

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 741 133**

51 Int. Cl.:

C05B 7/00	(2006.01)	C05F 7/00	(2006.01)
C05C 1/00	(2006.01)	C05F 9/00	(2006.01)
C05C 3/00	(2006.01)	C05F 11/00	(2006.01)
C05C 9/00	(2006.01)	C05F 3/00	(2006.01)
C05C 11/00	(2006.01)		
C05D 1/00	(2006.01)		
C05D 9/02	(2006.01)		
C05F 11/08	(2006.01)		
C05G 3/00	(2006.01)		
C05F 3/06	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.12.2010 PCT/US2010/062504**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **07.07.2011 WO11082301**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.12.2010 E 10841721 (3)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.07.2019 EP 2519484**

54 Título: **Fertilizante de alto valor aumentado bioorgánicamente**

30 Prioridad:

30.12.2009 US 291205 P

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

10.02.2020

73 Titular/es:

**ANUVIA PLANT NUTRIENTS HOLDINGS LLC
(100.0%)
6751 Jones Ave.
Zellwood, FL 32798 , US**

72 Inventor/es:

**BURNHAM, JEFFREY, C.;
CARR, JAMES, P. y
DAHMS, GARY, L.**

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 741 133 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

Fertilizante de alto valor aumentado bioorgánicamente

5 Antecedentes

1. Campo de la Invención

10 Esta invención se dirige a sistemas, dispositivos y métodos para un proceso de fabricación de flujo continuo para un fertilizante, especialmente un fertilizante con alto contenido de nitrógeno, inorgánico, a base de amonio, aumentado orgánicamente, de liberación lenta o de liberación controlada. La invención se dirige, además, a aprovechar ventajosamente la reacción exotérmica de compuestos mezclados para potenciar la composición de nitrógeno del fertilizante y la descomposición de macromoléculas no deseadas. La invención disminuye, además, la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero y es básicamente carbono neutral. La invención se dirige, además, a productos
15 producidos mediante los procesos de la invención.

2. Descripción de los Antecedentes

20 La eliminación de los biosólidos descargados de las plantas de tratamiento de aguas residuales municipales es un problema grave y creciente. En 1990, la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos indicó que una familia de cuatro miembros descargaba de 300 a 400 galones de aguas residuales por día y en el año 2000 este número casi se ha duplicado. A partir de estas aguas residuales, las obras de tratamiento de propiedad pública generan aproximadamente 7,7 millones de toneladas métricas secas de lodo (o "biosólidos", como se denominan en la actualidad estos lodos municipales) o aproximadamente 64 libras secas de biosólidos por cada individuo en los Estados Unidos.

25 Las definiciones de "lodo de aguas servidas" y "lodo" y "biosólidos" en el Título 40 del Código de Regulaciones Federales, Parte 257.2, incorporadas en la presente como referencia, son las siguientes:

30 "Lodo de aguas servidas" significa residuos sólidos, semisólidos o líquidos generados durante el tratamiento de las aguas servidas domésticas en una obra de tratamiento. El lodo de aguas servidas incluye, pero no se limita a, residuos sépticos domésticos; escoria o sólido eliminado en procesos de tratamiento primarios, secundarios o avanzados de aguas residuales; y un material derivado a partir del lodo de aguas servidas. El lodo de aguas servidas no incluye las cenizas generadas durante la combustión del lodo de aguas servidas en un incinerador de lodo de aguas servidas o la arena y los residuos generados durante el tratamiento preliminar de las aguas servidas domésticas en una obra de tratamiento. Lodo significa residuo sólido, semisólido o líquido generado a partir de las plantas de tratamiento de aguas residuales
35 municipales, comerciales o industriales, plantas de tratamiento de suministro de agua o instalaciones de control de la contaminación del aire o cualquier otro desecho que tenga características y efectos similares.

40 El término lodo abarca, además, sustancias tales como, pero sin limitarse a, biosólidos deshidratados municipales, residuos sépticos domésticos, biosólidos secados con calor, desechos de fermentación farmacéutica, productos de la digestión microbiana de productos orgánicos tales como productos alimenticios, subproductos alimenticios, estiércol animal, estiércol animal digerido, lodos orgánicos compuestos principalmente de microorganismos, y cualquiera de sus combinaciones.

45 Existen varios tipos de biosólidos producidos a partir del tratamiento de aguas servidas y/o aguas residuales. Estos incluyen biosólidos primarios, biosólidos activados por desechos, biosólidos pasteurizados, biosólidos tratados con calor y biosólidos digeridos aeróbica o anaeróbicamente, y sus combinaciones. Estos biosólidos pueden ser de fuentes municipales y/o industriales. Por lo tanto, los biosólidos pueden comprender macromoléculas, lo que incluye proteínas, ácidos nucleicos, grasas, carbohidratos y lípidos. Los biosólidos pueden comprender compuestos farmacéuticos, lo que incluye productos de desecho a partir de su fabricación, antibióticos, hormonas, moléculas similares a hormonas, otros
50 compuestos activos biológicamente y macromoléculas.

Comúnmente, pero de manera inadecuada, los biosólidos se deshidratan simplemente hasta el mayor grado posible mediante medios químicos y mecánicos. El contenido de agua de los biosólidos de aguas servidas es todavía muy alto, y ninguno de los compuestos indeseables enumerados anteriormente se neutraliza. Los biosólidos típicos que provienen de un clarificador por gravedad pueden tener un contenido de sólidos secos de dos por ciento o menos. Después de la digestión anaeróbica, el contenido de sólidos puede ser de aproximadamente el diez por ciento. Se ha encontrado que los polímeros catiónicos solubles en agua son útiles para provocar una mayor separación entre los sólidos y el agua que se une química y físicamente. La filtración o centrifugación de los biosólidos tratados con polímeros catiónicos produce típicamente una torta de biosólidos similar a pasta que contiene una gama de sólidos.
60

El secado de biosólidos de aguas servidas (hasta mayor del 90 por ciento de sólidos) se ha puesto en práctica durante muchos años tanto en los Estados Unidos como en Europa. El secado de biosólidos en los Estados Unidos anterior a aproximadamente 1965 se realizó para reducir los costos de transporte y en la búsqueda de diversas opciones de eliminación. En algunas plantas, los biosólidos se secan en forma de polvo y las partículas finas se consumen en la cámara de combustión de un incinerador o caldera. A fines de la década de 1960, dos municipios, Houston y Milwaukee, comenzaron a comercializar biosólidos secos peletizados o granulados para su uso como remediadores del suelo y/o
65

fertilizantes. Se construyeron varias plantas más para la fabricación de biosólidos peletizados secos en las décadas de 1980 y 1990; especialmente después de que se eliminó el vertido de biosólidos en el océano por las ciudades costeras. El secado y la conversión a un fertilizante en pelets de biosólidos secados con calor fue la mejor opción para estas áreas metropolitanas donde los vertederos y las tierras para la eliminación estaban limitadas. Sin embargo, la inversión requerida para una instalación de secado de biosólidos es muy grande, lo que da como resultado en enormes costos municipales por tonelada seca de biosólidos.

Un biosólido común que se seca y se peletiza son las aguas servidas municipales digeridas anaeróbicamente. La digestión anaerobia, como su nombre lo indica, implica el tratamiento mediante bacterias facultativas en condiciones anaeróbicas para descomponer la materia orgánica en los biosólidos. Después de un tiempo y temperatura prescritos, se obtiene un biosólido relativamente libre de materia orgánica putrificable. Típicamente, los patógenos permanecen en dichos biosólidos, y la USEPA ha clasificado dichos biosólidos tratados como "Clase B", lo que implica que son de un estándar más bajo que los biosólidos tratados "Clase A". Debido a que los biosólidos de Clase B contienen indicadores de patógenos y, por lo tanto, patógenos potenciales, se restringe la forma en que pueden aplicarse a cultivos para animales y humanos. Por el contrario, los biosólidos de Clase A, por ejemplo, pelets de biosólidos secados con calor, así como también el producto de la presente invención, no se restringen por los estándares actuales de la USEPA como fertilizantes para su uso en cultivos para animales o humanos.

Si los patógenos (por ejemplo, bacteria Salmonella sp., bacterias indicadoras de coliformes fecales, virus entéricos y huevos de helmintos viables) están más abajo de los niveles detectables, los biosólidos cumplen con la designación de clase A. La regla de la Parte 503 (Título 40 del Código de Regulaciones Federales, Parte 503, incorporada en la presente descripción como referencia) enumera seis alternativas para el tratamiento de biosólidos para que puedan clasificarse en la Clase A con respecto a los patógenos. La Alternativa 1 requiere que los biosólidos se sometan a uno de cuatro regímenes de tiempo-temperatura. La Alternativa 2 requiere que el procesamiento de los biosólidos cumpla con los requisitos de pH, temperatura y secado al aire. La Alternativa 3 requiere que cuando los biosólidos se traten en otros procesos, debe demostrarse que el proceso puede reducir los virus entéricos y los huevos de helmintos viables, y deben mantenerse las condiciones de funcionamiento usadas en la demostración después de que se termine la demostración de la reducción de patógenos. La Alternativa 4 requiere que cuando se traten en procesos desconocidos, los biosólidos se prueben para detectar patógenos en el momento en que los biosólidos se usan o se eliminan o, en ciertas situaciones, se preparan para su uso o eliminación. La Alternativa 5 requiere que los biosólidos se traten en uno de los procesos para reducir aún más los patógenos. La Alternativa 6 requiere que los biosólidos se traten en un proceso equivalente a uno de los procesos para reducir aún más los patógenos, como se determine por la autoridad que emite los permisos.

Los biosólidos con patógenos de Clase A deben poseer, además, una densidad de coliformes fecales de menos de 1000 números más probables (MPN) por gramo de sólidos totales (en base al peso seco) o una densidad de bacterias Salmonella sp. de menos de 3 MPN por 4 gramos de sólidos totales (en base al peso seco). Cualquiera de estos dos requisitos debe cumplirse en uno de los siguientes momentos: cuando se usan o eliminan los biosólidos; cuando los biosólidos se preparan para la venta o se entregan en una bolsa u otro contenedor para la aplicación en tierra; o cuando los biosólidos o los materiales derivados se preparan para cumplir con los requisitos para biosólidos de Calidad Excepcional.

Todos los biosólidos aplicados a la tierra deben cumplir con la concentración tope de contaminantes, que comprende diez contaminantes de metales pesados: arsénico, cadmio, cromo, cobre, plomo, mercurio, molibdeno, níquel, selenio y zinc. Si se excede un límite para cualquiera de estos, los biosólidos no pueden aplicarse a la tierra sin la incorporación de restricciones significativas. Calidad Excepcional (EQ) es un término usado por la Guía USEPA, Parte 503, Regla 7, para caracterizar los biosólidos que cumplen con los límites de contenido bajo de contaminantes y de reducción de patógenos de Clase A (ausencia virtual de patógenos) y que tienen un nivel reducido de compuestos degradables que atraen vectores.

La reducción de patógenos se realiza antes o al mismo tiempo que la reducción de la atracción de vectores, excepto cuando se cumplen las opciones de ajuste de pH, porcentaje de sólidos que atraen vectores, inyección o incorporación. Por último, la reducción de la atracción de vectores debe cumplirse cuando los biosólidos se aplican a la tierra. Comúnmente, esto se logra mediante el secado del producto de biosólidos a un nivel de más del 90 por ciento de sólidos.

Los biosólidos que se secan simplemente, como los pelets secados con calor, incluso si se secan hasta más del 90 por ciento de sólidos, tienen varias desventajas para el uso agrícola. Los biosólidos tienen un valor de fertilización bajo, típicamente, tienen un contenido de nitrógeno de solo aproximadamente dos al cinco por ciento. Los costos de flete y de aplicación por unidad de nitrógeno son altos. Los biosólidos secados con calor a menudo tienen un olor desagradable, particularmente cuando se humedecen. Además, los pelets secos tienen densidad y dureza bajas y cuando se combinan con otros materiales fertilizadores comerciales, los pelets pueden separarse y desintegrarse y pueden no esparcirse en el campo de manera uniforme con otros ingredientes más densos. El olor desagradable asociado con el uso de biosólidos, a menos que se traten adecuadamente, continuará presente durante el procesamiento posterior de un producto fertilizante rico en nitrógeno, y puede continuar presente en el producto final. Esto complica la colocación de plantas de procesamiento de fertilizantes adecuadas en lugares que no están en estrecha proximidad a las comunidades residenciales. Adicionalmente, la distancia más larga a la que deben transportarse los biosólidos se suma al costo y la logística de la eliminación de este producto de desecho. Otra desventaja de los fertilizantes mejorados con biosólidos

actuales es que la acción bacteriana puede continuar cuando el material se humedece, y en condiciones de almacenamiento, la temperatura del material puede elevarse hasta el punto de la autoignición. Por lo tanto, a excepción de los mercados especiales que valoran su contenido orgánico para la remediación del suelo o como relleno en fertilizantes combinados, existe una demanda relativamente baja para el producto de biosólidos secados con calor. En muchos casos, los municipios deben pagar los cargos por fletes, o pueden ofrecer otros incentivos para que los agricultores comerciales usen el material. Sin embargo, esto es con frecuencia aún más económico que los esquemas de eliminación alternativos.

El valor de mercado de los fertilizantes agrícolas se basa principalmente en su contenido de nitrógeno. Existe la necesidad de un método práctico, seguro y económico para aumentar el contenido de nitrógeno de los biosólidos a un nivel cercano al de los fertilizantes minerales comerciales, por ejemplo, del ocho al veinte por ciento. Si dicho fertilizante de biosólidos pudiera fabricarse, entonces el valor total del producto de biosólidos y la demanda del producto aumentarían probablemente. Además, un fertilizante de biosólidos fabricado apropiadamente tendrá la ventaja de que gran parte de su nitrógeno será del tipo de liberación lenta. El fertilizante de liberación lenta o de liberación controlada es uno en el cual el nutriente, por ejemplo, el nitrógeno, se vuelve disponible en la columna del suelo a tasas mucho más lentas que el nitrógeno de disponibilidad rápida como el que proviene de los fertilizantes tradicionales tales como la urea, el sulfato de amonio y el fosfato de diamonio. Esto es muy conveniente y proporciona nitrógeno a la planta a lo largo del ciclo de crecimiento de la planta con la implicación de que se necesita aplicar menos nitrógeno al suelo o al cultivo, lo que reduce de esta manera el potencial de contaminación ambiental y reduce el costo del uso de fertilizantes. Los fertilizantes nitrogenados de liberación lenta inorgánicos tradicionales fabricados tienen un precio muchas veces mayor que los fertilizantes nitrogenados minerales comunes. En el escenario de la producción de fertilizantes que contienen biosólidos con alto contenido de nitrógeno a partir de sus biosólidos, los municipios gozarían de apoyo público y regulatorio para su programa de eliminación de biosólidos. Dicho programa garantizaría la eliminación regular de sus biosólidos deshidratados o secos, por ejemplo, al reciclar los biosólidos hacia un fertilizante con alto contenido de nitrógeno que después puede venderse directamente en la madura industria nacional de distribución de fertilizantes, lo que elimina de esta manera uno de los problemas principales asociados tradicionalmente con los programas de tratamiento de biosólidos.

Se han realizado intentos previos para alcanzar algunos de estos objetivos. Las Patentes de Estados Unidos Núms. 3,942,970, 3,655,395, 3,939,280, 4,304,588 y 4,519,831 describen procesos para convertir los biosólidos de aguas servidas en fertilizantes. En cada uno de estos procesos se forma un producto de condensación de urea/formaldehído *in situ* con los biosólidos. Por lo tanto, los procesos requieren el manejo del formaldehído, un lacrimógeno altamente tóxico y un agente sospechoso de provocar cáncer.

Otros procesos requieren un equipamiento de procesamiento costoso y/o condiciones especiales que no se incorporan fácilmente en las instalaciones de tratamiento de aguas servidas existentes (ver, Patente de Japón Núm. 58032638; Patente de Francia núm.2,757,504).

Un método simple para aumentar el nitrógeno en los biosólidos sería combinar los materiales fertilizantes nitrogenados comerciales con los biosólidos húmedos antes del secado y la peletización. Existen solo unos pocos materiales fertilizantes con alto contenido de nitrógeno que son económicos para su uso en la agricultura. Los ejemplos incluyen: amoníaco (82 % en peso de N), urea (46 % en peso de N) y nitrato de amonio (33,54 % en peso de N). El amoníaco tiene una alta volatilidad y se somete a una estricta regulación de las descargas a la atmósfera. La urea es un sólido que absorbe la humedad con bastante facilidad y hace que el lodo sea más difícil de secar. La urea, además, es altamente susceptible a la descomposición en amoníaco por los microorganismos y las enzimas en los biosólidos si no se prepara apropiadamente, lo que da como resultado una pérdida de nitrógeno y un problema de olor. El nitrato de amonio es un oxidante fuerte y puede dar como resultado un potencial problema de explosión lo que eliminó este fertilizante del mercado comercial después del año 2000. Todos estos fertilizantes tienen un alto contenido de nitrógeno, pero son menos que ideales para combinar con biosólidos sin un procesamiento especial.

Otras referencias, tales como la Patente Europea Núm. 0143392, la Patente de Japón Núm. 9110570 A2 y "Granulation of Compost From Sewage Sludge. V. Reduction of Ammonia Emission From Drying Process", Hokkaidoritsu Kogyo Shikenjo Hokoku, 287, 85-89 (1988)) no describen el uso de ácidos con adiciones de sulfato de amonio y no discuten el problema de la corrosión del equipamiento de procesamiento de acero en condiciones ácidas.

