingeniería pueden almacenarse en el primer depósito de pellets 361.

En algunas realizaciones, puede ser deseable reducir el tamaño de los pellets de combustible obtenido por ingeniería. En dichas realizaciones, el ventilador 370 puede configurarse para entregar los pellets de combustible obtenido por ingeniería a un granulador 332. De esta manera, el granulador 332 puede reducir el tamaño de los pellets de combustible obtenido por ingeniería y producir una materia prima de combustible granulada. La materia prima de combustible granulada puede tener un tamaño de partícula promedio de aproximadamente 1 a 5 mm para aplicaciones de lecho fluido o de 5 a 15 mm para aplicaciones de lecho fluido circulante. En algunas realizaciones, la materia prima de combustible granulada puede entregarse a un depósito 363 de combustible granulada, como se muestra en la FIG. 3. En otras realizaciones, puede ser deseable reducir adicionalmente el tamaño de la materia prima de combustible granulada. En dichas realizaciones, un ventilador 370 puede entregar la materia prima de combustible granulada a un segundo pulverizador 333B. De esta manera, el segundo pulverizador 333B puede reducir el tamaño de la materia prima de combustible granulada a una materia prima de combustible relativamente fina. La materia prima de combustible pulverizada puede tener un tamaño de partícula promedio de aproximadamente 100 micrómetros a 3.000 micrómetros. Además, un ventilador 370 puede configurarse para entregar el polvo de materia prima de combustible a un depósito 365 de combustible en polvo. Por tanto, el sistema 300 puede configurarse para producir una materia prima de combustible obtenido por ingeniería para una diversidad de condiciones (por ejemplo, la materia prima de combustible pelletizada, la materia prima de combustible granulada y/o la materia prima de combustible pulverizada).

La FIG. 4 es una ilustración esquemática de un sistema 400 para producir una materia prima de combustible obtenido por ingeniería a partir de material de desecho sólido municipal. El sistema 400 incluye un subsistema de separación 415 y un subsistema 480 de producción de materia prima de combustible (también denominado en el presente documento sistema de "Fabricación Avanzada de Productos" (FAP) 480). El subsistema de separación 415 puede ser sustancialmente similar al subsistema de separación 315 descrito anteriormente con respecto a la FIG. 3. De manera similar, el FAP 480 puede incluir componentes similares al FAP 380. Por tanto, determinados componentes del FAP 480 no se describen detalladamente en el presente documento y deben considerarse sustancialmente similares al componente correspondiente del FAP 380 a menos que se describa explícitamente que son diferentes.

Como se muestra en la FIG. 4, el subsistema de separación 415 puede configurarse para separar los componentes de una corriente de desechos. De esta manera, el subsistema de separación 415 puede incluir un conjunto de depósitos configurados para almacenar, por ejemplo, plásticos duros, plásticos blandos, plásticos mixtos, fibras y aditivos (por ejemplo, cualquiera de los aditivos descritos anteriormente). De esta manera, al menos una porción de la corriente de desechos puede entregarse al subsistema 480 de FAP para producir una materia prima de combustible obtenido por ingeniería. Ampliando aún más, en algunas realizaciones, el subsistema de separación 415 puede configurarse para entregar una cantidad dada de plásticos duros, plásticos blandos, plásticos mixtos y/o aditivos al subsistema 480 de COI. En dichas realizaciones, los plásticos (por ejemplo, los plásticos duros y blandos) y los aditivos se hacen pasar a través de dispositivos de medición 475 configurados para controlar la cantidad de plástico duro, plástico blando, plásticos mixtos y/o aditivos que se han de añadir a un primer mezclador 454A. El primer mezclador 454A puede ser cualquier dispositivo adecuado, tal como un mezclador continuo de paletas, un mezclador giratorio continuo, un transportador de tornillo, un mezclador de transportador de tipo tornillo de Arquímedes, un mezclador de vibración mecánica y/o un mezclador de agitación. De esta manera, el primer mezclador 454A puede mezclar los plásticos duros, los plásticos blandos, los plásticos mixtos y los aditivos y entregar los plásticos y aditivos a un mecanismo de pretratamiento 456.

El mecanismo de pretratamiento 456 puede ser cualquier mecanismo pretratamiento adecuado tal como, por ejemplo, el mecanismo de pretratamiento 356 descrito anteriormente. De esta manera, el mecanismo de pretratamiento 456 puede recibir los plásticos y los aditivos y procesar térmicamente la mezcla para desvolatilizar los plásticos contenidos en ellos. Además, el mecanismo de pretratamiento 456 puede incluir y/o estar acoplado operativamente a un intercambiador de calor 456H y un reactor 456R configurado para ventilar, neutralizar, almacenar o de otra manera interactuar con el componente evaporado del plástico. Por ejemplo, en algunas realizaciones, el mecanismo de pretratamiento 456 puede configurarse para desvolatilizar el PVC, liberando de este modo cloro en forma de HCl gaseoso. En dichas realizaciones, el intercambiador de calor 456H puede incluir un condensador que enfría el HCl gaseoso antes de enviarlo al reactor 456R que puede incluir un lecho de Trona configurado para neutralizar sustancialmente el HCl gaseoso. El HCl gaseoso puede reaccionar con el lecho de Trona para formar el compuesto de sal menos reactivo NaCl. Los sorbentes dentro del reactor 456R también pueden usarse para adsorber el HCl gaseoso. De esta manera, el reactor 456R puede configurarse para almacenar, reutilizar, procesar y/o de otro modo descartar los componentes descompuestos y evaporados de los plásticos. En algunas realizaciones, el HCl gaseoso puede reaccionar con otros productos químicos y/o procesarse adicionalmente para producir productos comercializables (por ejemplo, ácido clorhídrico).

El sistema 400 incluye adicionalmente un segundo mezclador 454B configurado para recibir los plásticos y aditivos tratados. Además, el subsistema de separación 415 puede configurarse para entregar una porción de fibras al segundo mezclador 454B de manera que las fibras se mezclen con los plásticos y aditivos tratados (véase, por ejemplo, la FIG. 8). De esta manera, una corriente de desechos mezclados (por ejemplo, que incluye los plásticos tratados y los aditivos y las fibras) puede entregarse a un acondicionador 455, como se describe en el presente documento con más detalle.

El acondicionador 455 puede ser cualquier dispositivo y/o sistema adecuado configurado para acondicionar al menos una porción de la corriente de desechos para la producción de materia prima de combustible obtenido por ingeniería. Por ejemplo, en algunas realizaciones, el acondicionador 455 puede configurarse para aumentar la temperatura de los componentes de la corriente de desechos (por ejemplo, la fibra y los plásticos/sorbentes encapsulados). En algunas realizaciones, el acondicionador 455 puede configurarse para aumentar la humedad de los componentes de la corriente de desechos.

El acondicionador 455 puede configurarse adicionalmente para entregar la corriente de desechos acondicionados y los aditivos a un densificador 431. El densificador 431 puede ser cualquier dispositivo adecuado configurado para encapsular al menos una porción de los aditivos en los plásticos y fibras. Por ejemplo, en algunas realizaciones, el densificador 431 puede ser un dispositivo de extrusión configurado para aplicar una presión relativamente alta (por ejemplo, compresión) a la mezcla (por ejemplo, plásticos, fibras y aditivos) de manera que los aditivos estén distribuidos uniformemente (por ejemplo, sean sustancialmente homogéneos) y/o encapsulados dentro de los plásticos y fibras. Además, el densificador 431 puede configurarse para producir un material intermedio densificado. El material intermedio densificado puede estar en forma de cubos, briquetas, pellets, panal de abeja u otras formas y conformaciones adecuadas. En algunas realizaciones, el material intermedio densificado puede usarse como materia prima de combustible obtenido por ingeniería en, por ejemplo, plantas de energía de combustión (por ejemplo, plantas de energía de quema de carbón). En otras realizaciones, el material intermedio densificado puede devolverse al acondicionador 455 para incorporar adicionalmente los aditivos y/o fibras. Con la relación deseada de plásticos, aditivos y fibras producidas, un ventilador 470 puede entregar una porción del material intermedio densificado (véase, por ejemplo, la FIG. 9) desde un depósito 461 para su almacenamiento.

