

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 384 832**

51 Int. Cl.:  
**C05F 7/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **98922141 .1**
- 96 Fecha de presentación: **07.05.1998**
- 97 Número de publicación de la solicitud: **1034152**
- 97 Fecha de publicación de la solicitud: **13.09.2000**

54 Título: **Reciclado de lodos de aguas residuales con un reactor tubular en cruz**

30 Prioridad:  
**07.05.1997 US 852663**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**12.07.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**12.07.2012**

73 Titular/es:  
**Unity Fertilizer LLC  
2001 Jackson Rd.  
Pasadena TX 77506, US**

72 Inventor/es:  
**GREER, Gary D. y  
DAHMS, Gary L.**

74 Agente/Representante:  
**Durán Moya, Luis Alfonso**

**ES 2 384 832 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

Reciclado de lodos de aguas residuales con un reactor tubular en cruz

5 **Sector técnico:** La presente invención se refiere en general a un método de tratamiento de material orgánico para crear un fertilizante. Más específicamente, la presente invención se refiere al tratamiento de material orgánico, tal como lodos de aguas residuales, con un ácido y una base en un reactor tubular en cruz.

10 **Antecedentes de la técnica:** La eliminación de los lodos de aguas residuales es un problema. Entre los métodos actuales de eliminación de lodos de aguas residuales se incluyen la incineración, el vertido directo terrestre o marino, calentamiento y secado de los lodos para la esterilización y posterior vertido terrestre, depósito en un vertedero, o granulado con un granulador rotatorio estándar, con calentamiento y secado proporcionados por fuentes de calor exógenas (por ejemplo, mediante la combustión de combustible comprado). Aunque algunos de estos métodos dan como resultado lo que se denomina "fertilizante", este fertilizante es de análisis relativamente bajo con respecto a su "valor nutriente para las plantas".

15 Los métodos de expresión de un "valor nutriente para las plantas" de un fertilizante implican la identificación del valor "NPK" del fertilizante, en el que N se refiere a la cantidad de nitrógeno, P se refiere a la cantidad de fósforo (expresado como  $P_2O_5$ ) y K se refiere a la cantidad de potasio (expresado como  $K_2O$ ). De este modo, tal como se ha descrito por Wilson en la patente de EE.UU. No. 3.050.383 (21 de agosto de 1962), lodos de aguas residuales con un valor 2,5-2,5-0 contienen un dos y medio por ciento de nitrógeno, un dos y medio por ciento de fósforo tal como  $P_2O_5$ , y cero por ciento de potasio tal como  $K_2O$ . Salvo que se indique lo contrario por su utilización, todos los valores porcentuales utilizados en la presente memoria descriptiva son porcentajes basados en peso (es decir, p/p).

25 Afortunadamente, existen métodos para mejorar el valor nutriente de los residuos orgánicos con valores de análisis relativamente bajos. Por ejemplo, en la patente de Wilson mencionada anteriormente (la totalidad del contenido de la cual se incorpora por esta referencia), se describe un método para el tratamiento de estiércol animal seco y lodos de aguas residuales con cantidades controladas de un ácido, tal como ácido sulfúrico, ácido fosfórico (o un compuesto equivalente de fósforo, cuya concentración se expresa como ácido fosfórico), o mezclas de los mismos, y una solución amoniacal acuosa, tal como amoníaco acuoso o soluciones de sales que contienen nitrógeno amoniacal y procesamiento de la masa de reacción resultante para formar gránulos de fertilizante que tienen un valor nutriente para las plantas "aumentado" o "mejorado".

35 El documento EP 770586 da a conocer un proceso de tratamiento de material residual orgánico con valores de análisis bajos, en el que una suspensión que contiene el material fluye desde un contenedor a un reactor tubular. En el camino hacia el reactor tubular, la suspensión se mezcla con ácido. En el reactor tubular se añade una base a la mezcla de la suspensión y el ácido. La mezcla resultante reacciona en el reactor tubular para generar una temperatura elevada de, típicamente, 200 grados centígrados. La reacción produce vapor de agua, lo que fuerza la salida del material del reactor hacia una cámara de separación, en la que los productos de reacción se separan en una fase gaseosa que comprende principalmente vapor de agua y una fase fluida que contienen los productos de reacción remanentes. Desde la cámara de separación, los productos de reacción remanentes se alimentan a un granulador separado. En el documento EP 770586 las fases gaseosa y fluida no se separan una de la otra antes de la etapa de granulación. El documento EP 770586 requiere tuberías adicionales, mezcladores y el movimiento de material para lograr la granulación. Tiene que utilizarse una mezcla a una temperatura elevada (entre 150° y 240° centígrados, por lo general, 200°) en el reactor para asegurar que una gran parte del agua se evapora ya en el reactor.