Durante los últimos treinta años, la estabilización alcalina de los biosólidos ha sido un método estándar y exitoso para convertir los biosólidos en materiales útiles beneficiosos que pueden usarse principalmente como materiales para el acondicionamiento del suelo. Debido a que estos productos de biosólidos con estabilización alcalina tienen altas equivalencias de carbonato de calcio, se han producido y comercializado como materiales para el encalado en la agricultura o cal agrícola, generalmente como un reemplazo para el carbonato de calcio en las estrategias de manejo de suelos agrícolas. Debido a este uso, el valor de estos materiales se ha restringido a solo unos pocos dólares por tonelada de producto. Sin embargo, los costos de transportación son altos en gran parte debido al significativo contenido de agua del material. Las cantidades de agua de hasta el cincuenta por ciento hacen que la transportación sea económica y geográficamente restringida a las áreas cercanas a la fuente de su tratamiento.

Por lo tanto, existe una necesidad durante largos años de medios prácticos para aumentar el valor económico de los biosólidos de aguas servidas mediante el aumento de su contenido de nitrógeno y el aumento de la capacidad de

5 esparcirse, así como también la necesidad de tratar estos materiales de manera que se conviertan en fertilizantes comerciales con propiedades físicas y químicas y de nutrientes de manera que puedan obtener un valor significativo en el mercado nacional e internacional de fertilizantes comerciales. Una serie de patentes de Estados Unidos, Patentes de Estados Unidos Núms. 5,984,992; 6,159,263; 6,758,879 y 7,128,880 describen los métodos de producción de fertilizantes de sulfato de amonio mejorados orgánicamente con alto contenido de nitrógeno fabricados con biosólidos mediante el uso de un reactor de tubería cruzada, tal como lo originó la Autoridad del Valle de Tennessee. La tubería, la tee y el reactor de tubería cruzada se definen por el IFDC en el Fertilizer Manual (1998), pág. 440 como: "el reactor de tubería consiste básicamente en una longitud de tubería resistente a la corrosión (de aproximadamente 5-15 m de longitud) a la cual se le añaden simultáneamente ácido fosfórico, amoníaco y agua a un extremo a través de una configuración de tubería que se asemeja a una T, de ahí el nombre 'reactor de tee'. El reactor de tee se modificó por TVA para aceptar, además, un flujo adicional de ácido sulfúrico a través de otra entrada de tubería ubicada en forma opuesta a la entrada de ácido fosfórico, lo que le da a la unidad una configuración "cruzada" y, por lo tanto, el nombre "reactor de tubería cruzada".

15 Tanto el Fertilizer Manual (1998) de IFDC como el Fertilizer Technical Data Book (2000) se refieren a los reactores de tubería cruzada. Los reactores de tubería cruzada suministran una mezcla concentrada al dispositivo de conformación del granulador y evaporan de manera más eficiente el agua no deseada de la mezcla de fertilizante que otros dispositivos, pero estas referencias demuestran una necesidad de mejora sentida durante mucho tiempo, ya que indican que uno de los inconvenientes del reactor de tubería cruzada es la formación de incrustaciones dentro de la tubería lo que puede dar como resultado una obstrucción.

20 Las metodologías enseñadas por este grupo de patentes (Patentes de Estados Unidos Núms. 5,984,992; 6,159,263; 6,758,879 y 7,128,880) están plagadas de problemas relacionados con el bloqueo de estas configuraciones de reactor "tipo tubería" de reacción estrecha con relación a su longitud durante el funcionamiento y se relaciona con la dificultad del control de la temperatura y de la presión de reacción y el tiempo de retención de la mezcla dentro de dichos reactores de tubería cruzada. Estos reactores de tubería cruzada son estrechos en contraste con su longitud, por ejemplo, de hasta seis a ocho pulgadas de diámetro y a menudo de quince pies de longitud o más. La planta que realiza la fabricación de fertilizantes de sulfato de amonio mejorados orgánicamente a menudo tiene que cerrar y desmontar el reactor de tubería cruzada ya sea debido al bloqueo por la acumulación de biosólidos o por el sobrecalentamiento destructivo en dichos reactores, de manera que el revestimiento de Teflon® usado comúnmente en el lado interior de reacción del reactor se derritió y se arruinó. Además, el uso del reactor de tubería cruzada tiene la clara desventaja de tener tiempos de retención del reactor muy cortos (generalmente menos de veinte segundos), lo cual es una ventaja en la fabricación de fertilizantes tradicionales como el sulfato de amonio, pero es una desventaja cuando se acopla al procesamiento simultáneo de biosólidos. Este tiempo corto de procesamiento aumenta la probabilidad de una mezcla no tratada o no homogénea a medida que las tres entradas de material pasan a través de este reactor. Otra limitante es la falta de control sobre la presión atmosférica dentro de dichos reactores de tubería cruzada, ya que estos reactores tienen descargas de extremo abierto generalmente directas hacia un granulador. Relacionado con, pero diferente a la falta de control de las presiones internas, los reactores de tubería cruzada tienen, además, poco o ningún control de temperatura sobre la mezcla que pasa a través del reactor.

40 La Patente de Estados Unidos Núm. 4,743,287 de Robinson describe un método para usar dos recipientes de reacción en secuencia para incorporar biosólidos orgánicos en fertilizantes nitrogenados de concentración de nitrógeno baja o media (un intervalo de cuatro por ciento en peso de nitrógeno a un máximo de concentración de nitrógeno de diez por ciento en peso). Robinson usa su primer recipiente de reacción para lograr valores de pH muy bajos de la mezcla (pH 0,2 a 1,5) para lograr la hidrólisis de las moléculas presentes y preparar la mezcla para la reacción en un segundo recipiente de reacción. Robinson sí indica que puede usarse un solo reactor, pero solo en una configuración por lote y no en un método de fabricación de flujo continuo. Además, Robinson indica que el ácido y el amoníaco no pueden inyectarse en cualquier orden, sino que deben inyectarse en secuencia. Esta patente describe recipientes de reacción capaces de alcanzar presiones altas (30 psig) con tiempos de retención relativamente largos en comparación con los reactores de tubería cruzada. Sin embargo, Robinson no satisface la necesidad de un método novedoso y práctico de flujo continuo para fabricar productos fertilizantes que contengan biosólidos y alto contenido de nitrógeno (mayor del 8 por ciento en peso de nitrógeno) con las ventajas de temperaturas, presiones y tiempos de retención de reacción definidos. El documento Núm. WO 2008/101250 describe un método para tratar un lodo que comprende las etapas de hacer que el lodo pueda bombearse y acondicionar el lodo mediante la adición de un agente oxidante y ácido concentrado, preferentemente ácido fosfórico, añadir el lodo acondicionado a un recipiente a presión, separar las adiciones de ácido concentrado y una base, mantener la mezcla en condiciones de tensión durante un período de retención, mezclar un agente de endurecimiento y granular la mezcla resultante.

50 Los documentos núms. WO 2006/096825 y US 2006/254331 describen métodos para fabricar un fertilizante a partir de lodos acidificados que reaccionan con una masa fundida caliente de sal de amonio.

60 Por lo tanto, existe una necesidad urgente de un proceso eficaz, eficiente y económico para el tratamiento de biosólidos.

Resumen

65 La presente invención supera los problemas y desventajas asociados con las estrategias y diseños actuales y proporciona nuevas herramientas y métodos para el procesamiento de biosólidos en un fertilizante natural de liberación lenta, seguro

y viable comercialmente. La invención se define por las reivindicaciones y se refiere a un método para un tratamiento continuo de biosólidos. El método comprende:

5 formar una pasta acidificada de biosólidos deshidratados y uno o más ácidos dentro de un recipiente a presión, de manera que el recipiente a presión mantenga un espacio de cabeza por encima de la pasta acidificada, y en donde el espacio de cabeza tenga una presión predeterminada; añadir amoníaco al recipiente a presión para combinar con la pasta acidificada y formar una mezcla de reacción exotérmica; someter la mezcla a una temperatura y presión en el recipiente durante un tiempo de retención, en donde el aumento de temperatura en la mezcla excede los 85 °C y/o el aumento de presión en el espacio de cabeza por encima de la mezcla excede 138 kPa (20 psig), y en donde la temperatura y el contenido de humedad de la mezcla se controlan al ajustar la presión del espacio de cabeza; retirar la mezcla del recipiente a presión; y secar la mezcla eliminada para formar biosólidos tratados y secos.

Una modalidad de la invención se dirige a métodos para un tratamiento continuo de biosólidos que comprenden: formar una pasta acidificada de biosólidos deshidratados y uno o más primeros ácidos; añadir la pasta acidificada a un recipiente a presión de manera que el recipiente a presión mantenga un espacio de cabeza en donde el espacio de cabeza tiene una presión predeterminada; añadir uno o más segundos ácidos y una o más bases al recipiente a presión para combinar con la pasta acidificada y formar una mezcla; someter la mezcla a una temperatura y presión durante un tiempo de retención, en donde la temperatura y el contenido de humedad de la mezcla se determinan por la presión del espacio de cabeza; retirar la mezcla del recipiente a presión; y secar la mezcla para formar biosólidos tratados y secos. Los biosólidos que pueden usarse comprenden uno o más de biosólidos municipales, biosólidos secados con calor, desechos de fermentación farmacéutica, digestos microbianos de productos orgánicos, productos alimenticios, subproductos alimenticios, abonos animales, abonos animales digeridos, biosólidos orgánicos, biosólidos que contienen microorganismos o sus combinaciones. Los biosólidos deshidratados se crean, preferentemente, al someter los biosólidos a filtración, centrifugación, presión o sus combinaciones. Preferentemente, el uno o más primeros ácidos comprenden al menos ácido fosfórico a una concentración del 50 % o más, y con mayor preferencia, del 54 %. Preferentemente, la pasta acidificada tiene un pH de desde pH 2-6, y con mayor preferencia, de pH 3-4. Además, preferentemente, el uno o más segundos ácidos comprenden ácido fosfórico, ácido sulfúrico o ambos, y la una o más bases comprenden amoníaco anhidro o acuoso. Con mayor preferencia, el uno o más segundos ácidos comprenden sulfúrico o tanto sulfúrico como fosfórico y el pH es menos de pH 2 y con mayor preferencia, menos de pH 1. Preferentemente, la una o más bases es amoníaco anhidro y el pH aumenta hasta pH 2,5-4 o superior. El uno o más segundos ácidos y las una o más bases junto con la pasta acidificada crean una reacción exotérmica dentro de la mezcla. La presión aplicada a la mezcla evita la ebullición y calma la reacción general lo que permite que la temperatura tenga un efecto máximo sobre las macromoléculas dentro de los biosólidos. Preferentemente, la reacción exotérmica tiene lugar sin calentamiento externo y la mezcla se mantiene a una temperatura de 230 °F o mayor. Opcionalmente, pueden añadirse a la mezcla uno o más ferratos y/o uno o más agentes oxidantes. Preferentemente, el uno o más ferratos son un ferrato de calcio, un ferrato de sodio, un ferrato de potasio, sulfato ferroso heptahidratado, o sus combinaciones. Además, preferentemente, el uno o más ferratos se forman a partir de la reacción de un hidróxido de sodio en estado sólido con hipoclorito de sodio y cloruro férrico. El uno o más agentes oxidantes son, preferentemente, peróxido de hidrógeno, hipoclorito de calcio, hipoclorito de sodio, hipoclorito de potasio, dióxido de cloro, ozono, oxígeno o sus combinaciones. El tiempo de retención de la mezcla dentro del recipiente a presión es, preferentemente, 30 minutos o menos, con mayor preferencia, 15 minutos o menos, y aún con mayor preferencia, 10 minutos o menos. Uno o más de acidez, presión, velocidad de flujo, pH y velocidad de infusión de la base se controlan, preferentemente, mediante controles de computadora de circuito cerrado para mantener una temperatura de reacción predeterminada. Además, preferentemente, los biosólidos se procesan continuamente a través del recipiente a presión, lo que forma de esta manera continuamente los biosólidos tratados y secos. Las macromoléculas dentro de los biosólidos tratados y secos se hidrolizan, se desnaturalizan y/o se esterilizan parcialmente o, preferentemente, completamente. El material orgánico dentro de los biosólidos puede incluir uno o más de compuestos farmacéuticos, antibióticos, hormonas, moléculas similares a hormonas, compuestos biológicamente activos, macromoléculas, carbohidratos, ácidos nucleicos, grasas, lípidos, proteínas o sus combinaciones. Preferentemente, el contenido de fosfato de la mezcla seca es de 0,5 % a 4 %, y el contenido de nitrógeno se potencia con el amoníaco acuoso que se añade al recipiente de reacción. Preferentemente, se añade un agente de granulación a la mezcla antes de secar para formar una mezcla seca y granulada. El método puede implicar, además, triturar la mezcla seca y granulada y pasar la mezcla seca y granulada a través de una o más mallas para aislar gránulos de un tamaño predeterminado. Los gránulos secos pueden recubrirse, además, con un agente de recubrimiento que se aplica a los gránulos dentro de un aparato de enfriamiento que enfría la mezcla seca y granulada hasta una temperatura de 140 °F o menos. Un aparato de enfriamiento preferido es un lecho fluido, un enfriador por amoníaco o un tambor rotatorio.

Otra modalidad de la invención se dirige a métodos como se describieron anteriormente y que implican pasar la mezcla de reacción a través de un segundo recipiente a presión.

Otra modalidad de la invención se dirige a métodos que comprenden añadir, además, uno o más nutrientes vegetales a la mezcla en el recipiente a presión. Los nutrientes vegetales preferidos incluyen urea, nitrato de amonio, sulfato de amonio, fosfato de monoamonio, fosfato de diamonio, nitrato de urea amonio, urea líquida, potasa, óxido de hierro, hierro soluble, hierro quelado y sus combinaciones. Además, pueden añadirse uno o más agentes endurecedores a la mezcla. Los agentes de endurecimiento preferidos incluyen óxidos férricos, alumbre, arcilla de atapulgita, melaza industrial, lignina, lignosulfonato, polímero urea-formaldehído y sus combinaciones.

Otra modalidad de la invención comprende métodos para el tratamiento de biosólidos que comprenden: combinar los biosólidos deshidratados con un ácido para formar una mezcla; inyectar la mezcla y vapor en un recipiente a presión que contiene un espacio de cabeza presurizado; someter la mezcla a una temperatura y presión predeterminadas durante un tiempo de retención, en donde la temperatura y el contenido de humedad de la mezcla se determinan por la presión del espacio de cabeza; retirar la mezcla del recipiente a presión después del tiempo de retención; y secar la mezcla. Sistemas para procesar biosólidos en fertilizantes, que comprenden un primer mezclador que combina los biosólidos con ácido concentrado y agentes oxidantes y convierte los biosólidos en una pasta que puede bombearse; un recipiente a presión con una presión en el espacio de cabeza que recibe la pasta que puede bombearse del primer mezclador, en donde el recipiente a presión retiene la pasta que puede bombearse a una presión y temperatura predeterminadas según lo determinado por la presión del espacio de la cabeza y durante un período de tiempo; un segundo mezclador que recibe la pasta que puede bombearse del recipiente a presión, en donde la pasta que puede bombearse se mezcla con un agente de endurecimiento; y un granulador para romper la pasta endurecida en fertilizante peletizado. Preferentemente, el sistema contiene un generador de vapor, en donde el vapor producido por el generador de vapor se inyecta en el primer mezclador. Además, preferentemente, el sistema comprende una pluralidad de válvulas para controlar al menos uno de niveles de vapor, niveles de mezcla, temperatura, presión, pH y niveles de nitrógeno, en donde la descarga de aire de la instalación es menos de 30 CFM. El sistema puede comprender, además, un vaporizador de amoníaco y un secador de cámara de filtros de mangas.

Los recipientes a presión para el procesamiento de biosólidos de acuerdo con los métodos de la invención comprenden un espacio de cabeza y una pluralidad de válvulas que controlan la presión del espacio de cabeza, en donde la presión del espacio de cabeza determina la temperatura y el contenido de humedad de los biosólidos dentro del recipiente, y que comprende, además, medidores que indican uno o más de temperatura, presión, pH y contenido de nitrógeno de los biosólidos en el recipiente a presión.

Otras modalidades y ventajas de la invención se exponen en parte en la descripción, que sigue, y en parte, pueden ser obvias a partir de esta descripción, o puede aprenderse de la práctica de la invención.

Descripción de las figuras

Figura 1. Diagrama de flujo de la planta de fertilizantes de biosólidos.
 Figura 2. Hidrolizador de la reacción en el recipiente a presión.
 Figura 3. Detalle de la inyección de amoníaco y ácido sulfúrico en el hidrolizador.
 Figura 4. Diagrama del flujo de aire de la planta de fertilizantes de biosólidos.

Descripción de la invención

Los biosólidos, especialmente en forma de lodos de aguas servidas del procesamiento de aguas residuales, representan un problema de eliminación y gasto comunitario importantes. El procesamiento tradicional da como resultado biosólidos deshidratados que presentan un problema de olor y de patógenos potenciales. Alternativamente, el procesamiento puede producir un polvo fino que se quema o se transporta a los sitios de eliminación. El procesamiento de biosólidos puede implicar, además, un tratamiento térmico para inactivar microorganismos y otros materiales potencialmente contaminantes. Estos biosólidos procesados se consideran fertilizantes de bajo valor y se dispersan sobre cultivos y grandes áreas agrícolas. Todas estas soluciones son insatisfactorias y se han realizado intentos para esterilizar los biosólidos para su uso como fertilizantes con un éxito mínimo.