En algunas realizaciones, puede ser deseable reducir el tamaño del material intermedio. En dichas realizaciones, el ventilador 470 puede configurarse para entregar los pellets de combustible obtenido por ingeniería a un granulador 432. De esta manera, el granulador 432 puede reducir el tamaño de los pellets de combustible obtenido por ingeniería y producir una materia prima de combustible granulada (véase, por ejemplo, la FIG. 10). La materia prima de combustible granulada puede tener un tamaño de partícula promedio de aproximadamente 1 a 5 mm para aplicaciones de lecho fluido o de 5 a 15 mm para aplicaciones de lecho fluido circulante. En algunas realizaciones, la

materia prima de combustible granulada puede entregarse a un depósito 463 de combustible granulada, como se muestra en la FIG. 4. En otras realizaciones, puede ser deseable reducir adicionalmente el tamaño de la materia prima de combustible granulada. En dichas realizaciones, un ventilador 470 puede entregar la materia prima de combustible granulada a un pulverizador 433. De esta manera, el pulverizador 433 puede reducir el tamaño de la materia prima de combustible granulada a una materia prima de combustible relativamente fina. La materia prima de combustible pulverizada puede tener un tamaño de partícula promedio de aproximadamente 100 micrómetros a 3.000 micrómetros. Además, un ventilador 470 puede configurarse para entregar el polvo de materia prima de combustible a un depósito 465 de combustible en polvo. Por tanto, el sistema 400 puede configurarse para producir una materia prima de combustible obtenido por ingeniería para una diversidad de condiciones (por ejemplo, la materia prima de combustible pelletizada, la materia prima de combustible granulada y/o la materia prima de combustible pulverizada).

En la FIG. 5 se muestra una realización de ejemplo de un mecanismo de pretratamiento para su uso en un sistema 300 y 400 para producir una materia prima de combustible obtenido por ingeniería a partir de material de desecho sólido municipal. Como se describe en el presente documento, los ejemplos de un mecanismo de pretratamiento 556 adecuado para el tratamiento térmico de plásticos incluyen transportadores de tornillo calefactados, hornos giratorios, secadores giratorios, tostadores de tornillo y otros recipientes de tratamiento térmico. Como se muestra, puede usarse un motor 550A para descargar plástico blando, plástico duro o plástico mixto almacenados en un depósito 560A a través de un dispositivo de medición 575A. De forma similar, puede usarse un motor 550B para descargar los sorbentes almacenados en un depósito 560B a través de un dispositivo de medición 575B. Pueden usarse motores adicionales 550D y 550E para transportar y/o conducir el plástico y el sorbente al mecanismo de pretratamiento 556. En algunas realizaciones, pueden usarse otros mecanismos de transporte (por ejemplo, alimentación por gravedad) para transportar los plásticos, sorbentes u otros materiales al mecanismo de pretratamiento 556. Los dispositivos de medición 575A y 575B permiten que los plásticos y sorbentes se combinen en proporciones predeterminadas para optimizar el rendimiento del mecanismo de pretratamiento 556 y/o personalizar la salida del sistema de producción de materia prima de combustible obtenido por ingeniería (por ejemplo, sistema 300 o 400). Además, la combinación del sorbente con los plásticos antes del tratamiento térmico evita el apelmazamiento y la formación de aglomeraciones de plástico y evita que el plástico se adhiera a las superficies del mecanismo de pretratamiento 556.

En algunas realizaciones, la velocidad de alimentación del plástico y el sorbente al mecanismo de pretratamiento 556 se controla de manera que una cámara de tratamiento 557 del mecanismo de pretratamiento 556 solo se llene parcialmente (por ejemplo, la mitad) con la mezcla de plástico y sorbente para dejar espacio para que los gases desprendidos se recojan en la cámara de aire y se reduzca el tiempo de contacto entre los gases y el sorbente y el arrastre de gas en la mezcla de plástico. Después, los gases desprendidos pueden extraerse a través de uno o más puertos 559A, 559B, 559C y 559D (denominados colectivamente en el presente documento "puertos 559 de gas") dispuestos a lo largo de la parte superior de la cámara de tratamiento 557. En algunas realizaciones, los puertos de gas pueden ser dispuestos en otras ubicaciones en la cámara de tratamiento 557. En algunas realizaciones, el mecanismo de pretratamiento 556 puede configurarse para transferir energía térmica al plástico y al sorbente a través de la superficie exterior de la cámara de tratamiento 557. En otras palabras, el mecanismo de pretratamiento 556 puede ser calentado externamente por una o más fuentes de calor incluyendo resistencia eléctrica, vapor, agua caliente o quemadores de gas. El plástico y el sorbente pueden calentarse a medida que entran en contacto con las paredes internas de la cámara de tratamiento 557. En algunas realizaciones, puede configurarse un tornillo de Arquímedes 558 para transportar el plástico y el sorbente a través de la cámara de tratamiento 557 y mezclar el material para aumentar la velocidad de transferencia de calor. En algunas realizaciones, el tornillo de Arquímedes 558 puede definir una ruta de fluido (no mostrada) y puede bombearse un fluido de transferencia de calor a través de la ruta de fluido para transferir energía térmica al plástico y la mezcla de sorbente desde el interior de la cámara de tratamiento 557. En algunas realizaciones, puede introducirse un gas calentado en el mecanismo de pretratamiento 556 para calentar el plástico y el sorbente (por ejemplo, un lecho fluido). Después de calentarse durante un tiempo predeterminado y a temperaturas predeterminadas, la mezcla tratada térmicamente puede descargarse del mecanismo de pretratamiento 556 a través de uno o más puertos de descarga 574A, 574B. Los puertos de descarga 574A y 574B pueden disponerse y configurarse para permitir que porciones de la mezcla tratada térmicamente se retiren de la cámara de tratamiento 557 en diferentes puntos, dependiendo de las condiciones de tratamiento térmico y/o el contenido de cloro de la mezcla. Por ejemplo, si el plástico y el sorbente solo requieren un tratamiento térmico mínimo, el puerto de descarga 574B puede usarse para aumentar el rendimiento global del material a través del mecanismo de pretratamiento 556.

Opcionalmente, un tercer depósito 560C puede almacenar materiales adicionales para alimentar el mecanismo de pretratamiento 556. Los materiales adicionales adecuados incluyen plásticos, sorbentes, aditivos, fibras y combinaciones de los mismos. Puede usarse un motor 550C para descargar el material adicional del depósito 560C a través de un dispositivo de medición 575C y alimentarlo en el mecanismo de pretratamiento 556 mediante un transportador accionado por el motor 550F.