45 El reactor del documento EP 770586 tiene sólo una entrada transversal al eje principal del reactor tubular y no tiene entradas opuestas entre sí. Esto limita las posibilidades de mezcla de los reactivos y con frecuencia requiere de una etapa de premezclado. El ácido se añade a la suspensión antes de la mezcla de la suspensión e introduce el ácido en el reactor a lo largo del eje principal. El reactor tubular requiere del premezclado de los dos ácidos. Los ejemplos del documento EP 770586 dan a conocer únicamente la adición de un único ácido. Se utiliza una cámara de separación.

55 La patente de EE.UU. No. 4.134.750 da a conocer un proceso para la producción de fertilizantes a partir de los ácidos fosfórico y sulfúrico, amoníaco anhidro y urea. Se da a conocer un reactor tubular en cruz único, especialmente diseñado con el fin de producir una masa fundida o suspensión homogénea de bajo contenido de humedad a partir de los reactivos y, de este modo, elimina la necesidad de un neutralizador previo. Además, debido al bajo contenido de humedad de la masa fundida o suspensión, el reactor tubular en cruz elimina la necesidad de un secador.

60 Se han descrito además otros métodos para mejorar el valor nutriente para las plantas de material residual orgánico con valores de análisis relativamente bajos con ácidos, bases o mezclas de los mismos. Véanse, por ejemplo, la patente de EE.UU. No. 4.743.287 (10 de mayo de 1988) de Robinson, publicación defensiva de EE.UU. T955.002 (1 de febrero, 1977) de Norton y otros, patente de EE.UU. No. 5.466.273 (14 de noviembre, 1995), de Connell, patente de EE.UU. No. 5.125.951 (30 de junio, 1992) de Lahoda y otros, patente de EE.UU. No. 5.118.337 (2 de junio,

1992), patente de EE.UU. No. 5.393.317 (28 de febrero, 1995) de Robinson y la patente de EE.UU. No. 5.422.015 (6 de junio, 1995) de Angell y otros.

5 Un inconveniente adicional de los lodos tratados de maneras convencionales (por ejemplo, mediante secado y tamizado) es que generalmente tienen un tamaño y forma insuficientes para dispersarse por los aspersores agrícolas de fertilizante utilizados de forma común y no se pueden utilizar en los aspersores neumáticos más recientes.

10 Sería una mejora de la técnica si existiera un proceso relativamente simple para el procesamiento de materiales residuales orgánicos con valores de análisis relativamente bajos a una composición de valor nutriente para las plantas mejorado, especialmente si dicho proceso genera un producto que es capaz de dispersarse mediante aspersores comercialmente disponibles en la actualidad.

### 15 **CARACTERÍSTICAS DE LA INVENCION**

La presente invención incluye un proceso mejorado para aumentar el valor nutriente para las plantas de material residual con valores de análisis relativamente bajos, tal como lodos de aguas residuales. La mejora comprende tratar exotérmicamente el material residual orgánico con valores de análisis relativamente bajos con un ácido y una base en un reactor tubular en cruz.

20 Más particularmente, el proceso mejorado implica mezclar el material residual orgánico con valores de análisis relativamente bajos con agua para formar una suspensión (o tener el material residual como una suspensión acuosa); bombear la suspensión a un reactor tubular en cruz para la reacción con una base, ácido y agua para formar una masa fundida; pulverizar la masa fundida sobre un lecho de reciclaje de finos y evaporar súbitamente el agua contenida en la masa fundida en forma de vapor. La masa fundida a continuación es laminada sobre un sustrato tal como partículas finas recicladas en un granulador para formar partículas granuladas, haciendo que las partículas granuladas crezcan en tamaño (por ejemplo, para formar gránulos). A continuación, estas partículas granuladas se secan (por ejemplo, con un secador rotatorio) para reducir su contenido de humedad y formar una composición valor nutriente para las plantas mejorado (por ejemplo, un fertilizante o acondicionador de suelo que tiene un valor de NPK mayor que el material residual orgánico original con valores de análisis relativamente bajos).

25 Generalmente, el proceso incluirá además hacer pasar las partículas granuladas secas a un aparato de separación y separar el material granulado seco en finos, producto y material de tamaño excesivo, e incluye además el moler el material de tamaño excesivo y la devolución de los finos y el material de tamaño excesivo hacia el granulador para su utilización como un sustrato granular.

30 La presente invención incluye además un fertilizante producido de acuerdo con el proceso mejorado. Los fertilizantes producidos mediante la presente invención son del mismo tamaño y forma y densidad que los fertilizantes utilizados de forma común.

35 Una ventaja del método es que utiliza el calor generado por la reacción ácido-base exotérmica en el reactor tubular en cruz para eliminar, aproximadamente, el 80% del agua de los lodos, ahorrando de este modo grandes cantidades de energía utilizadas normalmente en los métodos de secado o combustión convencionales, mientras que, al mismo tiempo, se conservan los valores intrínsecos de los nutrientes y humatos contenidos en el lodo. El método además manipula el material procesado en forma de suspensión, evitando de este modo la molestia del transporte y la manipulación de materiales secos o sólidos. El método además alcanza altas temperaturas, lo que ayuda en la destrucción de patógenos.