Sorprendentemente, se ha descubierto que puede fabricarse un fertilizante de alto valor eficientemente a partir de biosólidos brutos y semiprocesados. La eficiencia implica un proceso de fabricación de flujo continuo aumentado con nitrógeno a partir de amonio y posiblemente también otras fuentes de nitrógeno. La invención aprovecha, además, la propiedad tixotrópica que se produce a partir del procesamiento preliminar de biosólidos. La agitación vigorosa, la mezcla u otra acción de cizallamiento del procesamiento preliminar produce un fluido que puede bombearse. La invención implica, preferentemente, crear una reacción exotérmica que descompone y destruye las macromoléculas. El proceso implica, preferentemente, controlar olores no deseados mediante la adición de agentes de control de olores y etapas de procesamiento de control de olores. La instalación de fabricación para el proceso de la invención minimiza la cantidad de agua necesaria, así como también el uso general de energía y la cantidad de subproductos de desecho formados. Por lo tanto, la fabricación puede dimensionarse para satisfacer las necesidades del tamaño de la comunidad en particular en la que se encuentra la planta. Este diseño a la medida permite una planta de procesamiento de biosólidos/fabricación de fertilizantes que puede procesar menos de 3 toneladas por hora de biosólidos deshidratados o que puede escalar a plantas más grandes (por ejemplo, hasta 10 a 12 toneladas por hora o más). Esta característica de dimensionamiento reduce los costos, permite la estandarización con equipos intercambiables y la eficiencia de la logística operativa, así como también la fiabilidad general. Las plantas de fabricación de la invención permiten, preferentemente, instalaciones de almacenamiento adyacentes. Al ser adyacentes, la logística de transporte se simplifica o elimina, lo que reduce de esta manera los costos de transporte del producto, así como también los costos de transporte de los biosólidos de entrada. La invención proporciona, preferentemente, un sistema de control de olores para asegurar la aceptación comunitaria de la planta de fabricación y para facilitar el cumplimiento de los estándares de la USEPA, así como también para hacer el proceso más eficiente mediante la captura e incorporación de nitrógeno valioso u otros nutrientes vegetales potenciales y/o fugitivos del aire procesado de la planta.

Una modalidad de la invención se dirige al procesamiento de biosólidos lo más cerca posible de la planta de tratamiento, lo que minimiza el transporte y el posible derrame de compuestos potencialmente dañinos. Esto se logra al tomar los biosólidos directamente de las plantas de tratamiento de aguas residuales. Preferentemente, los biosólidos se deshidratan hasta un contenido de sólidos del 18 al 30 por ciento. Al aprovechar la propiedad tixotrópica de muchos tipos de biosólidos deshidratados de adquirir propiedades de pastas o fluidos en forma de pasta que puede bombearse, los biosólidos se bombean a un mezclador de paletas. Este biosólido que puede bombearse se acondiciona inicialmente, preferentemente, mediante inyección de vapor, agua y calor desde calentadores en línea para mejorar aún más el flujo de los biosólidos para un acondicionamiento posterior en un mezclador de paletas de doble eje. En este mezclador de paletas inicial, los biosólidos se combinan o se mezclan completamente con aditivos químicos tales como agentes oxidantes, para el control del olor inicial y para preparar los biosólidos para la reacción en el recipiente a presión. En esta etapa, la acidificación inicial y el control del olor de los biosólidos se logra, además, mediante la infusión de un ácido fosfórico negro o de grado agrícola a una fortaleza del 50 por ciento o más y, preferentemente, una fortaleza del 54 por ciento. Este ácido fosfórico se añade de manera que la concentración final de fosfato en los gránulos de fertilizante se encuentre entre el 0,5 por ciento y el 6 por ciento y, preferentemente, entre el 1,5 por ciento y el 4 por ciento y, con mayor preferencia, entre el 2 por ciento y el 3 por ciento. Adicionalmente, pueden añadirse uno o más nutrientes vegetales a este mezclador de paletas para mejorar la composición de la pasta de biosólidos para prepararla como un fertilizante. Además, puede añadirse sulfato ferroso heptahidratado para facilitar la purificación adicional de la pasta de biosólidos.

Después de que los biosólidos salen del primer mezclador de paletas, se bombean al recipiente de presión donde se inyecta amoníaco líquido y ácido sulfúrico en los biosólidos, lo que da como resultado una reacción exotérmica y, preferentemente, una reacción violenta. El recipiente a presión se construye de manera que permita una reacción exotérmica continua vigorosa con la pasta de biosólidos ácida acondicionada y el amoníaco. En otra modalidad de esta invención, el tiempo de residencia a través del recipiente a presión es de hasta 15 minutos a temperaturas que superan los 230 °F (110 °C). En una modalidad preferida, todo el proceso de reacción se controla mediante un control computarizado de circuito cerrado que monitorea y ajusta continuamente la reacción exotérmica mediante la adición de ácido sulfúrico, amoníaco, nutrientes vegetales, agentes de ajuste de pH y control de presión. El mecanismo de control preferido es mediante el ajuste de la presión del espacio de cabeza por encima de los biosólidos en este recipiente a presión. En la modalidad preferida, esta presión de cabeza se controla entre 242 kPa y 552 kPa (35 y 80 psig) (o superior), con mayor preferencia, 427 kPa (psig), lo cual regula el nivel de la mezcla dentro del recipiente a presión y, de esta manera, controla el flujo de salida de la mezcla que sale del recipiente. Otras modalidades de este nivel de presión se han realizado a presiones tan bajas como 138 kPa (20 psig) y tan altas como 414 kPa (60 psig). Todo el proceso se lleva a cabo sin la necesidad de una aplicación adicional de calor o sin detener el flujo continuo de biosólidos hacia dentro y hacia fuera del recipiente a presión. Los biosólidos, debido a la temperatura, presión, mezcla y tiempo de retención en el recipiente de hidrólisis, sufren hidrólisis, desnaturalización, esterilización parcial o completa, o sus combinaciones de los componentes de los biosólidos acondicionados.

Al salir de la porción superior (se permite, preferentemente, un 25 por ciento de espacio de cabeza por encima de los biosólidos) del recipiente a presión, la mezcla reactiva acondicionada de biosólidos ingresa en un segundo mezclador de paletas en donde se hacen los ajustes finales a los biosólidos en la preparación para el secado. El pH en este punto es, preferentemente, de aproximadamente 5,5 a aproximadamente 7, y con mayor preferencia, de 6,2. Los agentes de control de olores pueden añadirse continuamente desde el flujo inicial hacia el primer mezclador de paletas, a través del recipiente a presión y en el procesamiento en el mezclador de paletas final.

Después del procesamiento a través del segundo mezclador de paletas, se produce el posterior secado, granulación, cribado, empaque y reciclaje de los biosólidos procesados. En una modalidad preferida, al salir del segundo mezclador de paletas, los biosólidos entran en un granulador, el cual forma los pellets/gránulos del fertilizante con alto contenido de nitrógeno terminado. Después, se procesan mediante un secador rotatorio, que seca posteriormente los fertilizantes biosólidos hasta un contenido de agua de menos del 1 %. Al salir del secador rotatorio, el fertilizante de biosólidos se tamiza posteriormente por tamaño y se separa en producto, grupos de gránulos de sobretamaño y finos. Las partículas finas se reciclan de vuelta hacia la entrada del segundo mezclador de paletas. Las partículas de sobretamaño se envían a un mezclador de paletas de martillos donde se trituran y después se reciclan de vuelta hacia la entrada del segundo mezclador de paletas. Después de salir del proceso de cribado, los gránulos de fertilizante de biosólidos se procesan mediante el enfriador rotatorio donde se enfría el fertilizante de biosólidos. Los gránulos de fertilizante se vacían en las mallas de pulido finales para eliminar los gránulos finos o el polvo creado en el proceso de enfriamiento. Después del procesamiento a través de las mallas de pulido, el producto pasa a través de un tambor de recubrimiento donde se añade un agente de recubrimiento que inhibe la formación de polvo. Después, el fertilizante de biosólidos se almacena listo para su envío a granel o para el posterior empaque. Otra modalidad de la invención es el sistema de pulido por aire que recicla continuamente el aire caliente generado en el proceso de enfriamiento a la etapa de secado, lo que da como resultado una reducción en el uso de combustible y en el aire gastado para el procesamiento. El aire extraído de las mallas y el equipo se limpia en un colector de polvo, se enfría a través de un intercambiador de calor y se reusa como aire de entrada al enfriador. El aire caliente que se descarga del enfriador se limpia nuevamente en un colector de polvo. El aire limpio y calentado se usa como aire de entrada para el secador rotatorio.

En otra modalidad preferida, las líneas de infusión de amoníaco líquido se hacen pasar a través de un intercambiador de calor colocado en la corriente de aire de descarga del secador. El amoníaco se vaporiza y se sobrecalienta en el

intercambiador de calor y se usa después en el reactor, lo cual aumenta la energía a la zona de reacción química crítica del proceso y reduce significativamente la energía a partir de combustible requerida para el secado. En un beneficio adicional de este intercambio de calor, la corriente de aire de descarga del secador se enfría parcialmente por la vaporización del amoníaco, lo que reduce la carga de enfriamiento en el sistema de tratamiento del aire de descarga.

Un resultado del procesamiento de biosólidos de la invención es un fertilizante de biosólidos con alto contenido de nitrógeno y de liberación lenta. En una modalidad preferida, la invención da como resultado un fertilizante granular de liberación lenta 16-2-0-17-1-15 (Sodio-Fósforo-Potasio-Azufre-Hierro-Orgánicos) que es 99 por ciento seco y excede los requisitos de Clase A y los estándares de calidad excepcional (EQ) de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA). El 16 por ciento de componente nitrogenado orgánico de liberación controlada ayuda a unir el nitrógeno en la zona de la raíz cuando y donde se necesita.

La invención comprende una mejora importante en comparación con las prácticas tradicionales o convencionales de fabricación de fertilizantes en las cuales una gran instalación de fabricación se ubica lo más lejos posible de las comunidades, lo que requiere de esta manera que los materiales de entrada se envíen a largas distancias para operar la planta. Un buen ejemplo de este problema fue la planta de conversión de biosólidos a fertilizantes ubicada en Helena, Arkansas, que realizó los procesos de fabricación enseñados en las Patentes de Estados Unidos Núms. 5,984,992; 6,159,263; 6,758,879; y 7,128,880. Para esta planta de fabricación de fertilizantes, los biosólidos que contenían entre 70 por ciento y 80 por ciento de agua se enviaron a las instalaciones desde áreas de Nueva York, lo que incluye la ciudad de Nueva York y el condado de Westchester. Este requerimiento de transporte añade un costo tremendo al proceso de fabricación. La presente invención elimina este tipo de problema al ubicar el equipamiento físico necesario para realizar el proceso de fabricación adyacente o cerca de la fuente de los biosólidos. Dichas fuentes son típicamente plantas de tratamiento de aguas residuales municipales. Por ejemplo, los procesos de la invención tienen la ventaja de que pueden enlazarse con otras instalaciones de producción de amonio no relacionadas. Esas instalaciones pueden asociarse con una empresa comercial no relacionada tal como, por ejemplo, la producción de nylon o acero. En estas dos industrias, se crea sulfato de amonio caliente como un subproducto de la fabricación del producto. Al ubicar conjuntamente una instalación de procesamiento de la invención en estos tipos de sitios, los subproductos no deseados de cualquier otra manera, tal como el sulfato de amonio, no necesitan desecharse, sino que pueden usarse directamente en la fabricación de fertilizantes de acuerdo con la presente invención.

La presente invención permite el tratamiento de la mayoría de los materiales biosólidos orgánicos, tales como biosólidos deshidratados municipales, residuos sépticos domésticos, desechos de fermentación de productos farmacéuticos y digestos microbianos de otros productos orgánicos tales como productos alimenticios y/o estiércol animal o estiércol animal digerido, por nombrar unos pocos. Estos biosólidos tienen típicamente de 12 a 40 por ciento de sólidos y, preferentemente, entre 18 y 30 por ciento de sólidos. Este proceso de tratamiento puede dar como resultado, preferentemente, la producción de un producto fertilizante granulado o peletizado Clase A de la USEPA de sequedad, dureza y calidad química adecuadas para producir un valioso producto fertilizante comercial de alto contenido de nitrógeno y liberación lenta que es capaz de competir en el mercado nacional e internacional contra los fertilizantes inorgánicos tradicionales. Un fertilizante comercial con alto contenido de nitrógeno tiene, preferentemente, más del 8 por ciento de nitrógeno en peso seco del fertilizante terminado y, con mayor preferencia, al menos 16 por ciento de nitrógeno por peso seco del fertilizante terminado. La característica Clase A se refiere a la calidad microbiológica del producto fertilizante terminado, que cumple con los estándares microbiológicos de Clase A de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos para un producto que contiene biosólidos municipales como se define en el C.F.R. 40 § 503. Los procesos de la presente invención cumplen o superan este estándar sobre la base de la condición de tensión y el tiempo de retención usado, y sobre la base de que el fertilizante terminado tiene más del 80 por ciento y, con mayor preferencia, más del 90 por ciento de sólidos secos; el nivel óptimo es más del 98 por ciento de sólidos secos en su composición. Por lo tanto, al asegurar esto se cumplen los Estándares de Atracción de vectores USEPA asociados (90 por ciento o superior), que el gránulo de fertilizante terminado se optimice para un contenido mínimo de agua, lo que aumenta la característica de dureza y elimina el agua con respecto al transporte del fertilizante terminado. Se proporciona dureza al añadir a la mezcla de fertilizante, antes de dar forma, uno o más agentes endurecedores seleccionados del grupo que consiste en óxidos férricos, alumbre, arcilla de atapulgita, melazas industriales, lignina, lignosulfonato, polímero urea-formaldehído y sus combinaciones.

Los procesos de la presente invención producen un fertilizante que es, preferentemente, seguro de manejar y trabajar con él y, preferentemente, cumple y/o excede los requisitos mínimos de un biosólido de Clase A de la USEPA. El producto fertilizante, preferentemente, se esteriliza y los contaminantes biológicos y químicos se hidrolizan y desnaturalizan al menos parcialmente y, preferentemente, completamente, al punto de la inactivación y/o destrucción. Los contaminantes biológicos o químicos típicos incluyen, pero no se limitan a, uno o más de compuestos farmacéuticos, antibióticos, hormonas, moléculas similares a hormonas, compuestos biológicamente activos, macromoléculas, carbohidratos, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos y sus combinaciones.

La presente invención incluye, preferentemente, un acondicionamiento por tensión durante un período de retención predeterminado que crea un efecto autoclave. Este efecto autoclave destruye y/o inactiva o simplemente esteriliza los biosólidos. Los microorganismos en los biosólidos, lo que incluye, por ejemplo, bacterias, virus, hongos, parásitos, huevos de parásitos, bacterias y esporas de hongos y sus combinaciones, se destruyen y/o se inactivan. Además, los procesos

de la invención se diseñan, preferentemente, para hidrolizar macromoléculas tales como proteínas, ácidos nucleicos, lípidos, grasas, carbohidratos y sus combinaciones, y/u otras sustancias biológicamente activas que pueden presentarse.

De acuerdo con aspectos preferidos de la invención, los biosólidos se someten a condiciones de tensión, lo cual incluye, pero no se limita a, uno o más de extremos de pH, agitación, presiones elevadas y temperaturas elevadas, que, combinadas con un período de retención controlado o predeterminado, dan como resultado una mezcla y/o un fertilizante que es más seguro en comparación con el producto procesado mediante el uso de las tecnologías convencionales, tales como las tecnologías de reactores de tubería cruzada. La capacidad de controlar o predeterminar el período de retención es importante para seleccionar las propiedades preferidas del producto resultante. En otras palabras, el tiempo de retención (R) de los biosólidos en el recipiente a presión se determina, preferentemente, en la presión de la cabeza (p) y el volumen (v) de material en el reactor (es decir, $R \propto p \cdot v$). La presión de la cabeza determina, además, la temperatura dentro del recipiente a presión. Algunas presiones preferidas y las temperaturas resultantes se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1

Presión (psi)/(kPa)	Temperatura °F (°C)
20 /138	258,8 (126)
30 /207	274 (134,4)
38 /969	284 (140)
60 /414	307 (152,8)

De acuerdo con los procesos preferidos de la invención, un sistema de control de presión mantiene la presión deseada en el recipiente a la presión de la cabeza, que a su vez establece la temperatura deseada y controla simultáneamente el nivel de material en el recipiente a presión a la elevación predeterminada. Las presiones preferidas incluyen las enumeradas anteriormente y superiores, lo que incluye 483 kPa, 552 kPa (70 psig, 80 psig) y superiores. Con mayor preferencia, la presión del espacio de cabeza es de aproximadamente 427 kPa (62 psig). El sistema de presión, preferentemente, anula cualquier taponamiento debido a la combinación de la presión y las reacciones que ocurren con el propio recipiente a presión causadas por la mezcla en las condiciones particulares de tensión seleccionadas. El control de la presión facilita, además, el control de la humedad ideal para el recipiente de reacción, así como también la humedad final requerida para la granulación apropiada y la energía mínima de secado. El sistema de presión controla, preferentemente, la presión deseada solo al nivel del sobreflujo. El sistema no cambia el nivel de material dentro del recipiente a menos que el sistema falle. De esta forma, cuando los biosólidos se someten a condiciones de tensión controladas del recipiente de reacción (por ejemplo, calor, pH, presión), los biosólidos, así como también los contaminantes que se presentan, están preferentemente completamente inactivados. Al ajustar las condiciones de tensión, como puede determinarse empíricamente por los expertos en la técnica, puede lograrse un nivel deseado de tratamiento. Los tiempos de retención pueden establecerse para casi cualquier período de tiempo, desde minutos a horas y, preferentemente, durante un período de menos de 60 minutos, con mayor preferencia, menos de 30 minutos, con mayor preferencia, menos de 15 minutos. Los períodos de retención preferidos son de 2 a 16 minutos o de 1 a 12 minutos y, con mayor preferencia, de aproximadamente 10 minutos o menos. Se emplea, preferentemente, una serie de mezcladores que pueden calentarse opcionalmente (por ejemplo, mezcladores de tipo mezclador de paletas de eje simple o doble, preferentemente, un mezclador de paleta de mezcla mediante el uso de una configuración de cuchilla ancha ajustable). Adicionalmente, el reactor de presión primario incorpora, preferentemente, un aparato de mezcla para asegurar una suficiente agitación y mezcla de biosólidos con ácidos y la inyección de especies reactivas de amoníaco a lo largo de la ruta de reacción. La reacción entre el ácido o los ácidos concentrados y el amoníaco es violentamente exotérmica y crea un alto calor, lo que mantiene la sal de amonio resultante en estado fundido soluble y cualquier agua presente en forma de vapor sobrecalentado. Esta reacción exotérmica crea, además, una presión significativa dentro del recipiente a presión. Esta mezcla de sal de amonio tiene una temperatura característica que es aproximadamente 100 °C (212 °F) o superior y, preferentemente, una temperatura de 121 °C (250 °F) o superior, y con mayor preferencia, una temperatura de 149 °C (300 °F) o superior, todo lo cual puede depender de la naturaleza del amoníaco que se usa en la reacción. Si se usa amoníaco anhidro, la temperatura es, preferentemente, significativamente más alta que cuando se usa amoníaco acuoso, especialmente al 21 por ciento de nitrógeno.