En la FIG. 6 se muestra una realización de ejemplo de un mecanismo de pretratamiento para su uso en un sistema 300 y 400 para producir una materia prima de combustible obtenido por ingeniería a partir de material de desecho sólido municipal. Como se muestra, se acoplan entre sí dos mecanismos de pretratamiento 656A y 656B para tratar térmicamente los materiales plásticos de una corriente de desechos sólidos municipales. Cualquiera o ambos de los

dos mecanismos de pretratamiento 656A y 656B pueden ser sustancialmente similares al mecanismo de pretratamiento 556 descrito anteriormente con referencia a la FIG. 5. En este sistema de tratamiento térmico de "dos etapas", los materiales almacenados en los depósitos 660A y 660B (por ejemplo, plásticos y absorbentes) pueden tratarse en un primer conjunto de condiciones dentro del mecanismo de pretratamiento 656A y después, opcionalmente, los materiales almacenados en el depósito 660C puede añadirse a la mezcla del primer mecanismo de pretratamiento 656A y después tratarse en un segundo conjunto de condiciones dentro del mecanismo de pretratamiento 656B. De forma similar, pueden acoplarse mecanismos adicionales de pretratamiento en serie o en paralelo para proporcionar capacidad adicional y/o variedades adicionales de condiciones de tratamiento.

La FIG. 7 muestra otra realización en la que los materiales almacenados en los depósitos 760 pueden alimentarse al mecanismo de pretratamiento 756. Después del tratamiento térmico, los materiales pueden descargarse a través del dispositivo de medición 775A. Los depósitos de almacenamiento 767A y 767B pueden contener materiales adicionales y pueden transportarse a través de dispositivos de medición 775B y 775C ubicados después del procedimiento de tratamiento térmico. Por ejemplo, pueden tratarse térmicamente plástico y sorbente en el mecanismo de pretratamiento 756 y puede añadirse fibra desde el depósito 767A y/o pueden añadirse aditivos desde el depósito 767B. En otro ejemplo, pueden tratarse térmicamente plástico y sorbente en el mecanismo de pretratamiento 756 y puede añadirse plástico adicional desde el depósito 767A y/o puede añadirse sorbente adicional desde el depósito 767B. En otro ejemplo más, pueden tratarse térmicamente plástico y sorbente en el mecanismo de pretratamiento 756 y puede añadirse residuo de reciclaje desde el depósito 767A y/o puede añadirse ceniza desde el depósito 767B. En otro ejemplo más, pueden tratarse térmicamente plástico, sorbente y fibra en el mecanismo de pretratamiento 756 y puede añadirse residuo de reciclaje desde el depósito 767A y/o pueden añadirse aditivos desde el depósito 767B.

Como se describe en el presente documento, en algunas realizaciones, la primera corriente de desechos combinada y el aditivo pueden combinarse con una corriente de desechos segunda y/o tercera para formar una materia prima de combustible obtenido por ingeniería. Por ejemplo, la segunda corriente de desechos puede incluir plástico duro, plástico blando o plástico mixto y la tercera corriente de desechos puede incluir fibras. En algunas realizaciones, la segunda corriente de desechos incluye plásticos y fibras. En algunas realizaciones, la segunda corriente de desechos incluye menos de aproximadamente el 20 % en peso, el 10 % en peso o el 5 % en peso de plástico duro. En algunas realizaciones, la segunda corriente de desechos incluye al menos aproximadamente el 5 % en peso, el 10 % en peso o 20 % en peso de plástico blando. En algunas realizaciones, la segunda corriente de desechos incluye al menos aproximadamente el 80 % en peso, el 90 % en peso o el 95 % en peso de fibras. En algunas realizaciones, la segunda corriente de desechos incluye al menos aproximadamente el 95 % en peso de plástico blando y fibras en combinación. En algunas realizaciones, la segunda corriente de desechos está sustancialmente libre de vidrio, metales, grava y productos no combustibles. En algunas realizaciones, la materia prima de combustible obtenido por ingeniería final puede tener una densidad aparente de entre aproximadamente 0,16 kg/l (10 lb/ft³) y aproximadamente 0,96 kg/l (60 lb/ft³). En algunas realizaciones, la materia prima de combustible obtenido por ingeniería final puede tener una densidad aparente de entre aproximadamente 0,32 kg/l (20 lb/ft³) y aproximadamente 0,64 kg/l (40 lb/ft³).

Como se describe en el presente documento, durante el procedimiento de separación y clasificación, diversos componentes de las corrientes de desechos pueden triturarse con una trituradora primaria y, opcionalmente, una trituradora secundaria. En algunas realizaciones, el componente de plástico duro de la corriente de desechos tiene un tamaño de partícula promedio inferior a aproximadamente 1,27 cm (1/2 pulgada), 0,953 cm (3/8 pulgada), 0,635 cm (1/4 pulgada), 0,476 cm (3/16 pulgada), 0,318 cm (1/8 pulgada) o 0,238 cm (3/32 pulgada). En algunas realizaciones, el componente de plástico duro de la corriente de desechos tiene un tamaño de partícula promedio en el intervalo de entre aproximadamente 0,238 cm (3/32 pulgada) y aproximadamente 0,635 cm (1/4 pulgada). En algunas realizaciones, el componente de plástico duro de la corriente de desechos tiene un tamaño de partícula promedio en el intervalo de entre aproximadamente 0,238 cm (3/32 pulgada) y aproximadamente 0,953 cm (3/8 pulgada). En algunas realizaciones, los componentes de plástico duro, plástico blando o plástico mixto de la corriente de desechos tienen un tamaño de partícula promedio en el intervalo de entre aproximadamente 0,238 cm (3/32 pulgada) y aproximadamente 1,91 cm (3/4 pulgada). En algunas realizaciones, el componente de plástico blando de la corriente de desechos tiene un tamaño de partícula promedio en el intervalo de entre aproximadamente 0,318 cm (1/8 pulgada) y aproximadamente 0,953 cm (3/8 pulgada). En algunas realizaciones, el componente de fibra de la corriente de desechos tiene un tamaño de partícula promedio en el intervalo de entre aproximadamente 0,318 cm (1/8 pulgada) y aproximadamente 0,953 cm (3/8 pulgada). En algunas realizaciones, los componentes de fibra y plástico blando de la corriente de desechos tienen un tamaño de partícula promedio en el intervalo de entre aproximadamente 0,318 cm (1/8 pulgada) y aproximadamente 0,953 cm (3/8 pulgada).

En algunas realizaciones, las corrientes de desechos o los componentes individuales de la corriente de desechos se acondicionan una vez más durante el procedimiento de producción de materia prima de combustible obtenido por ingeniería. Por ejemplo, el acondicionamiento puede incluir añadir calor para elevar la temperatura de la corriente de desechos, añadir agua para elevar el contenido de humedad de la corriente de desechos o añadir vapor para elevar la temperatura y el contenido de humedad de la corriente de desechos. En algunas realizaciones, la temperatura de una o más de las corrientes de desechos puede elevarse a aproximadamente 150 °C, 160 °C, 175 °C o 190 °C. En algunas realizaciones, el contenido de humedad de una o más de las corrientes de desechos puede elevarse a al menos aproximadamente el 5 %, el 10 % o el 15 %.

Como se describe en el presente documento, una o más corrientes de desechos pueden combinarse con un aditivo y después comprimirse para formar una materia prima de combustible obtenido por ingeniería densificada en una sola etapa (véase, por ejemplo, la FIG. 4) o una o más corrientes de desechos pueden combinarse con un aditivo y después comprimirse para formar un material intermedio densificado, que puede molerse y después combinarse con corrientes de desechos adicionales antes de comprimirse por segunda vez para formar una materia prima de combustible obtenido por ingeniería densificada (véase, por ejemplo, la FIG. 3). En algunas realizaciones, el material intermedio densificado y/o la materia prima de combustible obtenido por ingeniería densificada pueden molerse (por ejemplo, granularse o pulverizarse) a un tamaño de partícula promedio inferior a aproximadamente 1,91 cm (3/4 pulgada), 1,59 cm (5/8 pulgada), 1,27 cm (1/2 pulgada), 0,953 cm (3/8 pulgada), 0,635 cm (1/4 pulgada), 0,476 cm (3/16 pulgada), 0,318 cm (1/8 pulgada), 0,238 cm (3/32 pulgadas).