40 En una realización, el proceso incluye un método de eliminación de ácido residual procedente de un proceso de galvanización por inmersión en caliente o un proceso de decapado de acero que comprende incorporar el ácido residual para mantener bajo el pH de un lavador venturi utilizado en el proceso mejorado que produce de este modo un fertilizante enriquecido con micronutrientes.

### 45 **BREVE DESCRIPCION DE LAS FIGURAS**

50 La figura 1 es un diagrama de flujo del proceso, que muestra un proceso de acuerdo con la presente invención. La figura 2 es una vista estilizada de un reactor tubular en cruz para su utilización con la presente invención. La figura 3 es una vista en perspectiva de sección parcial de un reactor tubular en cruz en un granulador-amonizador rotatorio para su utilización en la práctica de la presente invención. La figura 4 es una vista estilizada desde un extremo de un lecho rotatorio de los materiales en un granulador para su utilización con la presente invención.

### 55 **MEJOR MANERA DE LLEVAR A CABO LA INVENCION**

60 Tal como se muestra en la figura 1, un proceso mejorado para aumentar el valor nutriente para las plantas de material residual orgánico generalmente implica mezclar el material residual orgánico con agua en un tanque de

agitación o tanque de lodos en suspensión -10- para formar una suspensión. El agua utilizada en la fabricación de la suspensión incluye preferentemente agua de lavado de los lavadores -22- descritos más adelante, que incluyen ácido residual. La suspensión se mezcla a una concentración y consistencia suficiente a la que se procesará óptimamente el material residual orgánico tan rápidamente como sea posible, pero sin obstruir o bloquear el reactor tubular en cruz -12- durante la operación. Por supuesto, las concentraciones y consistencias del lodo particulares dependerán, en cierta medida, del tamaño y la cantidad de material en partículas insoluble contenido en el material residual orgánico particular, y del tamaño y la longitud de los componentes del reactor tubular en cruz.

La suspensión se bombea desde el tanque de agitación -10- a un reactor tubular en cruz -12- para una reacción exotérmica con, por ejemplo, una base tal como amoníaco, y un ácido o ácidos tales como ácido sulfúrico, ácido fosfórico, y mezclas de los mismos, con o sin agua adicional para formar una masa fundida.

Son bien conocidos los reactores tubulares en cruz, y se han utilizado en el pasado para producir fertilizantes NPKS granulares a partir de productos químicos líquidos. Véanse, por ejemplo, La producción de fertilizantes energéticamente eficiente con el reactor tubular en cruz, (Departamento de Energía de EE.UU., 1982) (un reactor tubular en forma de cruz colocado en el tambor granulador de un sistema de amonización-granulación convencional); Achorn y otros, "Optimización de la utilización de la energía en la producción de fertilizante de fosfato amónico granular" ("Optimizing Use of Energy in the Production of Granular Ammonium Phosphate Fertilizer") (Conferencia Técnica de la ISMA, 1982, Pallini Beach, Grecia; British Sulfur Corp. Ltd., "TVA modifica su reactor tubular para mayor versatilidad" ("TVA modifies its pipe reactor for increased versatility"), Phosphorus & Potassium, No.90, págs. 25-30 (1977); Achorn y otros, "Utilización eficiente de la energía en la producción de fertilizantes de fosfato amónico granulares y fluidos" ("Efficient Use of Energy in Production of Granular and Fluid Ammonium Phosphate Fertilizers" (Seminario de la Asociación de Fertilización de la India, 1982, Nueva Delhi, India); Salladay y otros "Comercialización del reactor tubular en cruz TVA en plantas de granulación regionales de NPKS y de DAP en los Estados Unidos" (Seminario de la Asociación de Fertilización de la India 1980, Nueva Delhi, India), Patente de EE.UU.No. 4.619.684 (28 de octubre, 1986) de Salladay y otros; Patente de EE.UU. No. 4.377.406 (22 de marzo 1983) de Achorn y otros; Patente de EE.UU. No. 4.134.750 (16 de enero de 1979) de Norton y otros; Publicación defensiva de EE.UU. T969.002 (4 de abril, 1978) de Norton y otros, y Salladay y otros "Situación de las plantas de amonización-granulación de NPKS y reactores tubulares en cruz TVA" ("Status of NPKS Ammoniation-Granulation Plants and TVA Pipe-cross Reactor") (Mesa Redonda de la Industria de los Fertilizantes 1980, Atlanta, GA, EE.UU.).