La temperatura y la fluidez de la masa fundida o la sal de amonio se mantienen de manera que cuando se mezclan con los biosólidos en el recipiente a presión receptor, la temperatura de la mezcla alcanzará o excederá los 100 °C (212 °F) y, preferentemente, alcanzará o excederá los 149 °C (300 °F). Las temperaturas más elevadas facilitan la hidrólisis de proteínas y péptidos en los biosólidos en un entorno ácido, lo que crea propiedades ventajosas para el producto fertilizante final, lo que da como resultado una mayor producción de cultivos en comparación con los fertilizantes que no contienen dicho material orgánico (por ejemplo, sulfato de amonio o fosfato de amonio o fertilizantes de urea). El recipiente a presión contiene, preferentemente, medidores de presión y temperatura a lo largo de su longitud para controlar la presión y la temperatura y puertos de inyección adicionales para añadir agentes reactivos adicionales. El recipiente del reactor posee, preferentemente, sistemas de control que funcionan como un sistema de circuito cerrado que controla la temperatura, la

presión, el pH, las adiciones de inyección reactivas y la tasa de flujo del fertilizante fundido que se funde mediante el sistema.

5 Los biosólidos tratados de acuerdo con los procesos de la invención contienen típicamente bajos niveles de metales tales como arsénico, cadmio, cobre, plomo, mercurio, molibdeno, níquel, selenio y/o zinc. Los niveles bajos son niveles inferiores a los que se consideran dañinos e inferiores al estándar de Calidad Excepcional ("EQ") para metales según lo publicado por la USEPA para productos que contienen biosólidos municipales.

10 Al exceder la regulación de la USEPA y las condiciones de hidrólisis del hidrolizador o el recipiente de presión para macromoléculas (por ejemplo, productos farmacéuticos personales tales como antibióticos u hormonas o sustancias similares a hormonas), el fertilizante resultante es seguro para su uso en y alrededor del cultivo, plantas y animales. Además, los biosólidos tratados de acuerdo con los procesos de la invención son seguros para su manipulación por y alrededor de los humanos.

15 La Figura 1 proporciona un diagrama esquemático de una modalidad de la presente invención, en donde el proceso de esta modalidad usa biosólidos municipales deshidratados combinados con nutrientes vegetales adicionales, fertilizantes de sal de amonio y agentes aglutinantes. En esta modalidad, los biosólidos a tratar son biosólidos deshidratados, a menudo denominados como "torta de biosólidos". Estos biosólidos se suministran a las instalaciones de fabricación donde se almacenan en un contenedor de almacenamiento 105 hasta que los biosólidos están listos para acondicionarse. El
 20 acondicionamiento tiene lugar inicialmente en un primer mezclador de paletas 110 mediante una combinación o mezcla vigorosa con ácido concentrado para el control del olor y la acidificación, junto con agentes oxidantes tales como el ferrato, lo cual convierte los biosólidos tixotrópicos en una mezcla, pasta o mezcla similar a pasta que puede bombearse. El agente oxidante reacciona con los compuestos de azufre reducidos y otros odorantes presentes en los biosólidos. El ácido concentrado acidifica ligeramente los biosólidos y, si el ácido es ácido fosfórico, ayuda a modificar los odorantes presentes en los biosólidos. La reacción exotérmica de esta mezcla ácida alcanza temperaturas que exceden los 230 °F (110 °C),
 25 lo que evita la necesidad de aplicar calentamiento. Preferentemente, el vapor de un generador de vapor 115 puede inyectarse al comienzo del mezclador de paletas 110 para facilitar el arranque y el flujo de los biosólidos en la planta y además, para potenciar la reacción exotérmica. A medida que la masa fundida de biosólido avanza a través del mezclador de paletas sellado 110, pueden infundirse nutrientes vegetales adicionales en la mezcla. Una vez que la mezcla sale del
 30 mezclador de paletas 110, se bombea a un recipiente a presión 120 donde se produce la reacción primaria de infusión de nitrógeno. Como se muestra en las Figuras 2 y 3, un rociador 210 inyecta gas de amoniaco u otra fuente de nitrógeno en la masa fundida junto con la infusión de ácido sulfúrico para inducir una reacción altamente exotérmica en los biosólidos acidificados que infunde la pasta de biosólidos. Esta reacción se controla cuidadosamente para optimizar la temperatura, la presión, el tiempo de retención, el pH y el nitrógeno, todo lo cual puede determinarse empíricamente basado en los
 35 materiales biosólidos de entrada y el contenido de salida deseado de los biosólidos tratados y secos. El recipiente a presión 120 incluye una pluralidad de válvulas 215 que permiten la adición de vapor a partir del generador de vapor 115, otros aditivos, y pueden usarse para controlar la temperatura, la presión, el pH y los niveles de nitrógeno. La fuente de nitrógeno 125 que se bombea al recipiente a presión 120 comprende una base, tal como amoniaco anhidro o acuoso. Se forma una mezcla de biosólidos y sulfato de amonio y fosfato de amonio que se integra molecularmente ya que los iones de amonio se unen eléctricamente a las moléculas orgánicas anfóteras de los biosólidos, lo que crea de esta manera un nitrógeno de liberación lenta o de liberación controlada en el gránulo fertilizante final. De manera similar, esta unión eléctrica puede producirse entre las moléculas de sulfato y fosfato y hierro presentes en la mezcla, lo que convierte de esta
 40 manera a estas moléculas de nutrientes de manera similar a un estado de liberación lenta o de liberación controlada. Esta mezcla se mantiene en condiciones de tensión durante un período de retención según se determina por su tiempo de retención (el cual a su vez se basa en la presión de cabeza y el volumen como se describe en la presente descripción) a medida que la mezcla se mueve a través del recipiente a presión 120. La condición de tensión incluye, preferentemente, temperatura elevada y/o presión elevada. La temperatura elevada se produce parcial o totalmente por la reacción exotérmica de los componentes, lo cual puede aumentar la temperatura de la mezcla a 230 °F (110 °C) o más. A estas temperaturas se genera vapor a partir de la mezcla. Se permite que este vapor salga del recipiente a presión 120 en una liberación controlada por válvulas, lo que logra un secado parcial de la mezcla. La condición de tensión que sufren los biosólidos en el recipiente a presión 120 y el periodo de retención se controlan para dar como resultado la producción de una mezcla que es estéril y que contiene macromoléculas hidrolizadas a partir de los biosólidos. El control de la condición de tensión y el período de retención produce, además, la fusión de los iones de amonio formados con las moléculas orgánicas presentes, lo que crea una propiedad natural de liberación lenta para el nitrógeno presente, y la
 45 desnaturalización y/o hidrólisis de muchas macromoléculas presentes en los biosólidos, tales como las proteínas. Cuando dichas moléculas son biológicamente activas, esta desnaturalización y/o hidrólisis las hace menos activas o inactivas, lo que crea de esta manera una mezcla más segura para uso o exposición pública. El tiempo de retención para inducir las necesarias propiedades del fertilizante y la inactivación biológica se controlan mediante el bombeo continuo y el flujo de los biosólidos al recipiente a presión 120. Este procesamiento de flujo continuo de la invención frente al procesamiento por lotes tradicional de las plantas más antiguas ayuda al alto rendimiento de esta invención. El flujo continuo minimiza, además, los problemas asociados con la obstrucción del proceso que requiere tiempo de inactividad para eliminar la obstrucción. Cuando la mezcla de biosólidos fluye desde el recipiente a presión 120, sale a un segundo mezclador o
 50 mezclador de paletas 130, donde el biosólido se mezcla con un agente o agentes endurecedores, así como también con nutrientes adicionales para ajustar el fertilizante. Si se formó una masa fundida en el recipiente a presión 120 a partir de la amonización parcial con exceso de ácido, la mezcla también se rocía con una cantidad adicional de una fuente de nitrógeno que comprende una base, tal como amoniaco, preferentemente amoniaco vaporizado para completar la

amoniación, lo que forma de esta manera sal de amonio. Preferentemente, se añade amoniaco líquido y se convierte en amoniaco vaporizado antes de entrar en los rociadores tanto en el mezclador de paletas 130 que sigue al recipiente a presión 120 como en el granulador 135. Esta conversión a amoniaco vaporizado mejora el funcionamiento de la planta así como también reduce los requisitos de energía. El amoniaco anhidro líquido se convierte en vapor de amoniaco sobrecalentado por medio de un calentador para completar el proceso de amoniación iniciado en el recipiente de presión 120. El calentamiento puede realizarse mediante un calentador directo aplicado a la línea de suministro de amoniaco o mediante un intercambiador de calor instalado para recuperar el exceso de calor a partir de otras partes del proceso. Como se muestra en la Figura 4, el exceso de calor puede estar, por ejemplo, en la corriente de aire de descarga del secador aguas abajo de la cámara de filtros de mangas y antes de los depuradores de ácidos. El lado de amoniaco del vaporizador se controla entre 621 kPa y 827 kPa (90 a 120 psig) y, preferentemente, a 689 kPa (100 psig) (amoniaco saturado a 64 °F {17,8}). El vapor de amoniaco se sobrecalienta con la temperatura controlada a 120-200 °F (48,9-93,3 °C) y, preferentemente, a 170-180 °F (76,7-82,2 °C). Reemplazar el amoniaco líquido con amoniaco vaporizado en el reciclador mezclador de paletas 130/granulador 135 mediante rociadores de amoniaco proporciona varios beneficios, por ejemplo, terminar el proceso de amoniación iniciado en el recipiente a presión; mejorar la eficiencia de la reacción al aumentar el área superficial de amoniaco para hacer contacto con el ácido sin reaccionar; aumentar la eficiencia energética mediante el uso del calor residual del proceso para aumentar la temperatura de la corriente del granulador, lo que aumenta de esta manera la evaporación en el granulador 135 y reduce la energía requerida por el secador; reduce la creación de polvo y aumenta el tamaño y la dureza de los gránulos al proporcionar una distribución uniforme del amoniaco a la zona de reacción en el mezclador de paletas 130/granulador 135 (las gotitas de amoniaco líquido pueden crear polvo cuando se crean pequeñas áreas localizadas de alto pH en los gránulos no curados, y el vapor de amoniaco elimina este problema); reducir el enfriamiento de agua requerido al enfriar la corriente de gas de descarga del secador y mediante el uso del calor; o sus combinaciones.

A continuación, la mezcla se trata adicionalmente, preferentemente, mediante granulación o extrusión en gránulos tales como pelets u otras estructuras más pequeñas. Los gránulos se secan en el secador rotatorio 140 y se pasan a través de una o más mallas 145 para separar materiales de sobretamaño y materiales finos de los materiales del tamaño apropiado. Los materiales sobretamaño pueden triturarse en una trituradora o molino. Subsecuentemente, los materiales finos y los materiales de sobretamaño triturados pueden reciclarse al segundo mezclador o mezclador de paletas 130 para facilitar la granulación de la mezcla de fertilizante. Los gránulos de tamaño apropiado resultantes se secan entonces en un enfriador rotatorio 150, se clasifican, se recubren, se enfrían y se almacenan. Cuando se usa un granulador tradicional en el proceso de conformación, la amoniación mediante amoniaco vaporizado y la adición del reciclado también puede producirse en ese recipiente. El agua eliminada de la mezcla como vapor a partir del recipiente a presión y de los recipientes posteriores como vapor y/o vapor de agua puede condensarse y, preferentemente, devolverse a la planta de tratamiento de aguas residuales (WWTP), o puede tratarse y descargarse en los recursos de agua adyacentes, o en la atmósfera.

Un elemento preferido de la invención implica tratar los biosólidos mediante el acondicionamiento de los biosólidos al mezclar con una fuerza suficiente para hacer que los biosólidos sean capaces de bombearse. Los biosólidos pueden acondicionarse adicionalmente al añadir uno o más agentes oxidantes y/o al añadir uno o más ácidos para reducir el pH de los biosólidos. El acondicionamiento ocurre típicamente en un mezclador o un mezclador de paletas, el cual puede calentarse opcionalmente. Después, los biosólidos acondicionados se añaden a un recipiente a presión. Subsecuentemente o simultáneamente, una vez que el proceso alcanza el estado estacionario, se combinan uno o más ácidos y una o más fuentes de nitrógeno dentro de una zona de reacción ubicada dentro de los biosólidos del recipiente a presión. La zona de reacción es un área de aplicación óptima de cualquier ácido, cualquier base, cualquier fuente de nitrógeno y cualquiera de sus combinaciones, para que los biosólidos se traten en modalidades de esta invención. La zona de reacción se optimiza basado en el tamaño del recipiente en el cual se colocan los biosólidos. El tamaño de la zona de reacción varía en dependencia de la entrada de ácido, base y/o fuente de nitrógeno, así como también de la viscosidad de los biosólidos. La zona de reacción se ubica preferentemente en la porción inferior de los biosólidos en el recipiente a presión, preferentemente, lo más bajo posible, de manera que el peso de los materiales en el recipiente la presione, lo que ayuda de esta manera a contener cualquier fuerza generada por la reacción exotérmica. La zona de reacción es la porción de los biosólidos en la cual se inyectan los ácidos, bases y/o fuentes de nitrógeno. El uso del término "zona de reacción" no pretende implicar que la reacción se produce solo dentro de la zona de reacción. Si bien la combinación inicial de los componentes reactivos y la reacción exotérmica inicial se producen en la zona de reacción, la producción de la reacción exotérmica se produce en todo el recipiente. Al menos una de las una o más fuentes de nitrógeno comprende una base, por lo que puede tener lugar una reacción exotérmica entre el ácido y la base. Subsecuentemente, esta mezcla se mantiene en condiciones de tensión durante un período de retención. La condición de tensión puede dar como resultado la hidrólisis parcial y/o desnaturalización de cualquier macromolécula, lo que incluye las proteínas contenidas en el componente de biosólidos de la mezcla. La condición de tensión puede dar como resultado, además, la hidrólisis parcial y/o desnaturalización de cualquier compuesto farmacéutico personal, antibióticos, hormonas, moléculas similares a hormonas u otros compuestos biológicamente activos. La condición de tensión y el período de retención pueden crear un efecto autoclave por exposiciones prolongadas de temperatura y presión que destruyen por esterilización cualesquiera microorganismos presentes en los biosólidos, lo que incluye bacterias, virus, hongos, parásitos y huevos de parásitos. La condición de tensión puede incluir agitar la mezcla, un aumento de la temperatura y/o de la presión debido a cualquier reacción exotérmica de los componentes de la mezcla. Los aumentos de temperatura de la mezcla debido a la condición de tensión exceden, preferentemente, los 85 °C (185 °F), con mayor preferencia, 100 °C (212 °F), con mayor preferencia, 121 °C (250 °F), y con mayor preferencia, 126 °C (260 °F). Cualquier aumento de presión

de la mezcla debido a la condición de tensión excede, preferentemente, 20 libras por pulgada cuadrada (psi), con mayor preferencia, excede 30 psi, y con mayor preferencia, excede 38 psi y con mayor preferencia, cumple o excede 62 psi.

5 Otra modalidad de la invención se dirige a métodos de fabricación de un fertilizante que comprenden el acondicionamiento mediante agitación y oxidación y la acidificación inicial de una cantidad de biosólidos bioorgánicos, tales como biosólidos deshidratados municipales en un mezclador de paletas; mezclar ácido concentrado con amoníaco simultáneamente en presencia de los biosólidos acondicionados para crear una masa fundida de amonio (una mezcla parcialmente amoniacada) en un recipiente a presión a temperatura, presión atmosférica, tiempo de retención de la mezcla y eliminación de agua como vapor y/o vapor de agua controladas; y procesar posteriormente dicha mezcla hidrolizada mediante un mezclador adicional, al combinar acondicionadores adicionales opcionales, tales como un óxido de hierro, y al menos un endurecedor en la mezcla de fertilizante para controlar la dureza; y rociar dicho mezclador adicional con amoníaco gaseoso o vaporizado adicional para completar la formación de sales de sulfato de amonio y/o fosfato de amonio y después de esto, mediante el procesamiento de granulación tradicional, crear un fertilizante granular inorgánico aumentado orgánicamente en la planta. El rociado de amoníaco vaporizado puede llevarse a cabo, además, en el granulador como se hace en la fabricación de fertilizantes granulares. Cuando se añade sulfato de hierro, es decir, sulfato ferroso u óxido de hierro a la mezcla, el hierro sirve, además, como un nutriente importante en el fertilizante terminado, lo que aumenta tanto el valor del producto como su rendimiento al fertilizar los cultivos objetivo.

20 Otra modalidad de la invención se dirige a métodos de fabricación de un fertilizante que comprenden acondicionar mediante agitación y oxidación una cantidad de biosólidos bioorgánicos, tales como biosólidos municipales deshidratados; mezclar ácido concentrado con amoníaco simultáneamente en presencia de los biosólidos acondicionados para crear una sal de amonio (queda poco ácido sin reaccionar) en un recipiente a presión a temperatura, presión atmosférica, tiempo de retención de mezcla y eliminación de agua como vapor y/o vapor de agua controladas; y procesar posteriormente dicha mezcla hidrolizada mediante un mezclador adicional, en un mezclador adicional que combina acondicionadores adicionales opcionales, tales como un óxido de hierro, y al menos un endurecedor en la mezcla de fertilizante para controlar la dureza del fertilizante de amonio y después de esto, mediante el procesamiento de granulación tradicional, crear un fertilizante granular inorgánico aumentado orgánicamente en la planta.