Como se describe en el presente documento, una materia prima de combustible obtenido por ingeniería a partir de una corriente de desechos DSM procesados puede incluir un contenido de plástico duro de entre aproximadamente el 0 % en peso y aproximadamente el 40 % en peso, un contenido de plástico blando de entre aproximadamente el 0 % en peso y aproximadamente el 40 % en peso, un contenido de fibra de entre aproximadamente el 30 % en peso y aproximadamente el 80 % en peso y un contenido sorbente de entre aproximadamente el 5 % en peso y aproximadamente el 50 % en peso. En algunas realizaciones, el contenido de plástico duro es de entre aproximadamente el 0 % en peso y aproximadamente el 20 % en peso, entre aproximadamente el 5 % en peso y aproximadamente el 20 % en peso, entre aproximadamente el 10 % en peso y aproximadamente el 20 % en peso, entre aproximadamente el 5 % en peso y aproximadamente el 15 % en peso o entre aproximadamente el 10 % en peso y aproximadamente el 15 % en peso. En algunas realizaciones, el contenido de plástico blando es de entre aproximadamente el 0 % en peso y aproximadamente el 20 % en peso, entre aproximadamente el 5 % en peso y aproximadamente el 20 % en peso, entre aproximadamente el 10 % en peso y aproximadamente el 20 % en peso, entre aproximadamente el 5 % en peso y aproximadamente el 15 % en peso o entre aproximadamente el 10 % en peso y aproximadamente el 15 % en peso. En algunas realizaciones, el contenido de fibra es de entre aproximadamente el 30 % en peso y aproximadamente el 60 % en peso, entre aproximadamente el 40 % en peso y aproximadamente el 60 % en peso o entre aproximadamente el 40 % en peso y aproximadamente el 50 % en peso. En algunas realizaciones, el contenido de sorbente es de entre aproximadamente el 10 % en peso y aproximadamente el 40 % en peso, entre aproximadamente el 20 % en peso y aproximadamente el 40 % en peso o entre aproximadamente el 30 % en peso y aproximadamente el 40 % en peso.

Como se describe en el presente documento, una materia prima de combustible obtenido por ingeniería a partir de una corriente de desechos DSM procesados puede incluir un contenido de plástico mixto de entre aproximadamente el 10 % en peso y aproximadamente el 40 % en peso, un contenido de fibra de entre aproximadamente el 30 % en peso y aproximadamente el 80 % en peso y un contenido de sorbente de entre aproximadamente el 5 % en peso y aproximadamente el 50 % en peso. En algunas realizaciones, el contenido de plástico mixto es de entre aproximadamente el 0 % en peso y aproximadamente el 20 % en peso, entre aproximadamente el 5 % en peso y aproximadamente el 20 % en peso, entre aproximadamente el 10 % en peso y aproximadamente el 20 % en peso, entre aproximadamente el 5 % en peso y aproximadamente el 15 % en peso o entre aproximadamente el 10 % en peso y aproximadamente el 15 % en peso. En algunas realizaciones, el contenido de fibra es de entre aproximadamente el 30 % en peso y aproximadamente el 60 % en peso, entre aproximadamente el 40 % en peso y aproximadamente el 60 % en peso o entre aproximadamente el 40 % en peso y aproximadamente el 50 % en peso. En algunas realizaciones, el contenido de sorbente es de entre aproximadamente el 10 % en peso y aproximadamente el 40 % en peso, entre aproximadamente el 20 % en peso y aproximadamente el 40 % en peso o entre aproximadamente el 30 % en peso y aproximadamente el 40 % en peso.

Ejemplos

A modo de ejemplo, un procedimiento de producción de combustible puede incluir hacer pasar una corriente de desechos (por ejemplo, plásticos duros, plásticos blandos, plásticos mixtos y/o fibras) y aditivos (por ejemplo, sorbentes, biomasa, biomateriales y/o similares) a través de un densificador cualquier número de veces para incorporar el aditivo en el material de desecho. Hacer pasar la corriente de desechos/mezcla de aditivos a través del densificador o granulador múltiples veces aumenta la temperatura de los componentes para facilitar la incorporación del aditivo en los componentes de los materiales de desecho. El procedimiento de producción de combustible obtenido por ingeniería también puede incluir acondicionadores como se ha descrito anteriormente para elevar la temperatura de la mezcla antes de la densificación. En otros ejemplos, el sorbente puede seleccionarse para generar calor cuando se mezcla con materiales de desecho y/o agua (por ejemplo, cal viva).

Después, los pellets de plástico duro que contenían el sorbente se hicieron pasar a través de un granulador para reducir el tamaño de los pellets de combustible obtenido por ingeniería y producir una materia prima de combustible granulada que tenía un tamaño de partícula promedio en el intervalo de aproximadamente 0,1-1 mm (0,004-0,04 pulgadas). El material intermedio granulado (37,5 % en peso del total) se mezcló con un 6,5 % en peso de plástico y un 56 % en peso de fibras y se hizo pasar 10 veces a través de un granulador para producir pellets densificados de materia prima de combustible obtenido por ingeniería que contenían un 14 % en peso de plástico, un 56 % en peso de fibra y un 30 % en peso de sorbente.

Los pellets de combustible obtenido por ingeniería pueden usarse en forma de pellets, hacerse pasar a través de un

granulador para reducir el tamaño de los pellets de combustible obtenido por ingeniería y producir una materia prima de combustible granulada que tenga un tamaño de partícula promedio de aproximadamente 1 mm (0,04 pulgadas) o en el intervalo de aproximadamente 0,2-3 mm (0,008-0,12 pulgadas) o pueden hacerse pasar a través de un pulverizador para reducir el tamaño de la materia prima de combustible a una materia prima de combustible relativamente fina que tenga un tamaño de partícula promedio de aproximadamente 0,5 mm (0,02 pulgadas) o en el intervalo de aproximadamente 0,2-2 mm (0,008-0,08 pulgadas).

Aunque se han descrito anteriormente diversas realizaciones, debe entenderse que se han presentado solo a modo de ejemplo y no de limitación. Cuando los procedimientos descritos anteriormente indican que ciertos eventos ocurren en cierto orden, el orden de ciertos eventos puede modificarse. Adicionalmente, algunos de los eventos pueden realizarse simultáneamente en un procedimiento paralelo cuando sea posible, así como también pueden realizarse secuencialmente como se ha descrito anteriormente.

Cuando los esquemas y/o realizaciones descritos anteriormente indican ciertos componentes dispuestos en ciertas orientaciones o posiciones, la disposición de los componentes puede modificarse. De forma similar, cuando los procedimientos y/o eventos descritos anteriormente indican que ciertos eventos y/o procedimientos ocurren en cierto orden, el orden de ciertos eventos y/o procedimientos puede modificarse. Aunque las realizaciones se han mostrado y descrito en particular, se entenderá que pueden realizarse diversos cambios en la forma y los detalles.