Las cantidades de ácido y la base utilizados en el proceso exotérmico se pueden determinar por un experto en la técnica. Sin embargo, como orientación, en la neutralización del amoníaco se utiliza, aproximadamente, un mol de ácido sulfúrico, o de compuestos fosfóricos, expresado en ácido fosfórico, por cada dos moles de amoníaco. En cuanto a la concentración de ácido fosfórico, la relaciones molares típicas de N:P en el reactor tubular en cruz están entre 1,3:1 a 1,8:1, preferentemente 1,4:1 y 1,5:1, teniendo en consideración el agua de dilución del ácido fosfórico de entre de cuarenta y dos a cuarenta y siete por ciento (42 a 47%) de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. La cantidad molar de nitrógeno debe tener en cuenta no sólo la cantidad de amoníaco que se agrega, sino además la cantidad típica de nitrógeno amoniacal contenido en el material residual orgánico en particular.

Entre otros ácidos que pueden ser utilizados con la presente invención se incluyen ácido nítrico, ácido clorhídrico, ácido acético, ácido cítrico y sus mezclas. Sin embargo, ciertas combinaciones (por ejemplo, ácido nítrico y un compuesto amónico que podría formar nitrato amónico, que puede ser explosivo) deben ser consideradas cuidadosamente antes de utilizarse. Cualquiera que sea el ácido o ácidos elegidos, preferentemente, la fuerza de uno de los ácidos utilizados en el proceso será equivalente a la del ácido sulfúrico al 90% (por ejemplo, 93 a 100 por ciento de ácido sulfúrico).

Tal como se muestra en la figura 2, el reactor tubular en cruz -12- está preferentemente dotado de dos tubos en cruz -26-, -28- para recibir ácido sulfúrico (a un caudal de, aproximadamente, 16,3 litros por minuto (4,3 galones por minuto)) y ácido fosfórico (a un caudal de, aproximadamente, 4,2 litros por minuto, (1,1 galones por minuto)). Una tercera tubería -30- incorpora el amoníaco en una tubería -32- de transporte de la suspensión. La longitud de esta tubería -32- debe ser de, como mínimo, 51 centímetros a 76 centímetros (veinte (20) pulgadas a treinta (30) pulgadas) para asegurar una mezcla adecuada. Un reactor tubular en cruz típico para su utilización en la presente invención tiene un diámetro de, aproximadamente, 7,6 centímetros a 25,4 centímetros (tres (3) pulgadas a diez (10) pulgadas), tiene, aproximadamente, 2,1 metros a 15,4 metros (siete (7) a, aproximadamente, cincuenta (50) pies) de largo, y termina en, por ejemplo, una tubería de descarga de 5 centímetros a 20 centímetros (dos (2) pulgadas a ocho (8) pulgadas) (o una ranura de área de sección transversal equivalente), preferentemente con un inserto de acero inoxidable o revestimiento de TEFLON<sup>TM</sup>. La tubería de descarga vierte preferentemente en un granulador de tambor giratorio -14- estándar. Éste se hace preferentemente de un tubo de acero (por ejemplo, HASTELLOY C-276 o acero inoxidable 316L (con HASTELLOY C o B para el tubo de reacción)). Se puede utilizar además un revestimiento de TEFLON<sup>TM</sup>, cerámico u otro recubrimiento resistente a la corrosión en el reactor tubular en cruz. Preferentemente, la temperatura se mantiene por debajo de 149°C (300°F).

El amoníaco se introduce en el sistema a una velocidad de, aproximadamente, 3,78 litros por minuto (4,3 galones por minuto). El material residual orgánico (por ejemplo, lodos de aguas residuales) y el agua se incorporan a una

velocidad de, aproximadamente, 114 litros por minuto a, aproximadamente, 151 litros por minuto (30 galones por minuto a, aproximadamente, 40 galones por minuto) de suspensión. El reactor tubular en cruz se opera típicamente a una presión manométrica de entre 103,425 Newton por metro cuadrado de calibre y 413.700 Newton por metro cuadrado de calibre (quince (15) y sesenta (60) psig).

5 Una "masa fundida caliente" se descarga desde la tubería del reactor tubular de cruz en el granulador -14-, mientras el agua se evapora instantáneamente del producto del reactor a medida que entra en el granulador -14-. El vapor se genera por la reacción exotérmica que tiene lugar en el reactor tubular en cruz -12-.

10 Un granulador preferente (conocido además de forma común como un "amonizador-granulador") es un tambor granulador giratorio con un diámetro de dos (2) a cuatro (4) metros (por ejemplo, de seis (6) a doce (12) pies) que tiene una longitud de, aproximadamente, cinco (5) a, aproximadamente, siete (7) metros. En el proceso descrito, el granulador -14- incluye un rociador de amoníaco -20- posicionado operativamente dentro del granulador -14- para la adición de pequeñas cantidades de amoníaco a la masa fundida, por ejemplo, para el control o el ajuste del pH del material granulado.

15 La masa fundida se enrolla sobre partículas finas recicladas dentro del granulador -14- para formar partículas granuladas, provocando de este modo que las partículas granuladas crezcan a un tamaño deseado. Después, estas partículas granuladas se hacen pasar a un secador rotatorio -16- durante una cantidad de tiempo suficiente para reducir su contenido de humedad, formando de este modo un fertilizante que tiene un valor nutriente para las plantas mejorado.