30 Otra modalidad de la invención se dirige a métodos para fabricar un fertilizante que comprenden mezclar un biosólido orgánico tixotrópico para producir una mezcla similar a una pasta que puede bombearse; tratar la mezcla con uno o más oxidantes y acidificar la pasta tixotrópica en un mezclador para producir una primera mezcla acondicionada; obtener una masa fundida de fertilizante inorgánico a alta temperatura compuesta de una mezcla parcialmente amoniacada que contiene sulfato de amonio y o fosfato de amonio con ácido en exceso; mezclar la masa fundida caliente con la mezcla acondicionada para producir una segunda mezcla en un recipiente a presión con una temperatura superior a 85 °C (185 °F) y, preferentemente, a más de 100 °C (212 °F) a presión atmosférica y tiempo de retención de la mezcla controladas y eliminar el agua (como vapor y vapor de agua) de dicha mezcla; procesar posteriormente dicha segunda mezcla en un mezclador adicional para combinar acondicionadores adicionales opcionales, tal como un óxido de hierro y al menos un endurecedor en la mezcla de fertilizante para controlar la dureza y rociar dicho mezclador adicional con amoníaco vaporizado para completar la formación de sal de sulfato de amonio y/o fosfato de amonio; continuar con la eliminación del agua de la tercera mezcla para producir un material que puede procesarse posteriormente con el proceso tradicional de granulación o las tecnologías de extrusión; y crear un producto final fertilizante a partir de la tercera mezcla. Además, puede llevarse a cabo el rociado de amoníaco vaporizado en el granulador.

45 Otra modalidad de la invención se dirige a métodos para fabricar un fertilizante que comprenden mezclar un biosólido orgánico tixotrópico para producir una mezcla similar a una pasta que puede bombearse; tratar la mezcla con un oxidante y acidificar la pasta en una mezcladora con ácido fosfórico para producir una primera mezcla; obtener una sal fertilizante inorgánica a alta temperatura compuesta de sulfato de amonio y/o fosfato de amonio; mezclar la sal caliente con la primera mezcla para producir una segunda mezcla en un recipiente a presión con una temperatura superior a 85 °C (185 °F) y, preferentemente, superior a 100 °C (212 °F) a presión atmosférica y tiempo de retención de la mezcla controladas y eliminar el agua (como vapor y vapor de agua) de dicha mezcla; combinar en acondicionadores adicionales opcionales, tal como un óxido de hierro y al menos un endurecedor en la mezcla de fertilizante para controlar la dureza; continuar la eliminación del agua de la tercera mezcla para producir un material que puede procesarse posteriormente con el proceso tradicional de granulación o las tecnologías de extrusión; y crear un producto final fertilizante a partir de la tercera mezcla.

55 Otra modalidad de la invención se dirige a métodos para fabricar un fertilizante que comprenden mezclar un biosólido orgánico tixotrópico para producir una mezcla similar a una pasta que puede bombearse; acondicionar la mezcla con uno o más oxidantes, preferentemente, ferrato de calcio, en un primer mezclador de paletas o mezclador para producir una primera mezcla alcalina; después, descargar esta mezcla acondicionada en un segundo mezclador de paletas o mezclador en el cual se añade una fuente de amoníaco. En esta modalidad, se usa amoníaco acuoso como la base. Después, este segundo mezclador descarga su mezcla amoniaca alcalina en el recipiente a presión. El recipiente a presión recibirá un ácido sulfúrico concentrado para producir una masa fundida de fertilizante inorgánico a alta temperatura compuesta de sulfato de amonio. En esta modalidad se añade, además, ácido fosfórico al recipiente a presión, lo cual produce fosfato de amonio. El ácido fosfórico se añade al recipiente de presión en lugar de al primer mezclador de paletas como en otras modalidades, ya que añadir el ácido fosfórico temprano en el primer mezclador de paletas produciría entonces una reacción exotérmica indeseable en el mezclador de paletas. La reacción exotérmica en el recipiente a presión alcanza una temperatura superior a 100 °C (212 °F) y, preferentemente, superior a 137,8 °C (280 °F), a presión atmosférica y

5 tiempo de retención de la mezcla controlada y se elimina el agua (como vapor y vapor de agua) de dicha mezcla; descargar la mezcla de fertilizante a un mezclador de paletas adicional o mezclador en el mismo mediante el uso de amoníaco vaporizado para completar la formación de sales de amonio y combinar acondicionadores adicionales opcionales, tal como un óxido de hierro, y al menos un endurecedor en la mezcla de fertilizante para controlar la dureza; continuar la eliminación del agua de la tercera mezcla para producir un material que puede procesarse posteriormente con el proceso tradicional de granulación o las tecnologías de extrusión; y crear un producto final fertilizante a partir de la tercera mezcla.

10 Alternativamente, esta modalidad de la invención se dirige a métodos de fabricación de un fertilizante que comprenden mezclar biosólidos orgánicos tixotrópicos para producir una mezcla similar a una pasta que puede bombearse; opcionalmente, acondicionar la mezcla con uno o más oxidantes y después acidificar la pasta en un primer mezclador de paletas o mezclador con ácido fosfórico para producir una primera mezcla; después, descargar esta mezcla acondicionada en un segundo mezclador de paletas o mezclador hacia el cual fluye ácido concentrado o amoníaco acuoso, pero no ambos. Este segundo mezclador descarga su mezcla en el recipiente a presión. Después, el recipiente a presión recibe ya sea una fuente de amoníaco o un ácido sulfúrico concentrado, en dependencia de si se añadió un ácido o una base al
15 segundo mezclador de paletas, por lo que se obtiene de esta manera una masa fundida de fertilizante inorgánico a alta temperatura compuesta principalmente de sulfato de amonio con una cantidad menor de fosfato de amonio con una temperatura superior a 100 °C (212 °F) y, preferentemente, superior a 137,8 °C (280 °F), a presión atmosférica y tiempo de retención de la mezcla controladas; eliminar el agua (como vapor y vapor de agua) de dicha mezcla; descargar la mezcla de fertilizante a un mezclador de paletas adicional o mezclador en el mismo, completar la formación de sales de amonio mediante el uso de amoníaco vaporizado y combinar acondicionadores adicionales opcionales, tal como un óxido de hierro, y al menos un endurecedor en la mezcla de fertilizante para controlar la dureza; continuar la eliminación del agua de la tercera mezcla para producir un material que puede procesarse posteriormente con el proceso tradicional de granulación o las tecnologías de extrusión; y crear un producto final fertilizante a partir de la tercera mezcla.

25 Otra modalidad de la invención se dirige a métodos para fabricar un fertilizante a la manera de las modalidades anteriores pero con la sustitución de biosólidos secados con calor o biosólidos orgánicos por la torta de biosólidos deshidratados descrita en la presente descripción. Este material seco de biosólidos puede variar en sólidos del 30 por ciento al 99,9 por ciento, pero, preferentemente, y más comúnmente, en el intervalo del 90 por ciento al 99,9 por ciento para clasificarse como Clase A por la USEPA según lo regido por sus reglas de atracción de vectores para biosólidos o materiales que
30 contienen biosólidos. Los biosólidos secos o el material de biosólidos orgánicos, si se reciben en forma de pellets o gránulos, deben molerse hasta obtener un polvo antes de la adición de alguna agua y exponerse subsecuentemente a un agente de oxidación y acidificación durante el acondicionamiento. Después, los biosólidos acondicionados pueden procesarse durante el resto del proceso como se describe en las modalidades anteriores.

35 Otra modalidad de la invención se dirige a métodos de fabricación de un fertilizante a la manera de las modalidades anteriores pero con la sustitución de tres recipientes a presión para operar los procesos de una manera de "lote continuo". La adición de productos químicos, la mezcla, reacciones, amoníación, eliminación de agua y granulación o extrusión se produciría como se describió para cualquiera de las modalidades anteriores.

40 Una modalidad adicional de la presente invención acepta biosólidos deshidratados o secos pero no los condiciona de la manera descrita en las modalidades anteriores. En su lugar, los biosólidos se agitan simplemente hasta un estado en que pueden bombearse; opcionalmente, puede añadirse agua si es necesario. Después, estos biosólidos que pueden bombearse se procesan como en las modalidades anteriores. Los agentes de oxidación y, opcionalmente, el ácido fosfórico adicional para el control del pH, la adición de nutrientes y la supresión de la autooxidación, pueden añadirse en el segundo mezclador o mezclador de paletas que sigue al recipiente a presión o pueden eliminarse completamente. Las etapas de procesamiento restantes son como se describió en la presente descripción.

50 Los biosólidos deshidratados entrantes pueden ser de un porcentaje variable de sólidos, preferentemente, del 17 al 32 por ciento de sólidos. Los biosólidos pueden variar desde el 33 por ciento de sólidos al 100 por ciento de sólidos. Cuando son de una naturaleza de sólidos secos, se muelen hasta un polvo y después se procesan aún más.

55 Preferentemente, los biosólidos están en el intervalo del 12 por ciento al 40 por ciento de sólidos con biosólidos entre el 18 por ciento y el 30 por ciento. Este suministro puede ser ya sea mediante transportadores o tuberías desde la planta de tratamiento de aguas residuales ("WWTP") o por transporte tradicional mediante el uso de un camión, tren o barcaza. Al llegar a la planta, los biosólidos deshidratados pueden pasarse a través de un rompedor de grumos o de un dispositivo de cribado para eliminar objetos extraños grandes que podrían dañar o destruir las bombas u otros equipos en el proceso. Los biosólidos se colocan en una cámara de compensación o tanque contenedor o silo o tolva de descarga para su acumulación y almacenamiento hasta su procesamiento. Preferentemente, los biosólidos suministrados pueden colocarse en un tanque contenedor o silo y después se transfieren al primer aparato de mezcla para el acondicionamiento.

60 Si los biosólidos no se han cribado para eliminar los contaminantes antes del almacenamiento en la cámara de compensación, entonces se pasan, preferentemente, a través de un aparato rompedor de grumos o un dispositivo de malla para eliminar cualquier metal o roca u otros objetos extraños grandes para proteger los aparatos de bombeo y mezcla que se usarán posteriormente en el proceso. Después, los sólidos se transfieren mediante un transportador de tornillo o una bomba al recipiente de reacción. Luego, este material se acondiciona con un agente oxidante que puede seleccionarse del grupo, ferrato de calcio, ferrato de sodio, ferrato de potasio, ozono, peróxido de hidrógeno, hipoclorito
65

de calcio, hipoclorito de sodio, hipoclorito de potasio, dióxido de cloro y el propio oxígeno, así como también con mezclas de dichos oxidantes. En la modalidad preferida de la presente invención, el oxidante seleccionado se inyecta en el aparato de mezcla inicial con el propósito de oxidar compuestos de azufre reducidos presentes en los biosólidos, así como también otros odorizantes contenidos en ellos. Además, el proceso de acondicionamiento realizado dentro del mezclador de paletas inicial también incluye la introducción de un ácido concentrado, preferentemente, ácido fosfórico y, con mayor preferencia, con ácido fosfórico concentrado de al menos 50 por ciento de fortaleza y, preferentemente, un ácido fosfórico negro o de uso agrícola al 54 por ciento de fortaleza lo que crea una pasta ácida dentro del mezclador inicial. Opcionalmente, el agua del proceso y el agua de purga del aparato de depuración de aire pueden inyectarse en el mezclador inicial, o pueden infundirse en los biosólidos inmediatamente antes del rompedor de grumos si es necesario. Preferentemente, el proceso de la invención minimiza la cantidad de agua añadida a la secuencia de fabricación para reducir los requisitos de energía necesarios para la deshidratación.

La mezcla con agente(s) oxidante(s) y ácido concentrado, preferentemente, ácido fosfórico, comienza el proceso de control de olores y acidifica el material bioorgánico a un nivel entre pH 2,0 y pH 6,9, preferentemente, entre pH 3,0 y pH 5,0. Este tratamiento con ácido fosfórico proporciona, además, un nivel de resistencia al calentamiento oxidativo que se produce con el almacenamiento a largo plazo de gránulos que contienen material orgánico terminados, tal como se produce comúnmente con los gránulos de biosólidos secados con calor. El calentamiento y la mezcla en este aparato de acondicionamiento inicial creará una pasta que puede bombearse. En una modalidad de la presente invención, esta pasta, preferentemente, se calienta para controlar los olores y preparar los biosólidos para mezclarlos con ácido concentrado y amoníaco en un recipiente a presión. Dicho calor de acondicionamiento se imparte a los biosólidos, preferentemente, por medio de una reacción química exotérmica. Puede suministrarse calor adicional a la infusión de vapor.

El establecimiento de temperaturas más altas que las ambientales en el material bioorgánico garantiza que la energía térmica contenida en las sales de amonio se usa ventajosamente para matar o inactivar suficientemente al menos todos los patógenos dañinos (por ejemplo, patógenos bacterianos, virales, fúngicos y parasitarios) que se contenían en el material bioorgánico, especialmente biosólidos municipales, especialmente cuando se usa amoníaco acuoso para formar el sulfato de amonio o fosfato de amonio, ya que se libera menos energía exotérmica cuando se aplica el amoníaco acuoso.

Los mezcladores de paletas o mezcladores son cámaras de mezcla horizontales que tienen elementos de mezcla en forma de cuchilla montados en un eje o ejes impulsados con fuerza que giran a una velocidad variable pero controlada que divide, mezcla, vuelve a mezclar y vuelve a dividir los materiales a combinar varias veces un segundo para obtener una mezcla completa y uniforme con una consistencia confiable. Los combinadores, mezcladores de paletas y mezcladores usados en la secuencia de procesamiento pueden calentarse cada uno independientemente a través de un eje calentado y/o un mecanismo de cuchillas de tornillo hueco calentado o calentarse por medio de una funda encamisada alrededor del aparato. El calentamiento puede aplicarse además, opcionalmente, al segundo aparato de mezcla, preferentemente un mezclador de paletas, especialmente cuando se usa amoníaco acuoso, en donde se añaden endurecedores, agentes de ajuste de pH opcionales como en caso del rociado de amoníaco vaporizado o gaseoso y el reciclado en seco.

El acondicionamiento garantiza una mezcla con la consistencia apropiada para la inyección en el recipiente a presión. En la modalidad preferida de la presente invención, el amoníaco anhidro (amoníaco al 99 por ciento) y, si es necesario, según lo requieran las consideraciones del permiso, el amoníaco acuoso se mezcla con ácido sulfúrico concentrado con o sin ácido fosfórico concentrado, en un recipiente a presión. Para los fines de esta invención, se fabrica un recipiente de reactor personalizado. Esto contrasta con el desarrollo de los reactores de tubería cruzadas y como lo describe el IFDC en el Fertilizer Manual de Sphri-nix en el Fertilizer Technical Data Book. Específicamente, el recipiente en la presente invención se diseña para tener una gran cámara de reacción y para recibir los biosólidos acondicionados en la base del recipiente y tanto el ácido sulfúrico como el amoníaco directamente por encima de la entrada de biosólidos. El ácido y el amoníaco reaccionan, lo que forma sulfato de amonio y fosfato de amonio, lo que forma de esta manera una mezcla de fertilizante que contiene la interacción del sulfato de amonio y/o el fosfato de amonio. En una modalidad preferida, se formará una masa fundida al amoniacar parcialmente el ácido en este recipiente. Esto mejorará la fluidez de la mezcla de fertilizante. La masa fundida de sulfato/fosfato de amonio está, preferentemente, a una temperatura superior a 100 °C (212 °F) y, preferentemente, a una temperatura superior a 121 °C (250 °F) y, con mayor preferencia, a una temperatura superior a 126 °C (260 °F). En el recipiente a presión, el tiempo de contacto será de un mínimo de un minuto con el intervalo preferido de 15 minutos o más, con un intervalo más preferido de 10 a 20 minutos, con un tiempo de retención preferido para el funcionamiento normal de aproximadamente 15 minutos. El recipiente a presión contendrá una capacidad de agitación mediante el uso de paletas o cuchillas giratorias. Dicha agitación de la mezcla dentro del recipiente a presión ayudará a asegurar la uniformidad y la reacción controlada de la mezcla junto con mover la mezcla continuamente a través del sistema cerrado. Además, la agitación evitará la consolidación de la mezcla y facilitará la descarga de la mezcla en el mezclador de paletas.

La orientación del recipiente a presión es vertical y el vapor es liberado por una válvula controlada en el extremo superior del recipiente, lo que permite de esta manera controlar la presión atmosférica dentro del recipiente. Además, esta presión, mayor que 20 psi y, preferentemente, mayor que 30 psi y, con mayor preferencia, mayor que 38 psi, se combina con la temperatura y el pH mantenidos dentro del recipiente de manera que se producen alteraciones químicas de las macromoléculas dentro del recipiente. Las alteraciones químicas debidas al calor y la presión combinados incluyen la

desnaturalización parcial de las moléculas de proteínas y la hidrólisis de las moléculas de proteínas y la hidrólisis de otros compuestos orgánicos. Dicha desnaturalización o hidrólisis de los productos orgánicos da como resultado la creación de un producto final más seguro debido a la pérdida de actividad biológica a menudo asociada con compuestos tales como productos farmacéuticos personales, antibióticos, hormonas y otros compuestos orgánicos biológicamente activos que estaban presentes en los biosólidos.

5

Además, las altas tensiones creadas en el recipiente a presión, por ejemplo, la presión y la temperatura de la invención, esterilizan los materiales bioorgánicos para obtener un fertilizante más seguro y menos dañino. La esterilidad se mide por la ausencia de detección de microorganismos viables.

10

Después del logro de dichos tiempos de exposición, puede tener lugar la ventilación del vapor y el vapor de agua emitidos por la mezcla y el recipiente a presión, lo que seca parcialmente, de esta manera, la mezcla de la energía impartida en la mezcla a partir de la reacción química del ácido y el amoníaco. Este vapor y humedad se capturan y se usan para potenciar el proceso en curso.