Por ejemplo, en referencia a la FIG. 3, aunque se describe que las corrientes de desechos específicas entran en el primer mezclador 354A y el segundo mezclador 354B, las corrientes de desechos pueden introducirse en el primer mezclador 354A o en el segundo mezclador 354B en cualquier configuración dada. Por ejemplo, en algunas realizaciones, el primer mezclador 354A puede configurarse para recibir solo plásticos duros, solo plásticos blandos, solo plásticos mixtos y/o cualquier combinación adecuada de los mismos. De forma similar, en algunas realizaciones, el segundo mezclador 355B puede configurarse para recibir solo plásticos blandos, solo fibras, solo plásticos mixtos y/o cualquier combinación adecuada de plásticos y fibras. Además, la configuración de cualquier componente del primer mezclador 354A puede usarse con cualquier configuración de componente del segundo mezclador 354B.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de producción de una materia prima de combustible obtenido por ingeniería densificada a partir de una corriente de desechos sólidos municipales procesados, comprendiendo el procedimiento:

- 5 combinar una primera corriente de desechos que incluye al menos uno de entre plástico duro, plástico blando y plástico mixto con un sorbente, en la que el al menos uno de entre plástico duro, plástico blando y plástico mixto incluye un plástico clorado;
 aumentar la temperatura de la primera corriente de desechos combinada y el sorbente a una temperatura de al menos 290 °C;
 10 combinar la primera corriente de desechos tratada térmicamente y el sorbente con una segunda corriente de desechos, incluyendo la segunda corriente de desechos fibra; y
 comprimir la primera corriente de desechos combinada, el sorbente y la segunda corriente de desechos para formar una materia prima de combustible obtenido por ingeniería densificada.

2. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que:

- 15 a) la temperatura de la primera corriente de desechos combinada y el sorbente se aumenta a al menos 350 °C;
 b) la primera corriente de desechos consiste esencialmente en plástico duro y plástico blando;
 c) la segunda corriente de desechos consiste esencialmente en fibra; o
 d) la temperatura de la primera corriente de desechos combinada y el sorbente se aumenta durante al menos 10 minutos, preferentemente durante al menos 30 minutos.

3. El procedimiento de la reivindicación 1, que comprende adicionalmente:

- 20 procesar la materia prima de combustible obtenido por ingeniería a un tamaño de partícula promedio inferior a 6,35 mm, preferentemente inferior a 4,76 mm, más preferentemente inferior a 3,18 mm (1/8 de pulgada), mucho más preferentemente inferior a 2,38 mm.

4. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que el sorbente es al menos uno de entre sesquicarbonato de sodio (Trona), bicarbonato de sodio, carbonato de sodio, ferrita de cinc, ferrita de cobre y cinc, titanato de cinc, aluminato de ferrita de cobre, aluminato de cobre, óxido de cobre y manganeso, níquel soportado sobre alúmina, óxido de cinc, óxido de hierro, cobre, óxido de cobre (I), óxido de cobre (II), piedra caliza, cal, Fe, FeO, Fe₂O₃, Fe₃O₄, limaduras de hierro, CaCO₃, Ca(OH)₂, CaCO₃.MgO, sílice, alúmina, arcilla china, caolinita, bauxita, ematilita, atapulgita, ceniza de carbón, cáscaras de huevo, sales orgánicas (tales como acetato de calcio y magnesio (CMA), acetato de calcio (CA), formiato de calcio (CF), benzoato de calcio (CB), propionato de calcio (CP) y acetato de magnesio (MA), urea, bromuro de calcio, bromuro de sodio, bromuro de amonio, bromuro de hidrógeno, sulfato de amonio, lignosulfonato y Ca-montmorillonita.

5. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que la materia prima de combustible obtenido por ingeniería densificada comprende

- 35 un contenido de plástico de entre el 5 % en peso y el 50 % en peso;
 un contenido de fibra de entre el 50 % en peso y el 95 % en peso;
 un contenido sorbente de entre el 1 % en peso y el 50 % en peso; y
 un contenido de cloro total inferior a 400 ppm.

6. El procedimiento de la reivindicación 5, en el que:

- 40 el contenido de plástico es de entre el 10 % en peso y el 30 % en peso o de entre el 6 % en peso y el 38 % en peso, preferentemente de entre el 11 % en peso y el 14 % en peso;
 el contenido de fibra es de entre el 70 % en peso y el 90 % en peso o de entre el 30 % en peso y el 71 % en peso, preferentemente de entre el 44 % en peso y el 56 % en peso; o
 el contenido de sorbente es de entre el 23 % en peso y el 40 % en peso.

7. El procedimiento de la reivindicación 5, en el que:

- 45 el contenido de plástico es de entre el 6 % en peso y el 38 % en peso;
 el contenido de fibra es de entre el 30 % en peso y el 71 % en peso; o
 el contenido de sorbente es de entre el 23 % en peso y el 40 % en peso.

8. El procedimiento de la reivindicación 5 en el que la materia prima de combustible obtenido por ingeniería densificada tiene una densidad aparente de entre 0,16 kg/l y 0,96 kg/l.