20 Un secador preferente para su utilización en la presente invención es un secador de tambor giratorio de dos (2) a tres (3) metros (por ejemplo, seis (6) a ocho (8) pies) de diámetro que tiene una longitud de, aproximadamente, quince (15) a, aproximadamente, diecisiete (17) metros, y tiene una capacidad de calentamiento de 30 a 45 millones de BTU/hora, con una trituradora de terrones en el extremo de descarga.

25 El proceso descrito incluye además pasar las partículas granuladas secas a un aparato de separación -18- y separar el material seco granulado en finos, producto y material de tamaño excesivo. El material de tamaño excesivo se reduce en tamaño para ser incorporado, como finos, en el proceso.

30 Los finos se devuelven al granulador -14- (junto con potasa o cualquier otro micronutriente necesario para el análisis deseado del producto final) para su incorporación en el proceso. El producto del proceso de separación se enfría preferentemente en un enfriador de producto (de dos (2) a tres (3) metros de diámetro, y de quince a diecisiete (17) metros de longitud) o un enfriador de tipo lecho fluido adecuado.

35 Durante el proceso, los humos procedentes del granulador -14- que contienen vapor, amoníaco y partículas se recogen manteniendo una presión negativa dentro del granulador -14- arrastrando los vapores a través de un lavador venturi -22- con agua de pH bajo como agua de lavado pulverizada en el estrechamiento del venturi.

40 Otros aspectos de un sistema de ventilación para su utilización en la presente invención incluyen preferentemente ventiladores (por ejemplo, los capaces de mover aproximadamente 1.669 metros cúbicos (60.000 pies cúbicos) por minuto de aire), ciclones secos para la recogida de polvo y lavadores venturi con cámaras de separación de agua para recoger los vapores de amoníaco y pequeñas partículas de polvo.

45 La presente invención utiliza agua de pH bajo en los lavadores tipo venturi para recoger los vapores de amoníaco sin reaccionar que escapan del granulador. En una realización, se añaden pequeñas cantidades de ácido sulfúrico o ácido fosfórico a los lavadores venturi para mantener un pH bajo (por ejemplo, 2 a 3) para el lavado adecuado del vapor de amoníaco en los lavadores de tipo venturi.

50 Sin embargo, los fertilizantes NPK incluyen general y preferentemente micronutrientes hierro y zinc. Por lo tanto, en una realización preferente, se utiliza ácido residual de una galvanización en caliente (designación de la EPA/RCRA de residuo peligroso D002) o de proceso de decapado de acero (designación de la EPA/RCRA de residuo peligroso K062) para mantener el pH bajo del agua del lavador. Estos ácidos residuales utilizados de forma común son ácido sulfúrico o ácido clorhídrico de fuerza cinco (5%) a diez por ciento (10%), que contienen de un tres (3) a ocho (8) por ciento de hierro. El ácido de galvanización residual contiene de un tres (3) a un ocho (8) por ciento de zinc junto con el hierro que se ha descrito anteriormente. El hierro y zinc se alimentan con el agua del lavador cargada de amoníaco del lavado al depósito de suspensión de lodo, y en el reactor tubular en cruz para la incorporación como micronutrientes de hierro y zinc en el fertilizante NPK final. En el caso del ácido sulfúrico residual, el azufre se convierte también en un nutriente en el abono resultante, ya que reacciona en el reactor tubular en cruz para formar sulfato amónico (mientras que el ácido clorhídrico va a formar cloruro amónico).

55 Otros micronutrientes o ingredientes adicionales pueden incorporarse en el abono resultante mediante su adición con un alimentador másico tal como un sólido seco en la corriente de reciclaje de finos. Entre los "micronutrientes" o "ingredientes adicionales" se incluyen cal, dolomita, calcita, hidrobiotita, yeso, fosfatos (por ejemplo, fosfato de roca

65

o fosfato amónico), potasa, urea, arcillas, peróxido cálcico, nitrato amónico, vermiculita, ácido húmico y minerales traza tales como hierro, manganeso, magnesio, boro, cobre y zinc.

5 Aunque la presente invención ha sido descrita más particularmente para el tratamiento de los lodos de aguas residuales municipales, el proceso de la presente invención puede utilizarse además para mejorar el valor nutriente para las plantas de otros materiales residuales orgánicos con valores de análisis relativamente bajos, tales como estiércol de aves de corral, residuos de procesamiento de alimentos, residuos de fabricación de papel, lodos de estiércol porcino, mezclas de los mismos, y similares. En este caso, el material residual orgánico particular con valores de análisis relativamente bajos se sustituye por el lodo de aguas residuales en el proceso, y  
10 consiguientemente se modifican los parámetros del proceso.