15

El secado de la mezcla continúa en el mezclador o mezclador de paletas que sigue al recipiente a presión y puede continuar en el aparato de conformación, tal como el granulador, para completarse en un secador, como en un secador de tambor rotatorio o en un secador de lecho fluido. La amoníación se completa en este mezclador o mezclador de paletas que sigue al recipiente a presión mediante la inyección de amoníaco vaporizado o puede completarse opcionalmente mediante la inyección de amoníaco gaseoso o vaporizado en el granulador.

20

En una modalidad preferida, el aire del proceso se depura con ácido para eliminar cualquier odorante fugitivo y especialmente amoníaco vaporizado o gaseoso. El amoníaco capturado, como una sal de amonio, se mezcla nuevamente en el recipiente de reacción o mezclador, lo que aumenta de esta manera la eficiencia de todo el sistema y maximiza la concentración final de nitrógeno en el fertilizante terminado. Residuos diversos, lo que incluye polvo, producto que no cumple con las especificaciones o recuperado y fertilizante seco que es demasiado pequeño o finos o material de sobretamaño que se tritura en un aparato de molienda o trituración o puede incluir otros aditivos, por ejemplo, hierro que un cliente preferiría añadir a la composición del fertilizante terminado, se añaden al mezclador de paletas o mezclador colocado aguas abajo del recipiente a presión. Antes de terminar el proceso de secado, se añaden un endurecedor o endurecedores, los cuales ayudan a aglomerar la mezcla y contribuyen a la dureza del pelet o gránulo seco, al mezclador de paletas. El endurecedor o endurecedores se seleccionan del grupo compuesto por arcilla de atapulgita, lignina, melaza industrial y alumbre, entre otros, o mezclas de estos endurecedores.

25

30

Opcionalmente, en dependencia de los requisitos del cliente, los nutrientes vegetales adicionales, por ejemplo, potasa u otras formas de potasio, por ejemplo, hidróxido de potasio, se añaden, preferentemente, en el mezclador de paletas. Los nutrientes sólidos que pueden añadirse comprenden, además, urea, nitrato de amonio, fosfato monoamónico, fosfato de diamonio o potasa. Además, en este segundo mezclador de paletas se añade cualquier hierro adicional requerido. Este hierro puede tener diferentes valencias, pero se prefiere en este proceso el compuesto de hierro, conocido como sulfato ferroso heptahidratado ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), ya que afecta el olor de los biosólidos y mejora la granulación. El hierro aporta un nutriente vegetal importante y valioso a la mezcla de fertilizante.

35

40

Además, puede rociarse amoníaco adicional en el mezclador de paletas y en el granulador para completar la formación de la sal de amonio y para controlar el pH de la mezcla y facilitar la formación del gránulo terminado. Los sólidos usados para ajustar el pH pueden ser, además, principalmente agentes alcalinos seleccionados del grupo que comprende carbonato de calcio, hidróxido de sodio, óxido de calcio, polvo de horno de cemento, polvo de horno de cal, cenizas volantes de Clase C, cenizas volantes de Clase F, cenizas de quemadores de múltiples etapas, alumbre, biosólidos de alumbre procedentes del tratamiento de aguas y cenizas de madera. Estos se añaden a través de transportadores de tornillo a tasas específicas para cada compuesto. Las adiciones líquidas incluyen, además, materiales para el ajuste de pH tales como ácidos, por ejemplo, ácido fosfórico o ácido sulfúrico, o soluciones cáusticas, por ejemplo, hidróxido de sodio. Estos se bombean a sus tasas respectivas al anillo de inyección para ingresar al mezclador de paletas.

45

50

Además, los agentes de control del pH adicionales al amoníaco vaporizado añadido durante el rociado, pueden añadirse al mezclador en forma de uno o más de un grupo de materiales alcalinos tales como óxido de calcio, hidróxido de calcio, hidróxido de potasio u otros óxidos metálicos o hidróxidos metálicos, amoníaco anhidro, polvo de horno de cemento, polvo de horno de cal, cenizas de lecho fluido, cenizas volantes Clase C y adición de cenizas volantes Clase F para elevar el pH de la mezcla. El producto fertilizante de la presente invención tiene preferentemente un pH de entre 5,0 y 7,0, con mayor preferencia, entre pH 5,5 y pH 6,5, y con mayor preferencia, entre pH 5,7 y pH 6,3. El resto del procesamiento para la conformación como en la producción de pelets o gránulos incluye la tecnología estándar de granulación de fertilizantes, especialmente para plantas de alto volumen de producción. El producto en pelets o gránulos, especialmente en plantas de producción más pequeñas, consideradas aquellas de menos de 25 toneladas de producción de productos por día, puede implicar tecnologías más innovadoras tales como la inyección o extrusión, seguido de la molienda o esferulización del pelet o gránulo, o implica la descarga simple de un granulador o un mezclador de paletas granulador. Cuando se usa un granulador o un mezclador de paletas granulador, se prefiere alimentar algún reciclaje, como el material en grano seco, es decir, finos y finos secos producidos por la trituradora o mezclador de paletas o material por debajo de especificación o material de recuperación del producto fertilizante, en el mezclador de paletas y el granulador para ajustar el porcentaje

55

60

65

de humedad presente en la mezcla de manera que pueda producirse una aglomeración o nucleación que dé como resultado la formación de gránulos.

Otras modalidades preferidas comprenden ajustes a los procesos descritos en la presente descripción para controlar el pH, la sequedad, los nutrientes en el producto, la forma, las concentraciones, etcétera, para producir una gran cantidad de fertilizantes específicos para diferentes plantas tales como rosas, rododendros y cualesquiera otras flores, verduras, hierbas, así como también productos tales como arena para gatos. Además, pueden hacerse ajustes de acuerdo con el área geográfica en la cual se va a aplicar el producto, para variar, por ejemplo, los nutrientes que pueden estar inherentemente o de cualquier otra manera faltantes en la ubicación. Los ejemplos de dichas variaciones incluyen la adición de calcio, potasio o fósforo en diferentes cantidades. Los fertilizantes de liberación lenta son la modalidad preferida de esta invención.

En otra modalidad preferida, el material parcialmente seco se inyecta directamente en un secador de lecho fluido vertical para producir gránulos secos en una sola etapa.

El secado normal para el secado final se lleva a cabo mediante el uso de un secador de lecho fluido horizontal o un secador de tambor rotatorio. Los pelets o gránulos secos que tienen más del 90 por ciento de sólidos y, preferentemente, más del 95 por ciento de sólidos y con mayor preferencia, más del 98 por ciento y aún con mayor preferencia, más del 99 por ciento de sólidos, se clasifican después mediante una o más mallas. El tamaño de especificación puede variar en dependencia de los requisitos del cliente, sin embargo, el intervalo de producto adecuado para la venta está entre 0,5 mm y 3,5 mm, con el intervalo comercial para fertilizantes de tamaño normal entre 2 mm y 3 mm. Además, la presente invención puede fabricar un producto de tamaño mínimo adecuado para su uso en aplicaciones de campos de golf que varían de 0,5 mm a 1,3 mm. El material del tamaño apropiado se separa, y después se recubre y se enfría en un aparato, preferentemente, un tambor giratorio, a menos de 140 °F (60 °C), preferentemente, a menos de 130 °F (54,4 °C) y, con mayor preferencia, a menos de 120 °F (48,9 °C). El recubrimiento del pelet o gránulo se produce de manera óptima en el mismo recipiente que el enfriamiento, generalmente un aparato de tambor giratorio que usa aire ambiente o aire enfriado como el de un enfriador de evaporación de amoníaco. El recubrimiento puede producirse en un recipiente de recubrimiento específicamente para ese propósito antes de ingresar al recipiente de enfriamiento. El recubrimiento es con un eliminador de polvo o material de glaseado que minimiza la generación de polvo durante el transporte, el almacenamiento y la aplicación. Después, el pelet o gránulo terminado se transporta al almacenamiento como fertilizante de amonio inorgánico aumentado con material bioorgánico con alto contenido de nitrógeno terminado hasta el envío desde el sitio de fabricación. Los pelets o gránulos secos y recubiertos apropiadamente tienen una dureza de más de 5 libras de resistencia al aplastamiento para resistir la formación de polvo y el manejo durante el transporte, el envío y la aplicación. El recubrimiento desempolvante o el material de recubrimiento a menudo requieren una temperatura más alta, a menudo 180 °F (82,2 °C), para mantener una condición de fundido para la aplicación en el aparato de recubrimiento.

La instalación de almacenamiento de gránulos o el almacén, que generalmente incorpora contenedores o silos para contener los gránulos, debe estar seco para evitar la aglomeración de los gránulos que conduce a la degradación y destrucción. El producto terminado es después de la fabricación un fertilizante estéril que no tiene una cantidad sustancialmente detectable de microorganismos viables, tales como E. coli o estreptococos, dañinos para animales o humanos. Sustancialmente sin microorganismos viables significa que el fertilizante no es tóxico y no tiene una cantidad detectable o una cantidad detectable muy por debajo de un umbral para el manejo y uso seguro de los microorganismos procedentes de los biosólidos. Aunque el fertilizante se vuelve estéril durante la fabricación, puede esperarse la contaminación por microorganismos transportados por el aire o de microorganismos depositados por animales u otra contaminación durante el almacenamiento o uso. En cualquier caso, debido a que el producto fertilizante es seco y predominantemente sales de amonio inorgánicas, no sustentarán la multiplicación de microorganismos a una tasa que conduciría a un problema de salud pública.

Durante las operaciones normales, será necesaria la parada periódica del equipamiento de la planta para inspección, reparación o reemplazo. Esto se hace en diferentes grados en dependencia de situaciones específicas. En una modalidad, las paradas son automáticas como en una secuencia de comandos automatizada proporcionada por el procesador de control de la planta; en otra modalidad, las paradas se llevan a cabo manualmente.

Si es necesaria una parada limitada del proceso para una sola pieza del equipo, el flujo de biosólidos en el recipiente del reactor se detendría y la unidad vaciaría la mayor cantidad posible del material de mezcla contenido en el mezclador de paletas. En esta situación, se bloquea la entrada de agua del proceso al recipiente a presión el cual continúa en ejecución y se vacía a través de su descarga normal. Después de que la mezcla de fertilizante cae más abajo del punto de descarga normal, una válvula desviadora en la descarga se cierra lo que sella la descarga normal del recipiente a presión. Después, la válvula de desviación en la parte inferior del recipiente a presión se desplaza, lo que permite que el aire comprimido que ingresa en el espacio de cabeza del recipiente a presión fuerce el material restante hacia la línea de mezcla de fertilizante de retorno. Si se necesita más limpieza, después se inyecta agua de proceso en el recipiente a presión seguido de aire comprimido para purgar el agua. La limpieza del mezclador de paletas que sigue al recipiente a presión, el granulador, el secador y todo el equipamiento subsecuente se realiza al hacerlos funcionar hasta que los recipientes se vacían.

El fertilizante de la presente invención se ajusta químicamente, preferentemente, para adecuarse a las necesidades de

requerimiento de fertilizantes con alto contenido de nitrógeno que contienen cantidades significativas de fosfato, azufre y hierro para mejorar el contenido de nitrógeno (N) objetivo de entre 8 % en peso y 18 por ciento en peso y, preferentemente, 16 % en peso, lo que permite una valoración comercial significativa.

5 En una modificación de la modalidad preferida, pueden añadirse otros dos materiales oxidativos al recipiente a presión. El peróxido de hidrógeno líquido a una concentración del 25 al 50 por ciento se añade mediante el control de una bomba a entre el 1 por ciento y el 5 por ciento de la tasa de suministro de biosólidos al recipiente a presión. Además, el hipoclorito de calcio, un sólido, puede suministrarse mediante un transportador de tornillo a un mezclador de paletas de pulverización y después a un puerto de aditivos a una tasa igual a entre el 1 por ciento y el 5 por ciento del volumen de biosólidos que
10 entran en el recipiente a presión. Un agente de control de olores adicional, óxido de hierro, Fe_3O_4 , también conocido como magnetita, un sólido, se añade, preferentemente, mediante el uso de un transportador de tornillo a una tasa a un mezclador de paletas para pulverizar y convertir en polvo estos aditivos antes de la adición al mezclador de paletas. El uso del mezclador ayuda a optimizar estos materiales sólidos para el contacto con las moléculas odorantes presentes en los biosólidos. El hierro que se añade aquí no solo sirve como un agente adicional para el control del olor, sino también como
15 un nutriente para las plantas que mejora la utilidad y el valor del producto fertilizante terminado.

En otra modalidad de la presente invención, el proceso es básicamente como se describió para las modalidades anteriores, excepto que se forma una sal de amonio completa sin exceso de ácido restante en el recipiente a presión o de hidrólisis. Esto elimina entonces la necesidad de rociar amoniacado en el mezclador o mezclador de paletas y/o el
20 granulador.

El rociado de amoniacado mediante el uso de amoniacado vaporizado puede llevarse a cabo en la mezcladora o mezclador de paletas y/o en el granulador para completar la amoniacación, el control del pH y la creación del fertilizante de sal de amoniacado.
25

Otra modalidad de la presente invención se ejecuta como cualquiera de las modalidades anteriores, excepto que, en lugar de un biosólido orgánico deshidratado, se recibe para procesarse un biosólido seco, pelets, pelets orgánicos secos o biosólidos. El agua puede o no añadirse a los materiales de partida, los cuales pueden tener entre 12-40 por ciento de sólidos o, preferentemente, de 18-30 por ciento de sólidos. La sequedad preferida de esta modalidad es superior al 90 %
30 en peso de sólidos, recibido generalmente como un pelet de biosólidos secado con calor fabricado en una planta municipal de tratamiento de aguas residuales. Este pelet o gránulo seco contiene generalmente menos de 6 % en peso de nitrógeno y más comúnmente, menos de 4 % en peso de nitrógeno, y por lo tanto no es deseable en el sistema comercial de distribución de fertilizantes. Esta modalidad enseña la conversión de tales pelets o gránulos secos con bajo contenido de nitrógeno en un fertilizante de amonio inorgánico aumentado orgánicamente con alto contenido de nitrógeno. Los pelets o gránulos secos recibidos se muelen hasta obtener un polvo para facilitar la producción de un material similar a una pasta que puede bombearse, mediante el uso de una combinación de un agente de oxidación, un ácido y, si es necesario, la adición de vapor o agua, o agua condensada proveniente de etapas posteriores en el proceso.
35

Otras modalidades y usos de la invención resultarán evidentes para los expertos en la materia a partir de la consideración de la descripción y la práctica de la invención descrita en la presente descripción.
40

REIVINDICACIONES

1. Un método para el tratamiento continuo de biosólidos que comprende:
 - 5 formar una pasta acidificada de biosólidos deshidratados y uno o más ácidos dentro de un recipiente a presión, de manera que el recipiente a presión mantiene un espacio de cabeza por encima de la pasta acidificada, y en donde el espacio de cabeza tiene una presión predeterminada; añadir amoníaco al recipiente a presión para combinar con la pasta acidificada y para formar una mezcla de reacción exotérmica;
 - 10 someter la mezcla a una temperatura y presión en el recipiente durante un tiempo de retención, en donde el aumento de temperatura en la mezcla excede los 85 °C y/o el aumento de presión en el espacio de cabeza por encima de la mezcla excede 138 kPa (20 psig), y en donde la temperatura y el contenido de humedad de la mezcla se controlan al ajustar la presión del espacio de cabeza;
 - 15 retirar la mezcla del recipiente a presión; y
secar la mezcla extraída para formar biosólidos tratados y secos.

2. Un método como se reivindicó en la reivindicación 1, en donde los biosólidos comprenden uno o más de biosólidos municipales, biosólidos secados con calor, desechos de fermentación farmacéutica, digestos microbianos de productos orgánicos, productos alimenticios, subproductos alimenticios, estiércol animal, abono animal digerido, biosólidos orgánicos, biosólidos que contienen microorganismos, o sus combinaciones.

3. Un método como se reivindicó en la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en donde el uno o más ácidos comprenden al menos ácido fosfórico a una concentración de 50 % o más; y/o en donde el contenido de fosfato de la mezcla seca es de 0,5 % a 4 %.

4. Un método como se reivindicó en la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en donde el uno o más ácidos comprenden al menos ácido sulfúrico.

- 30 5. Un método como se reivindicó en cualquier reivindicación anterior, en donde el amoníaco comprende amoníaco anhidro o acuoso.

6. Un método como se reivindicó en cualquier reivindicación anterior, en donde la reacción exotérmica tiene lugar sin calentamiento externo.

- 35 7. Un método como se reivindicó en cualquier reivindicación anterior, en donde la mezcla se mantiene a una temperatura de 110 °C (230 °F) o superior.

- 40 8. Un método como se reivindicó en cualquier reivindicación anterior, que comprende además añadir uno o más ferratos o uno o más agentes oxidantes a la mezcla; opcionalmente
 - (a) en donde el uno o más ferratos se seleccionan del grupo que consiste en un ferrato de calcio, un ferrato de sodio, un ferrato de potasio, sulfato ferroso heptahidratado y sus combinaciones;
 - 45 (b) en donde el uno o más ferratos se forman a partir de la reacción de un hidróxido de sodio en estado sólido con hipoclorito de sodio y cloruro férrico; o
 - (c) en donde el uno o más agentes oxidantes se seleccionan del grupo que consiste en peróxido de hidrógeno, hipoclorito de calcio, hipoclorito de sodio, hipoclorito de potasio, dióxido de cloro, ozono, oxígeno y sus combinaciones.