50

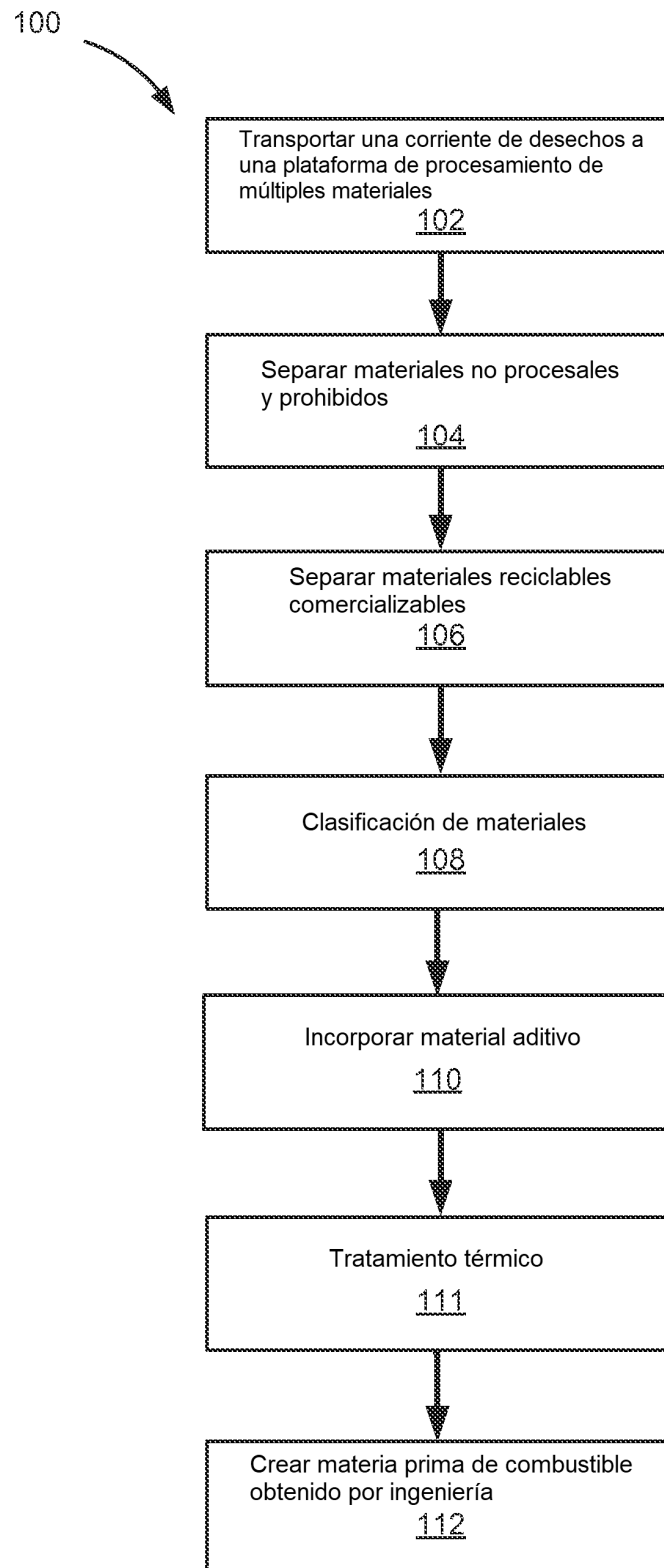


FIG. 1

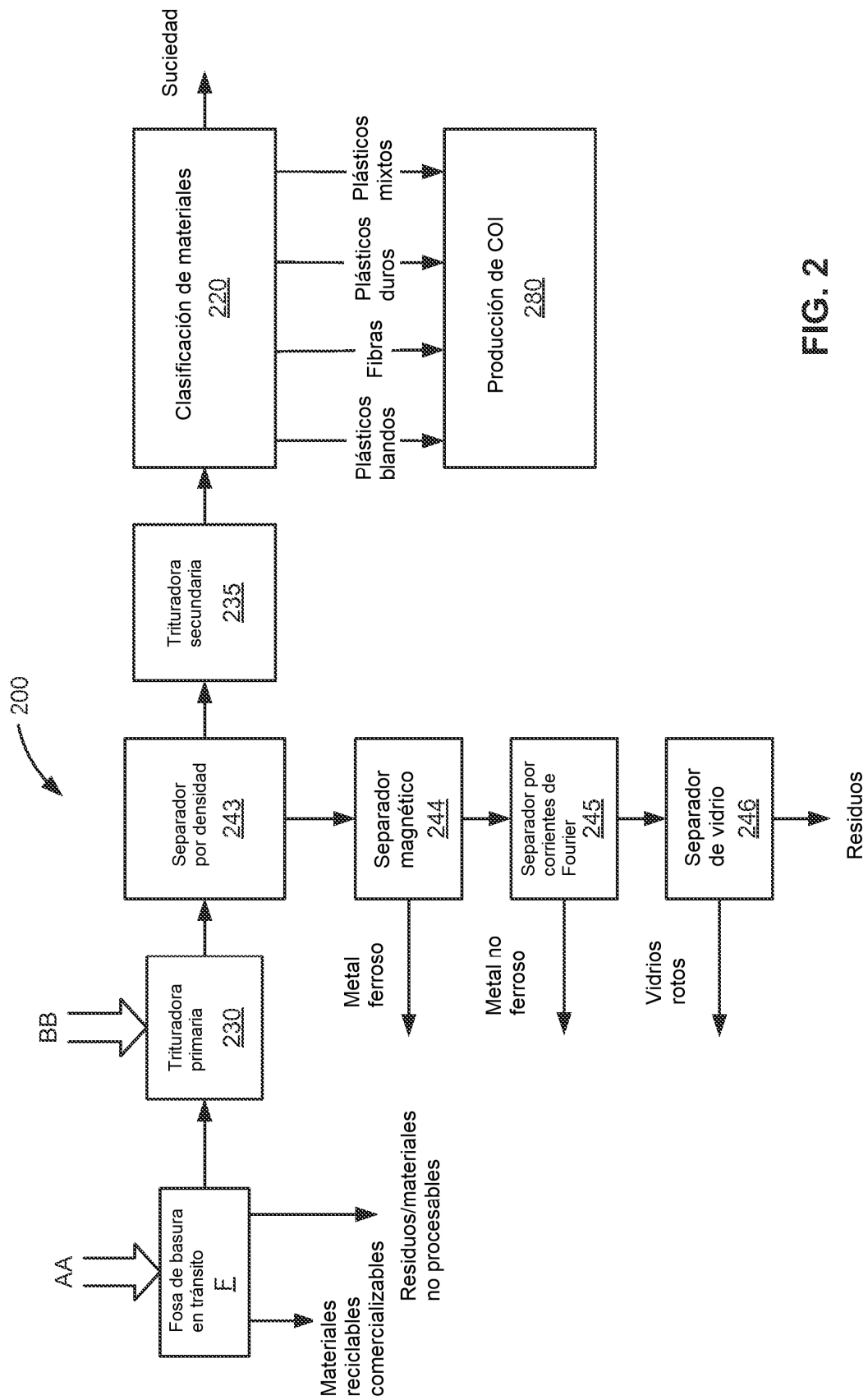


FIG. 2