La presente invención se explica además por el siguiente ejemplo ilustrativo:

### 15 EJEMPLO

En un tanque de agitación, 6700 kilogramos/hora (7,4 toneladas/hora) de los lodos de aguas residuales se mezclan con 37 litros por minuto (diez galones/minuto (gpm)) de agua del lavador de un lavador venturi para formar una suspensión. La suspensión es de una consistencia que puede ser bombeada con una bomba de desplazamiento positivo u otra bomba adecuada a un reactor tubular en cruz equipado para recibir amoníaco, ácido sulfúrico, ácido fosfórico, lodos de aguas residuales y agua. El reactor tubular en cruz tiene un diámetro de, aproximadamente, 10 centímetros (cuatro (4) pulgadas) y tiene 12 metros (cuarenta (40) pies) de longitud. El reactor tubular en cruz termina en un granulador de tambor giratorio. El granulador de tambor giratorio tiene 1,8 metros (seis (6) pies) de diámetro y tiene 6,1 metros (veinte (20) pies) de longitud.

25 La suspensión se añade al reactor tubular en cruz, y se hace reaccionar con 16 litros por minuto (4,3 galones por minuto) de amoníaco 99,5%, 4,3 gpm de ácido sulfúrico (93%) y 1,1 gpm de ácido fosfórico (54%  $P_2O_5$ ). La temperatura del reactor tubular en cruz (debido a la reacción exotérmica entre el ácido y la base) se mantiene a, aproximadamente, 149°C (300°F) con humedad en el lodo. Esta temperatura actúa matando la *Salmonella*, *E. coli*, y otros patógenos que pueden encontrarse en la suspensión. Esta temperatura actúa además desodorizando el material en parte.  
30

La masa fundida resultante del reactor tubular en cruz se pulveriza sobre un lecho de reciclaje de finos, mientras que el agua contenida se evapora súbitamente como vapor. Se dota al granulador de un pulverizador de amoníaco para añadir pequeñas cantidades de amoníaco a la mezcla de granulación para el control del pH.  
35

El funcionamiento del reactor tubular de cruz de esta manera incorpora, aproximadamente, 18.144 kilogramos (veinte (20) toneladas) por hora de 20% de sólidos a una velocidad de producción de 9.072 kilogramos (diez (10) toneladas) por hora.

40 Los vapores del granulador que contiene vapor, amoníaco y partículas se recogen manteniendo una presión negativa dentro del granulador con un ventilador de humos que arrastra a los humos a través de un lavador venturi con agua de pH bajo (agua a un pH reducido por la adición de ácido residual de un proceso de galvanización de inmersión en caliente) pulverizada en el estrechamiento del venturi. (Si el ácido de galvanización no está disponible, el pH puede ser controlado con ácido fosfórico o sulfúrico). El agua de pH bajo recoge el vapor de amoníaco presente en los gases, así como partículas de polvo.  
45

Los materiales granulados salen del granulador a, aproximadamente, 93°C (200°F) y, aproximadamente, con un cinco (5) a un quince (15) por ciento de contenido de humedad hacia un secador rotatorio. El secador rotatorio tiene, aproximadamente, dos metros (por ejemplo, seis (6) pies) de diámetro y tiene una longitud de unos veinte metros (por ejemplo, sesenta (60) pies). Tiene una capacidad de calentamiento de 30 millones de BTU/hora, y se asocia con una trituradora o machacadora de terrones en el extremo de descarga. La humedad en el material se reduce a, aproximadamente, tres por ciento (3%) por aire caliente forzado en el secador.

Los materiales que salen del secador rotatorio se hacen circular a través de la trituradora de terrones para reducir el material de tamaño excesivo a menos 2,54 centímetros (una (1) pulgada) en tamaño.  
55

Se utilizan tamices para separar el material en (a) finos, (b) producto y (c) el material de tamaño excesivo. Los finos son devueltos al granulador. El producto pasa a un enfriador de dos metros (seis pies) de diámetro, veinte metros (sesenta pies) de longitud y luego a almacenamiento, mientras que el material de tamaño excesivo se hace pasar a través de un molino, y se reduce a finos para reciclar al granulador. Se requieren aproximadamente 1814 kilogramos (2 toneladas) por 907 kilogramos (1 tonelada) de material fino en la corriente de reciclaje.  
60

El aire cargado de polvo se recoge del secador, molinos y tamices mediante un ventilador manteniendo presión negativa en todos los equipos. El aire se hace pasar forzado a través de un sistema de ciclón que elimina, aproximadamente, el 97% del polvo de los ciclones, el aire pasa a través de un lavador venturi para eliminar las partículas de polvo restantes. El aire procedente del lavador venturi se envía a una cámara separadora grande, junto  
65

con el aire del lavador de humos del granulador para eliminar cualquier humedad condensada. El aire de estos lavadores venturi se combina y se hace pasar a través de un lavador venturi secundario. A continuación, el aire sale a través de una pila de, aproximadamente, 30,5 metros (cien (100) pies) de altura. El aire se satura a, aproximadamente, 66°C (150°F).