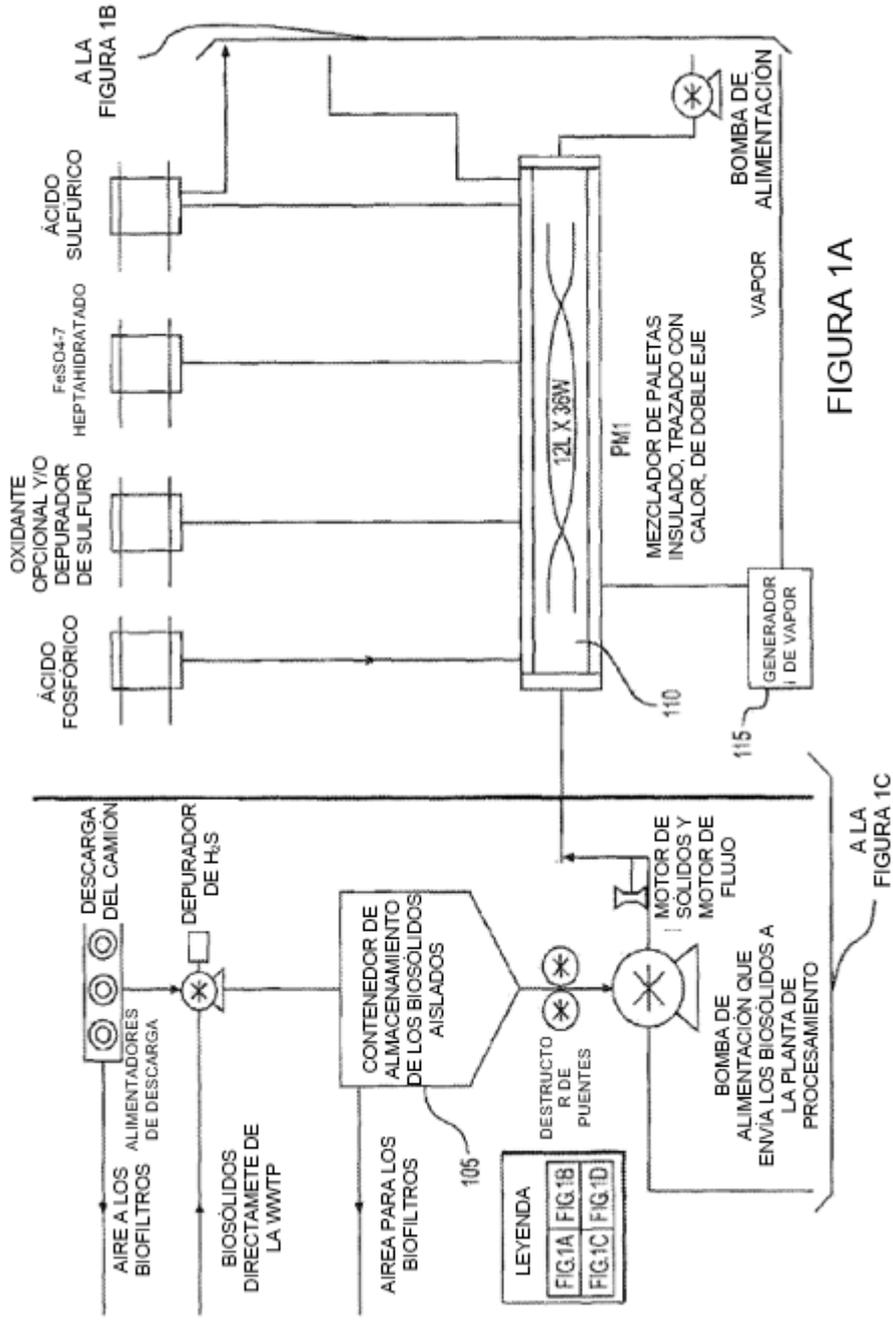
- 50 9. Un método como se reivindicó en cualquier reivindicación anterior, en donde el material orgánico en los biosólidos tratados y secos se hidroliza, desnaturaliza o esteriliza; preferentemente, en donde el material orgánico se selecciona del grupo que consiste en uno o más de compuestos farmacéuticos, antibióticos, hormonas, moléculas similares a hormonas, compuestos biológicamente activos, macromoléculas, carbohidratos, ácidos nucleicos, grasas, lípidos, proteínas y sus combinaciones.

- 55 10. Un método como se reivindicó en cualquier reivindicación anterior, en donde el contenido de nitrógeno de la mezcla seca se potencia con amoníaco acuoso que se añade al recipiente a presión.

- 60 11. Un método como se reivindicó en cualquier reivindicación anterior, que comprende además
 - (a) añadir un agente de granulación a la mezcla antes de secar para formar una mezcla seca y granulada; que comprende además, preferentemente, triturar la mezcla seca y granulada; y/o
 - (b) pasar la mezcla seca y granulada a través de una o más mallas para aislar gránulos de un tamaño predeterminado; y/o
 - 65 (c) recubrir los gránulos secos con un agente de recubrimiento; preferentemente, en donde el agente de recubrimiento se aplica a los gránulos dentro de un aparato de enfriamiento; y/o

(d) enfriar la mezcla seca y granulada en un aparato de enfriamiento a una temperatura de 60 °C (140 °F) o menos; en donde, preferentemente, el aparato de enfriamiento es un lecho fluido, un enfriador de amoníaco o un tambor giratorio.

- 5 12. Un método como se reivindicó en cualquier reivindicación anterior, que comprende además hacer pasar la mezcla de reacción a través de un segundo recipiente a presión.
13. Un método como se reivindicó en cualquier reivindicación anterior, que comprende además
- 10 (a) añadir uno o más nutrientes vegetales a la mezcla en el recipiente a presión; preferentemente, en donde uno o más nutrientes vegetales se seleccionan del grupo que consiste en urea, nitrato de amonio, sulfato de amonio, fosfato de monoamonio, fosfato de diamonio, urea, nitrato de amonio, urea líquida, potasa, óxido de hierro, hierro soluble, hierro quelado y sus combinaciones; y/o
- 15 (b) añadir uno o más agentes endurecedores a la mezcla; preferentemente, en donde el uno o más agentes endurecedores se seleccionan del grupo que consiste en óxidos férricos, alumbre, arcilla de atapulgita, melaza industrial, lignina, lignosulfonato, polímero urea-formaldehído y sus combinaciones.



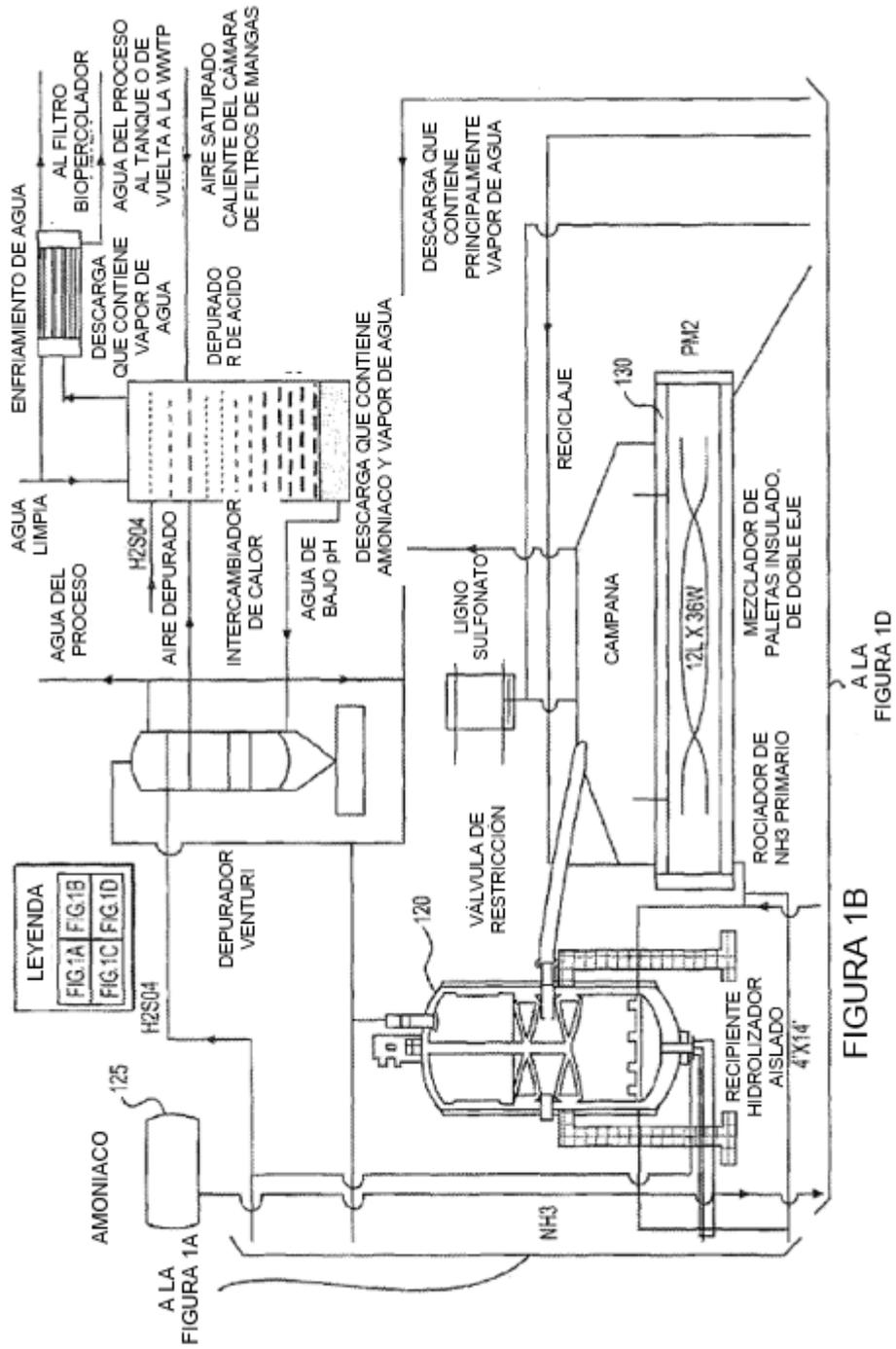
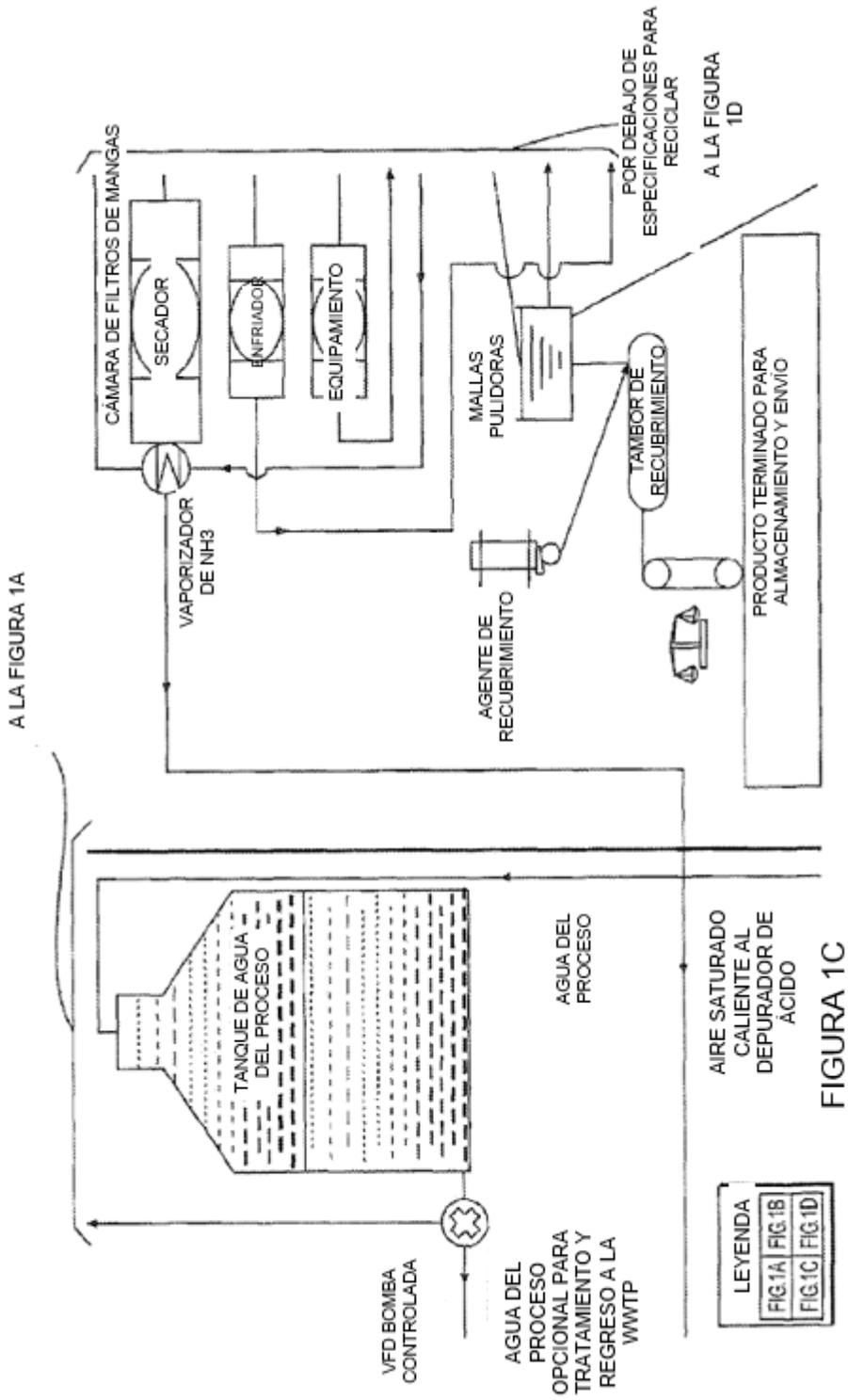
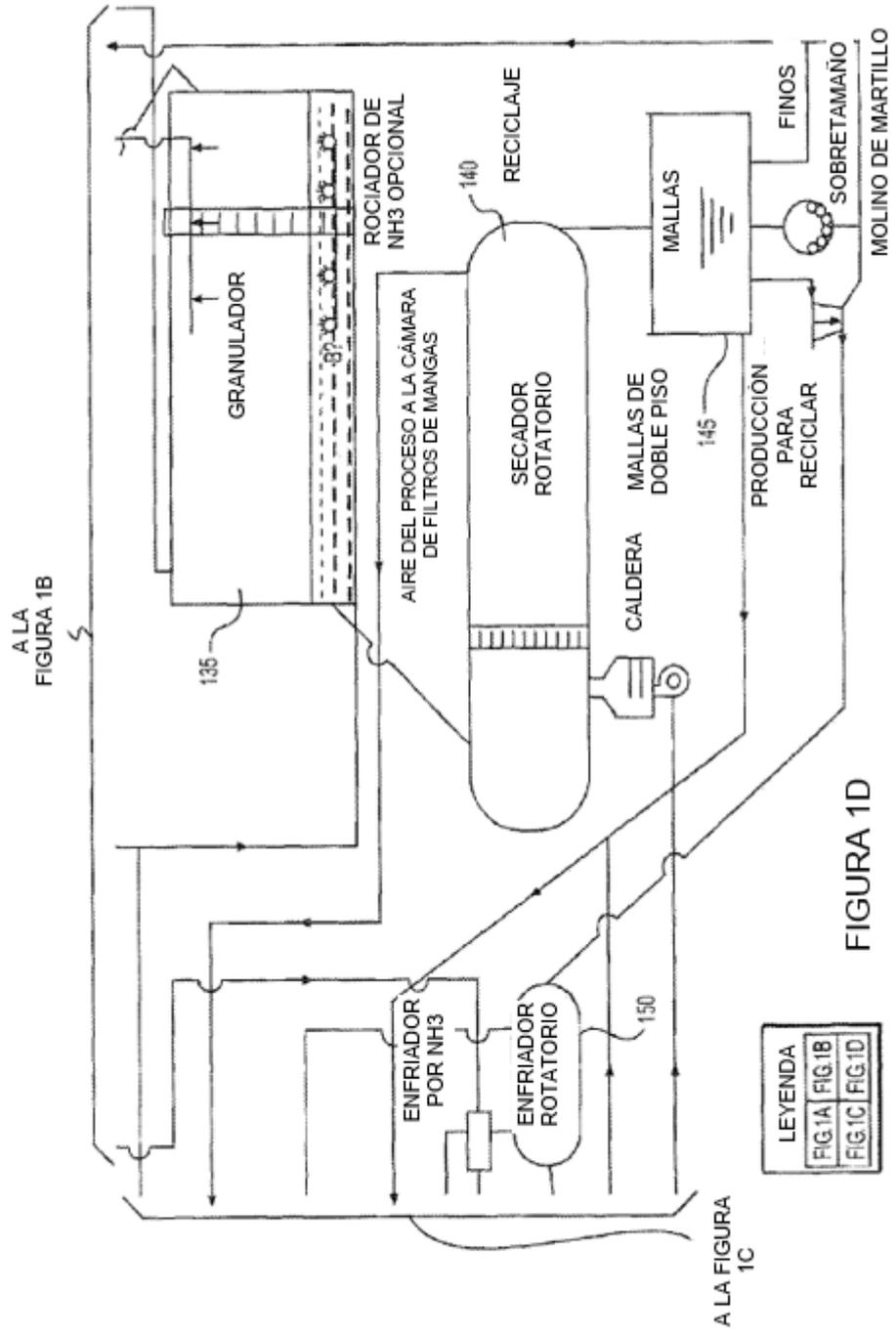