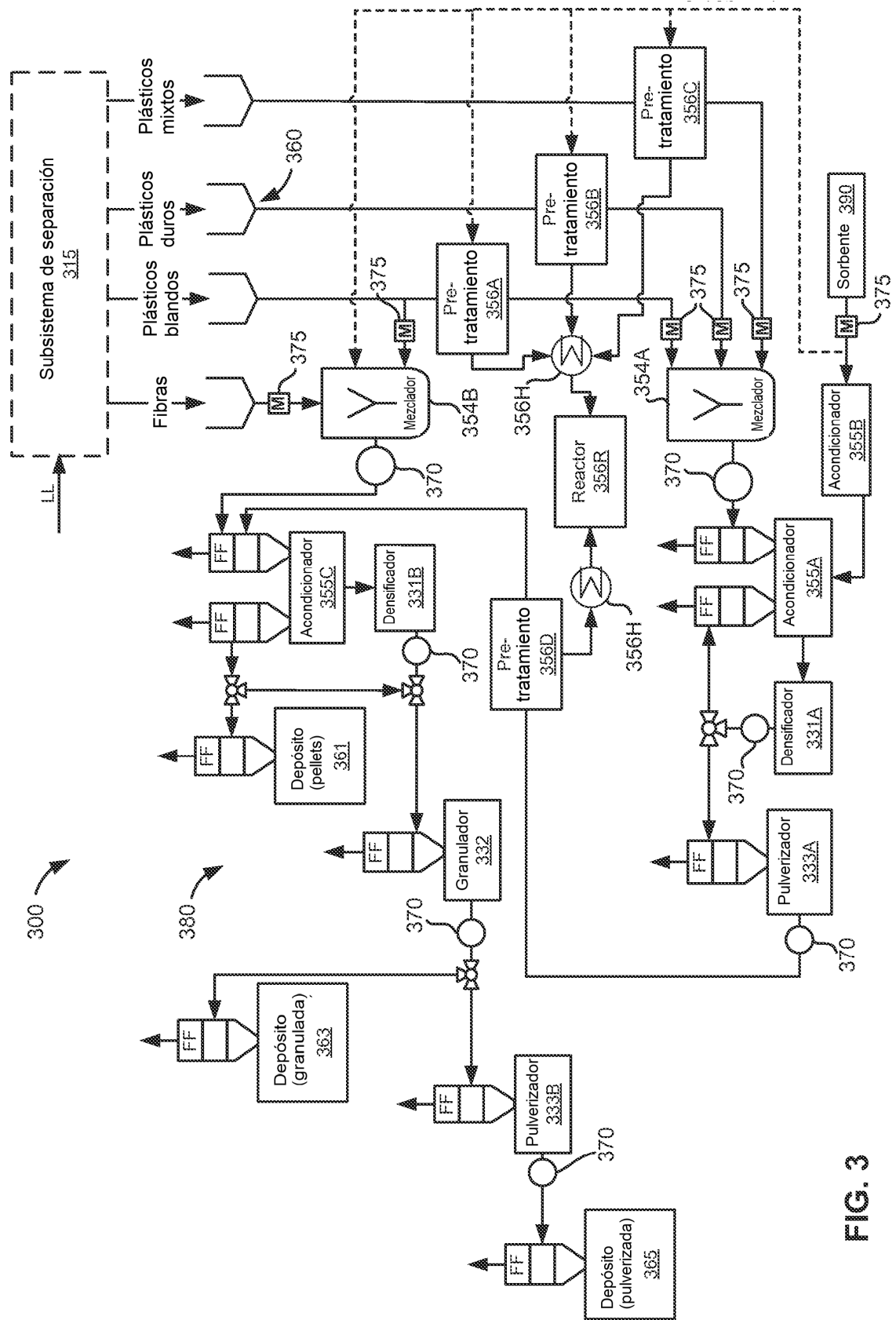


FIG. 3

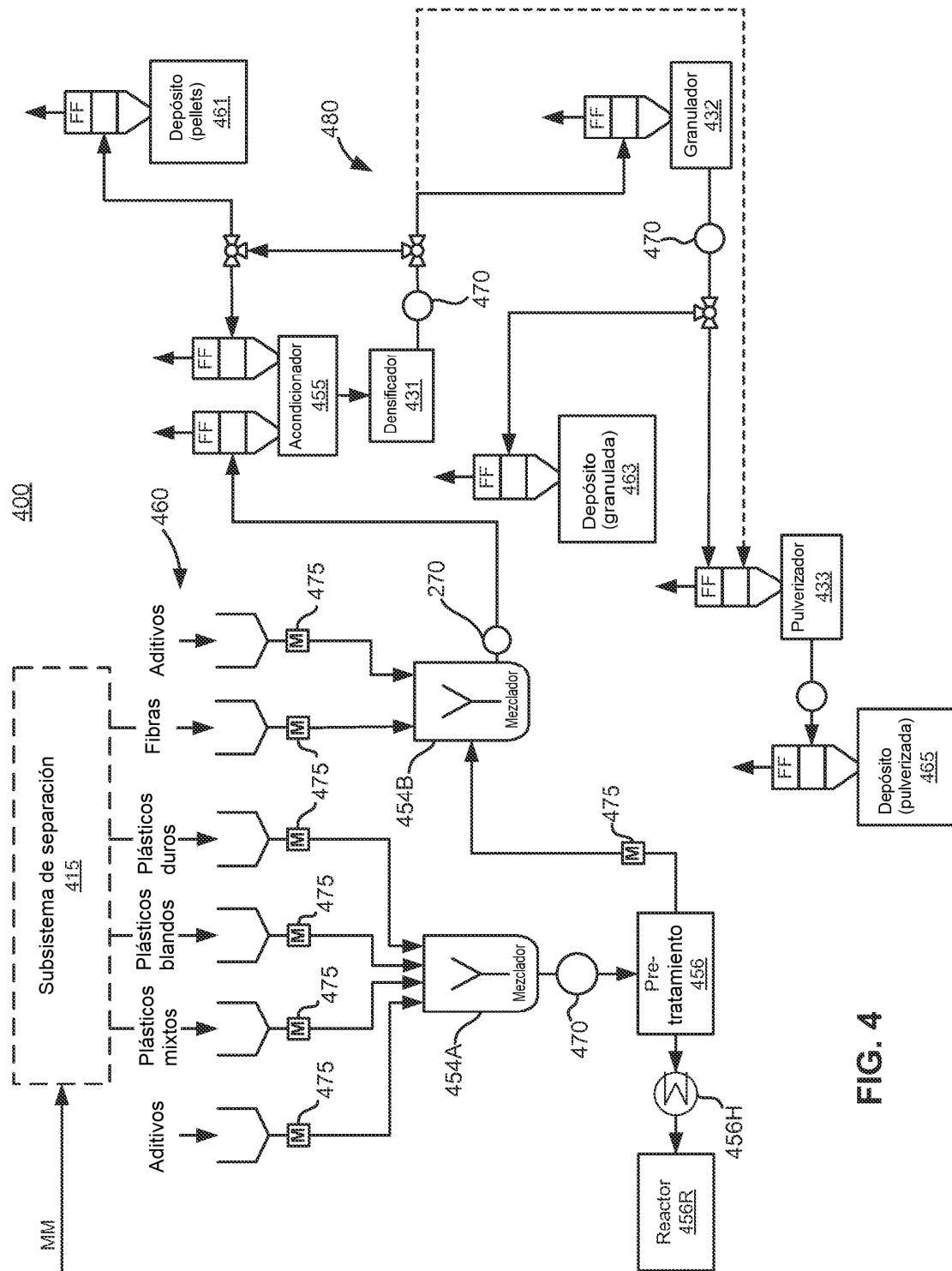


FIG. 4

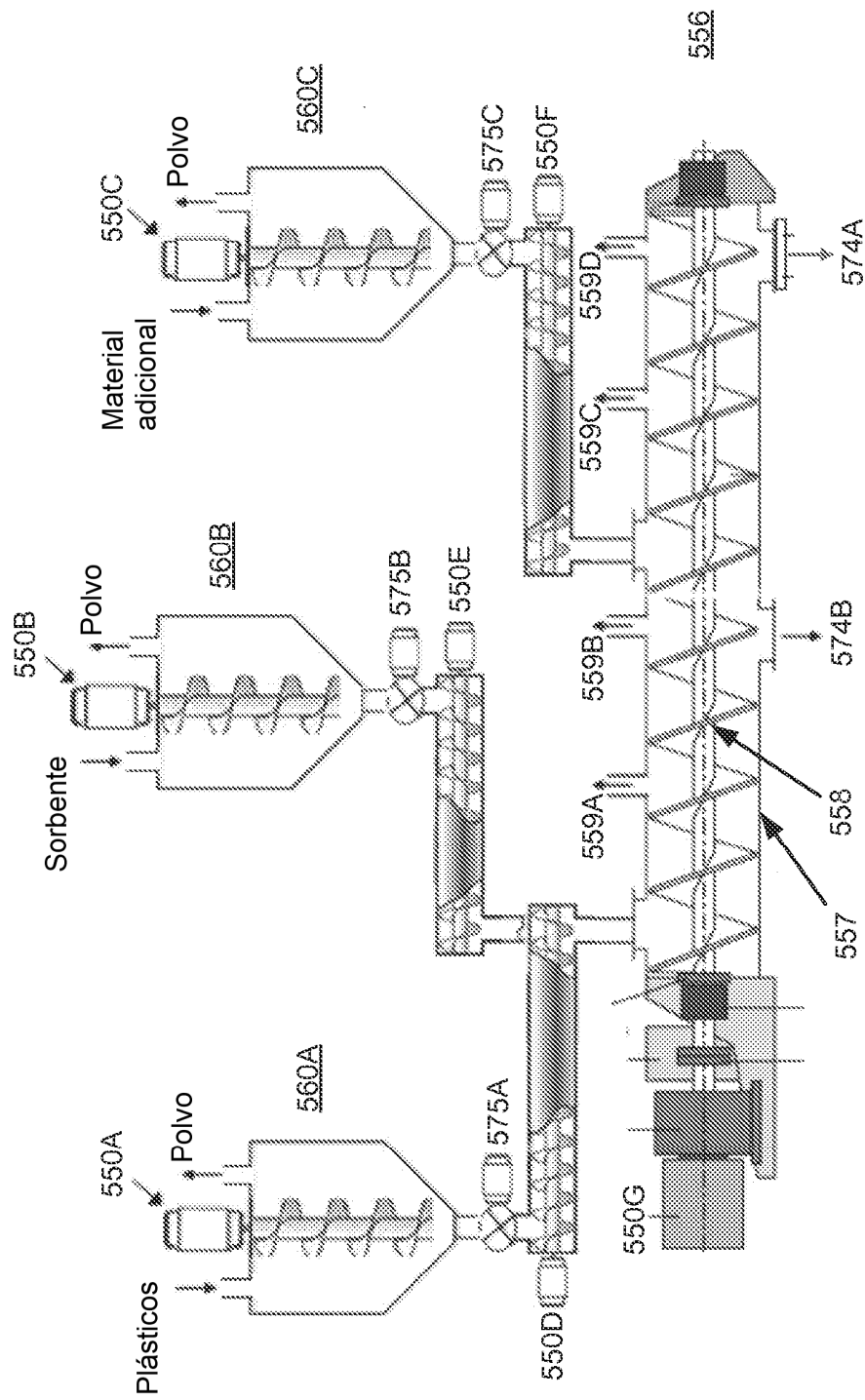