- 5 Se determinó que el fertilizante resultante tenía un valor de NPK 12-3-6 (12% de nitrógeno, 3% de fosfato y 6% de potasa). Además, es homogéneo y de tamaño adecuado para los equipos de aplicación estándar.

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Proceso para preparar una composición de valor nutriente para las plantas mejorado a partir de un material residual orgánico con valores de análisis bajos, que comprende:
- bompear una forma de suspensión del material residual orgánico con valores de análisis bajos a través de un reactor tubular que comprende dos tubos en cruz (26, 28) para la reacción con una base, ácido y agua para formar una masa fundida a alta temperatura;
- 10 pulverizar la masa fundida del reactor tubular (26, 28) sobre un lecho de reciclaje de finos en un granulador (14), y evaporar súbitamente el agua contenida en la masa fundida en forma de vapor en el granulador (14); laminar la masa fundida en partículas en el granulador (14) para formar partículas granuladas; y secar las partículas granuladas para reducir el contenido de humedad de las mismas para formar partículas granuladas secas que comprenden una composición de valor nutriente para las plantas mejorado.
- 15 2. Proceso, según la reivindicación 1, caracterizado porque el reactor tubular (26, 28) está situado dentro del granulador (14).
3. Proceso, según la reivindicación 2, en el que el granulador (14) es un cilindro giratorio.
- 20 4. Proceso, según la reivindicación 1, en el que se introducen dos ácidos a través de los dos tubos en cruz (26, 28).
5. Proceso, según la reivindicación 4, en el que los dos ácidos son ácido sulfúrico y ácido fosfórico.
- 25 6. Proceso, según en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la temperatura se mantiene a menos de 149 grados centígrados.
7. Proceso, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además la adición de agua al material residual con valores de análisis bajos para formar una suspensión antes del bombeo.
- 30 8. Proceso, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende hacer pasar las partículas granuladas secas a un aparato de separación y separar dicho material granulado seco en finos, producto y materiales de tamaño excesivo.
- 35 9. Proceso, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende la devolución de los finos al granulador como partículas finas para formar un sustrato para las partículas granuladas.
10. Proceso, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el granulador comprende un aspersor de amoníaco para la adición de amoníaco a la masa fundida.
- 40 11. Proceso, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los humos procedentes del granulador que contienen vapor, amoníaco y materia en partículas se recogen manteniendo una diferencia de presión negativa dentro del granulador arrastrando los vapores a través de un lavador venturi que tiene un estrechamiento venturi con agua de pH bajo, tal como agua del lavado pulverizada en el estrechamiento del venturi.
- 45 12. Proceso, según la reivindicación 11, en el que el pH del agua del lavador se mantiene bajo mediante la incorporación en el agua del lavador de ácido residual procedente de un proceso de galvanización por inmersión en caliente.
- 50 13. Proceso, según la reivindicación 11, en el que el pH del agua del lavador se mantiene bajo mediante la incorporación en el agua del lavador de ácido residual procedente de un proceso de decapado de acero.
14. Proceso, según la reivindicación 1, en el que se utiliza un secador rotatorio para secar las partículas granuladas.
- 55 15. Proceso, según la reivindicación 14, en el que el secador rotatorio tiene una trituradora de terrones asociada con el mismo.
16. Proceso, según la reivindicación 8, en el que los materiales que salen del secador rotatorio se hacen pasar a través de la trituradora de terrones para reducir el material de tamaño excesivo un tamaño menor de 2,54 centímetros (una (1) pulgada).
- 60 17. Proceso, según la reivindicación 1, en el que el material residual orgánico con valores de análisis relativamente bajos se selecciona del grupo que comprende lodos de aguas residuales, estiércol de aves de corral, residuos de procesamiento de alimentos, residuos de fabricación de papel, lodos de estiércol porcino, y mezclas de los mismos.
- 65



18. Dispositivo para la preparación de un fertilizante de valor nutriente para las plantas mejorado a partir de un material residual con valores de análisis bajos, que comprende:

una bomba para el bombeo de una forma de suspensión del material residual con valores de análisis bajos;

- 5 un reactor tubular (26, 28) para recibir la suspensión de un material residual con valores de análisis bajos, que comprende, como mínimo, dos tubos transversales (26, 28), teniendo el reactor tubular un diámetro y longitud característicos para acomodar una reacción exotérmica entre la suspensión de material residual con valores de análisis bajos y una base, ácido y agua para formar una masa fundida a alta temperatura que tiene un valor nutriente para las plantas mejorado, y
- 10 un granulador (14) para la aceptación de la masa fundida, en el que el reactor tubular (26, 28) alimenta la masa fundida en el granulador.

19. Dispositivo, según la reivindicación 18, en el que el reactor tubular (26, 28) está situado dentro del granulador.

- 15 20. Dispositivo, según las reivindicaciones 18 ó 19, en el que el granulador (14) es un tambor giratorio.