FIGURA 1B

A LA FIGURA 1D





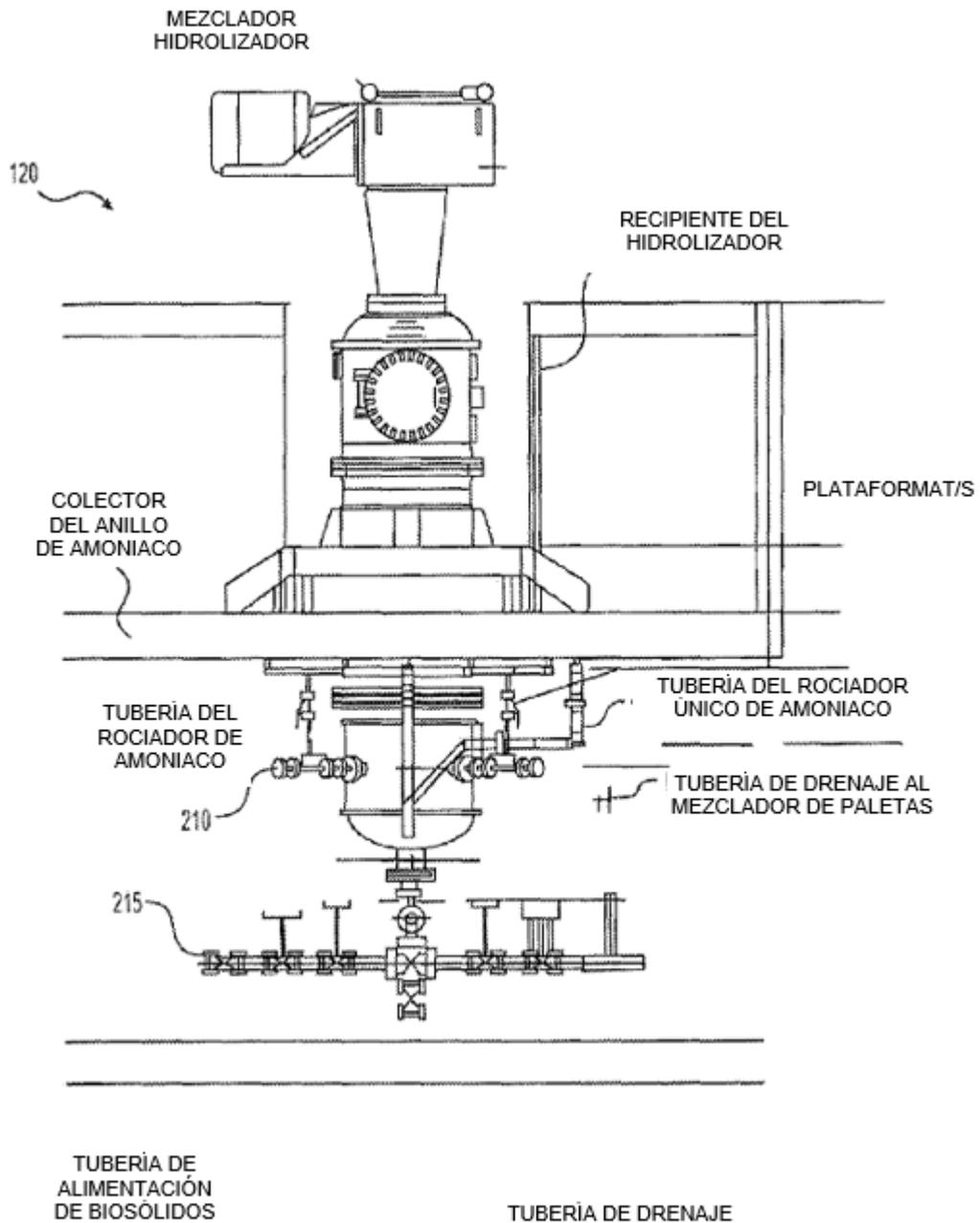


FIGURA 2

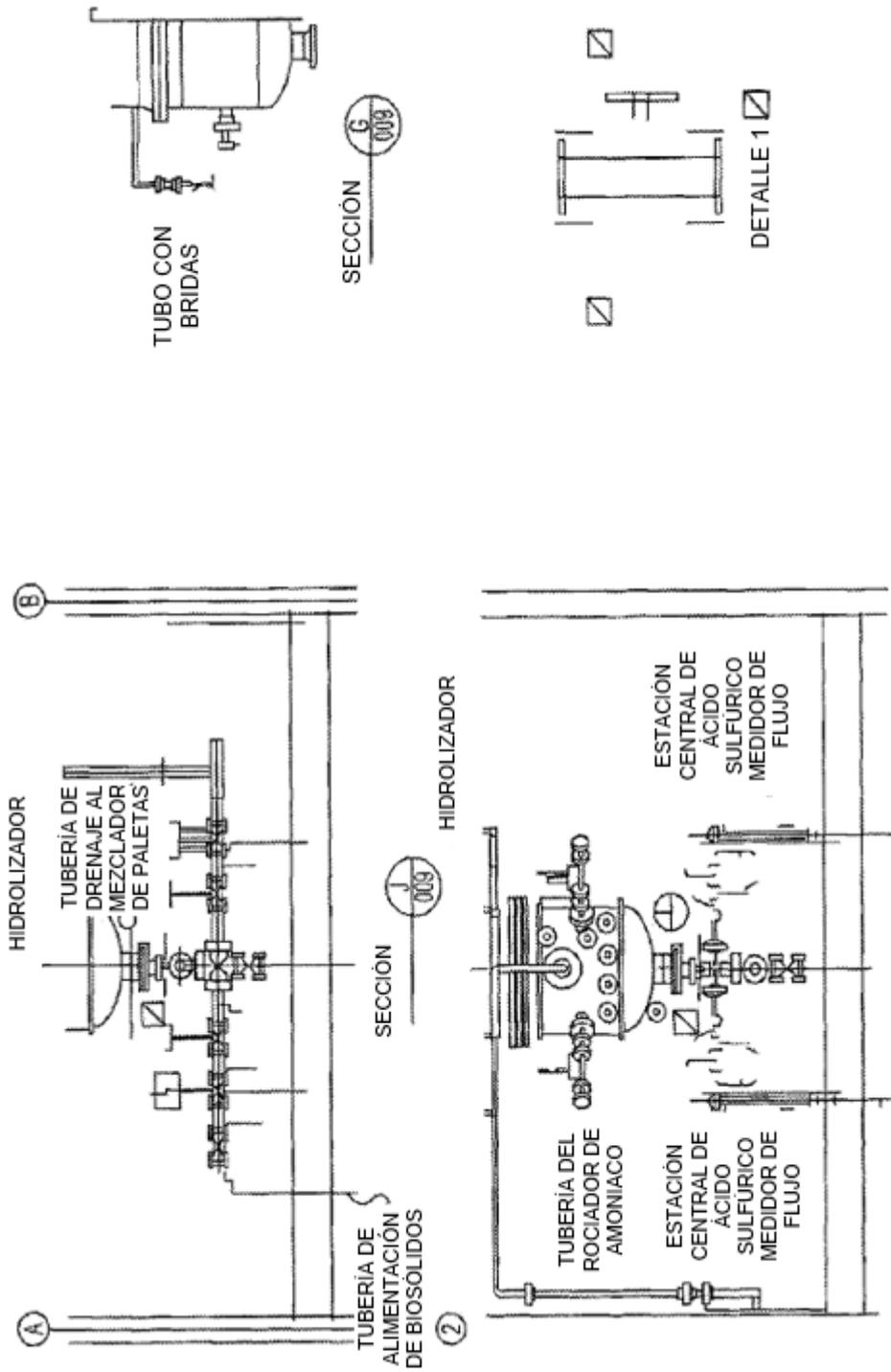
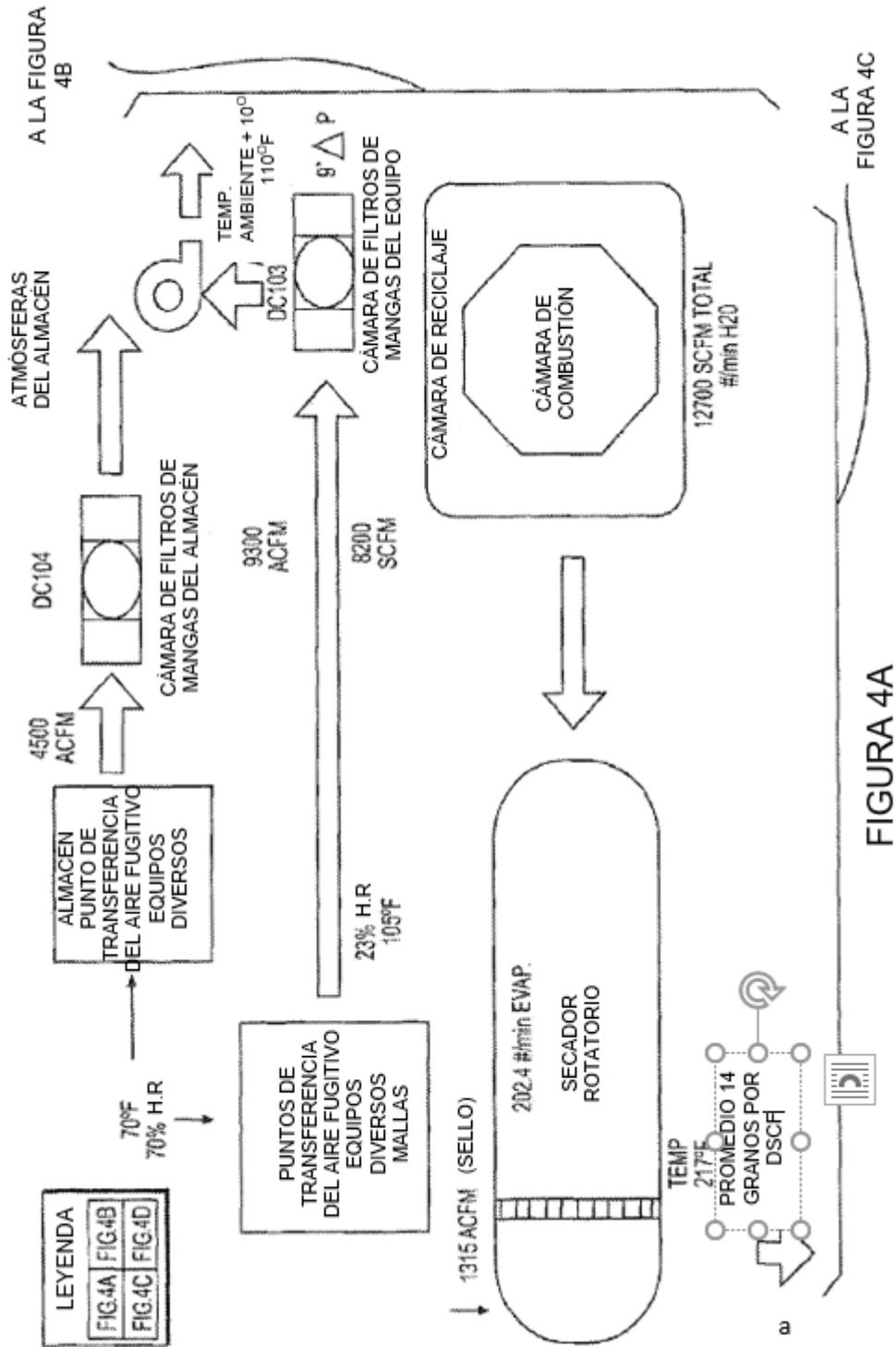
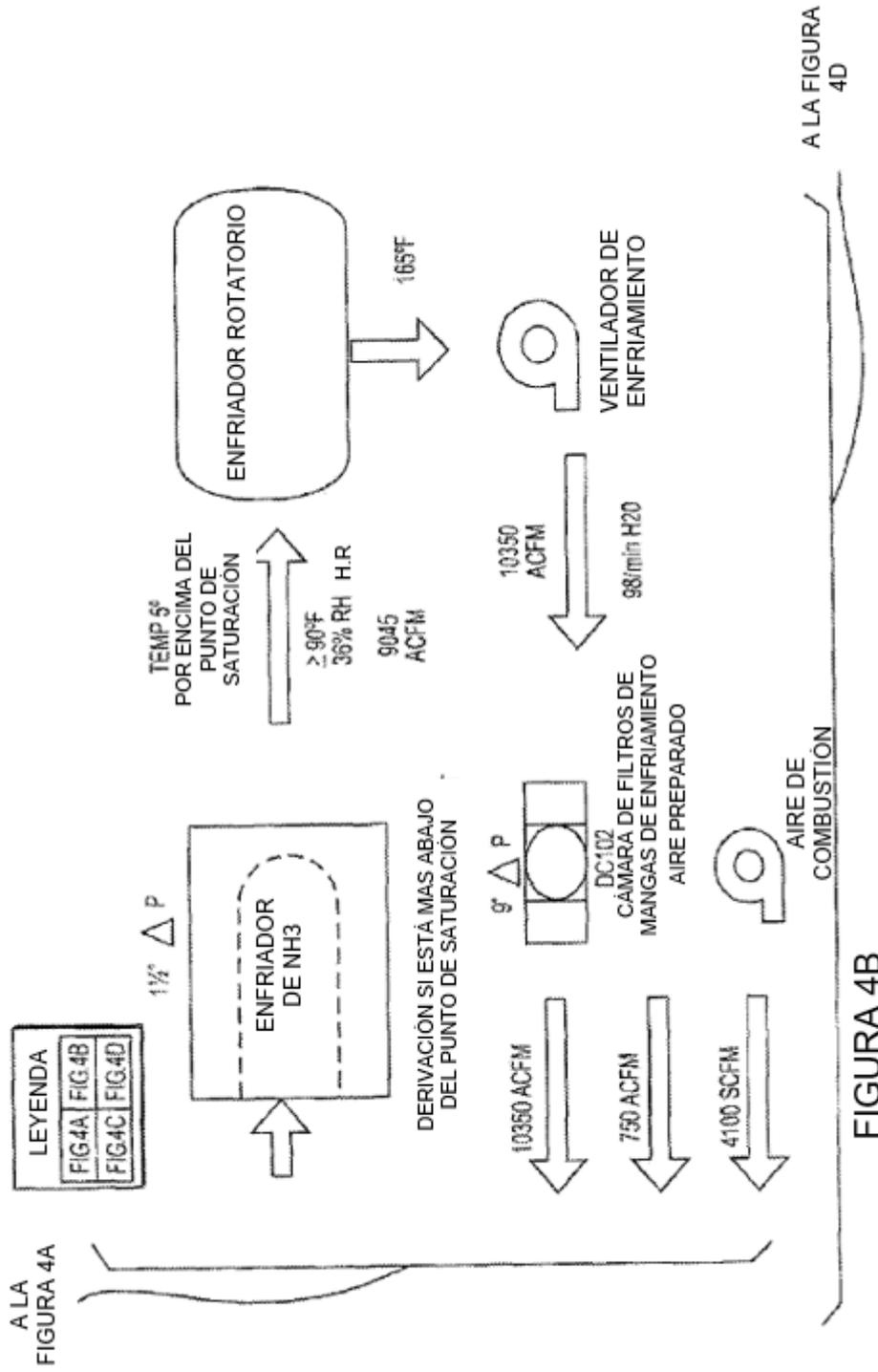


FIGURA 3





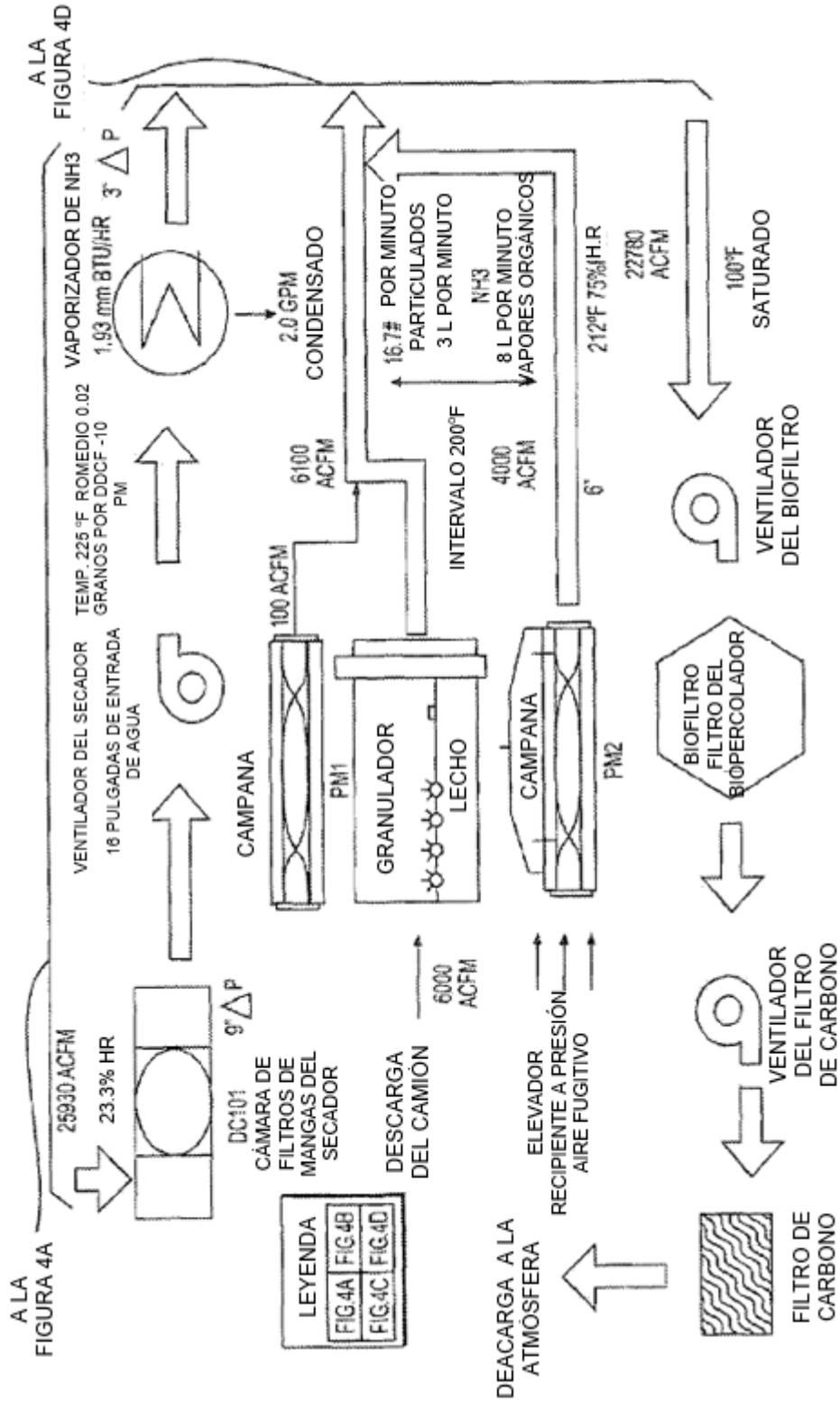


FIGURA 4C