FIG. 5

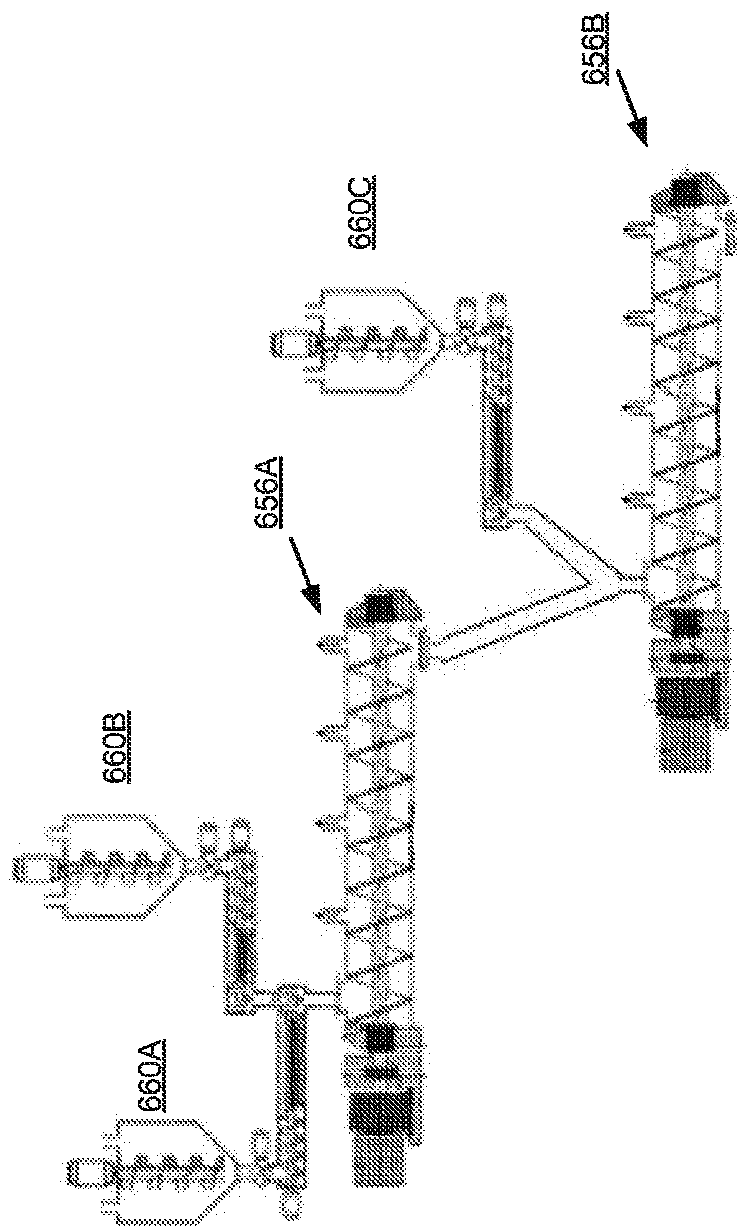


FIG. 6

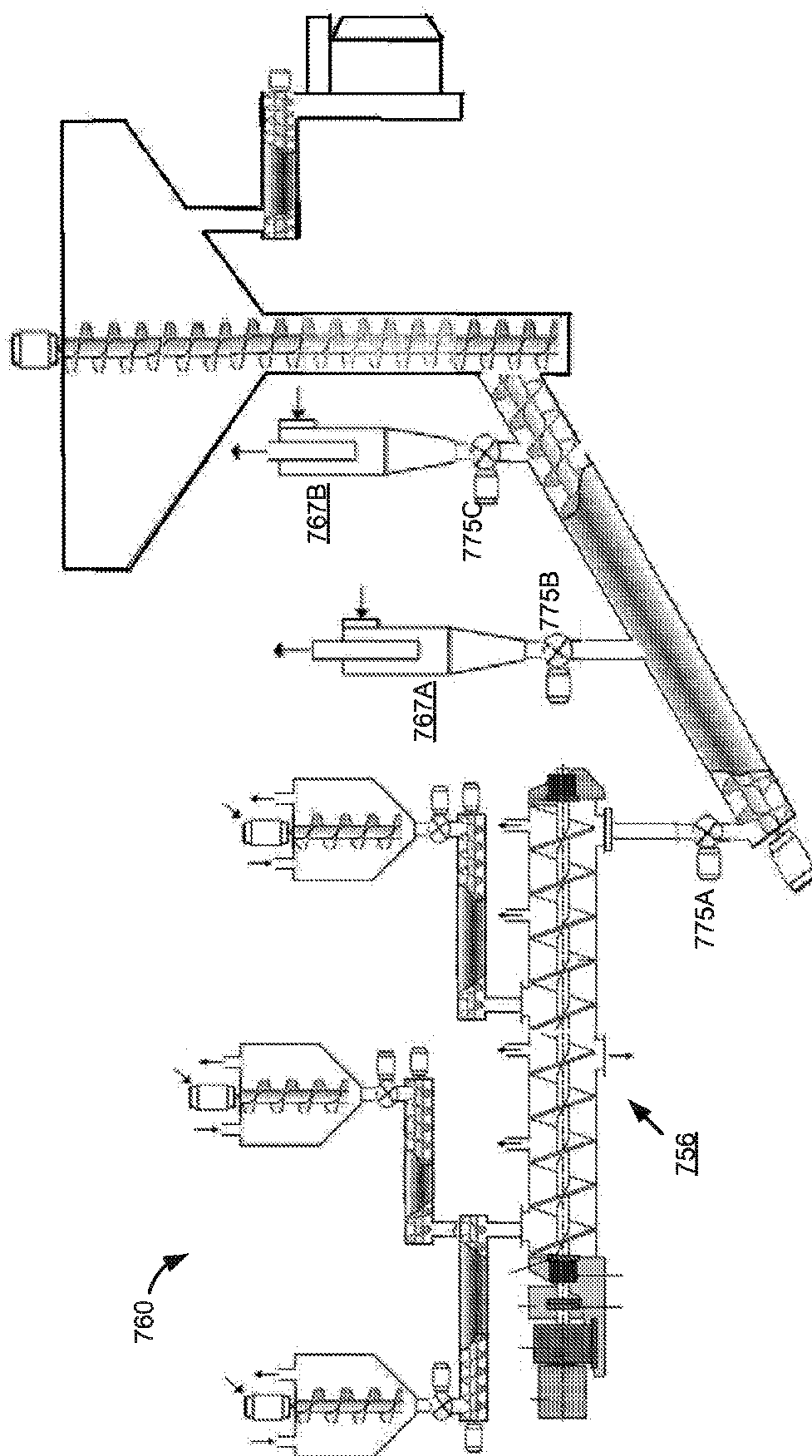


FIG. 7