21. Dispositivo, según cualquiera de las reivindicaciones 18 a 20, en el que el reactor tubular (26, 28) tiene una longitud para mezclar la suspensión con el material de, como mínimo, una tubería de la cruz de, como mínimo, 51 centímetros.

- 20 22. Dispositivo, según cualquiera de las reivindicaciones 18 a 21, en el que el reactor tubular (26, 28) tiene un diámetro de, aproximadamente, 7,6 centímetros a 25,4 centímetros, una longitud de, aproximadamente, 2,1 metros a 15,4 metros y termina dentro del granulador en una tubería de descarga de 5 centímetros a 20 centímetros o ranura de área de sección transversal equivalente.

- 25 23. Dispositivo, según cualquiera las reivindicaciones 18 a 22, en el que la tubería de descarga contiene un inserto de acero inoxidable o revestimiento de Teflon<sup>TM</sup>.

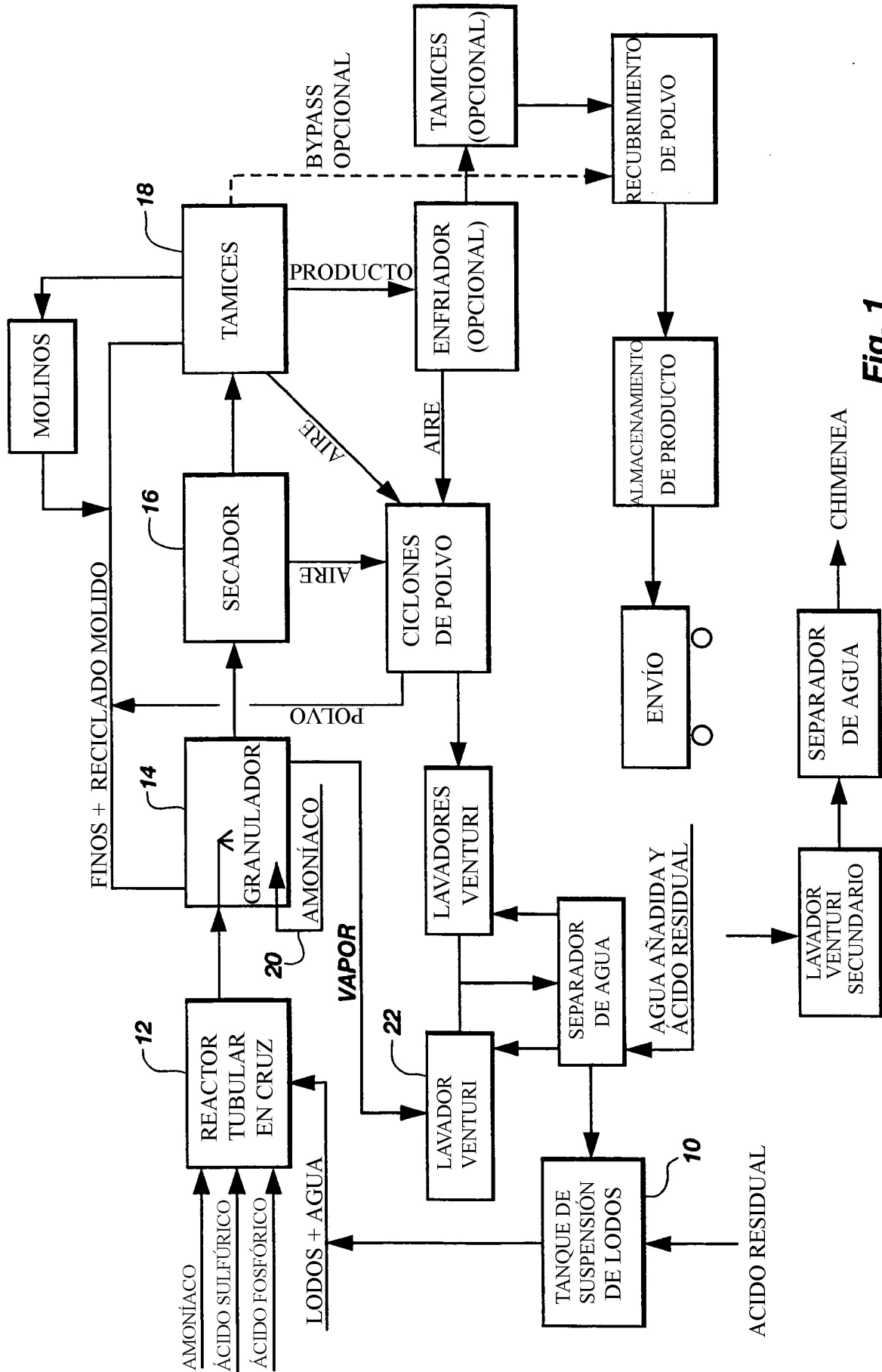


Fig. 1

