COMPOSICIÓN FERTILIZANTE REVESTIDA POR PULVERIZACIÓN

CAMPO DE LA INVENCIÓN

La presente invención se refiere a composiciones fertilizantes y más específicamente a fertilizante formado por gránulos revestidos por pulverización.

ANTECEDENTES

Las plantas requieren macronutrientes primarios para su crecimiento vigoroso así como macronutrientes secundarios y micronutrientes. Los macronutrientes primarios incluyen carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, fósforo y potasio. Los macronutrientes secundarios incluyen calcio, azufre y magnesio, y se requieren generalmente en cantidades más pequeñas que los macronutrientes primarios. Los micronutrientes se requieren en cantidades muy pequeñas, e incluyen zinc, calcio, magnesio, manganeso, hierro, cobre, molibdeno, selenio, boro, cloro, cobalto y sodio.

Cualquier fertilizante que incluye azufre elemental es conveniente si la mayor parte del azufre se oxida a la forma sulfato disponible para la planta en la temporada de aplicación. Sin embargo, el azufre se oxida lentamente en el suelo debido a que depende de la colonización microbiana y su actividad. Las velocidades de oxidación aumentan si las partículas de azufre son más pequeñas debido al aumento del área superficial disponible para la colonización microbiana. Por lo tanto, es conveniente usar partículas de azufre micronizadas.

Típicamente los macronutrientes y micronutrientes se complementan en el suelo con el uso de partículas sólidas de fertilizante formadas por métodos de granulación, peletización o compactación. Típicamente la granulación se lleva a cabo con granuladores bien conocidos en la técnica, que incluyen granuladores de secado por pulverización, granuladores de tambor, mezcladoras de paletas (mezcladoras de mortero), lechos fluidizados, molinos de gránulos o granuladores de bandeja. Por ejemplo, una mezcla de fertilizante puede suministrarse y distribuirse en un lecho rodante de material en un granulador de tambor. Puede suministrarse agua y/o vapor al granulador para controlar la temperatura y la humedad del proceso de granulación. Después los gránulos se secan y se tamizan, los gránulos demasiado grandes y el material demasiado pequeño (llamado finos fuera de especificación) recirculan al granulador. El material demasiado grande puede triturarse o molerse primero antes de retroalimentarlo al granulador. El material demasiado pequeño y el demasiado

grande triturado proporciona partículas semillas para estimular la formación de gránulos en el granulador y formar la corriente de recirculación al granulador.

Existe la necesidad en la técnica de métodos alternativos para producir una composición fertilizante que comprende un fertilizante primario y azufre micronizado.

SUMARIO DE LA INVENCIÓN

En un aspecto, la invención comprende una composición fertilizante que comprende una partícula semilla y una capa de revestimiento que comprende un fertilizante de macronutriente primario soluble y partículas de azufre micronizadas. La partícula semilla puede comprender un fertilizante de macronutriente primario, y puede comprender además partículas de azufre micronizadas. La partícula semilla puede ser un sólido en cualquier forma o tamaño deseado, y puede formarse mediante cualquier método adecuado tal como granulación o compactación.

En una modalidad, la partícula semilla puede comprender urea, MAP, DAP, azufre micronizado, potasa o mezclas de estos. La capa de revestimiento puede comprender urea, MAP, DAP, azufre micronizado, potasa o mezclas de estos. La composición de macronutriente primario de la capa de revestimiento puede ser igual o diferente a la composición de macronutriente primario de la partícula semilla.

En una modalidad, la composición puede comprender un dispersante en la partícula semilla o la capa de revestimiento, o ambas. El dispersante puede comprender un surfactante aniónico, catiónico, anfótero, o no iónico, o mezclas de estos.

En una modalidad, las partículas de azufre micronizadas pueden tener un diámetro promedio de menos de aproximadamente 30 micras, y preferentemente menos de aproximadamente 10 micras.

En otro aspecto, la invención puede comprender un método para producir una composición fertilizante, que comprende las etapas de:

(a) producir una partícula semilla;

(b) preparar una suspensión pulverizable que comprende una solución de un material fertilizante en agua, un material fertilizante insoluble en suspensión, y un dispersante;

(c) usar la suspensión para revestir por pulverización una capa de una mezcla del material fertilizante soluble e insoluble sobre la partícula semilla.

En una modalidad, la partícula semilla en sí comprende un material fertilizante. La partícula semilla se usa preferentemente para formar un lecho en un aparato de revestimiento tal como un tambor

giratorio, un granulador de bandeja o un granulador de lecho fluidizado, y el lecho se agita continuamente por medios mecánicos o líquidos. Preferentemente, la partícula semilla se calienta mediante el uso de aire caliente para calentar el material del lecho hasta una temperatura deseada.

Preferentemente, la suspensión pulverizable puede calentarse para lograr mayor concentración de materiales solubles en la solución antes del revestimiento por pulverización. En una modalidad, la suspensión pulverizable puede pulverizarse a través de una boquilla configurada en el aparato de revestimiento a fin de revestir eficientemente las partículas semillas en el lecho móvil.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La Figura 1 muestra una representación esquemática de un ejemplo de una planta de fertilizantes que implementa un método de la presente invención.

La Figura 2 es una representación esquemática de un ejemplo alternativo de una planta de fertilizantes que implementa un método de la presente invención.

La Figura 3 es otra representación esquemática de otro ejemplo alternativo de una planta de fertilizantes que implementa un método de la presente invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

Todos los otros términos y frases usados en esta descripción tienen sus significados ordinarios como los entendería un experto en la técnica. Dichos significados ordinarios pueden obtenerse mediante referencia a diccionarios técnicos, tales como Hawley’s Condensed Chemical Dictionary 14ta Edición, por R.J. Lewis, John Wiley & Sons, Nueva York, N.Y., 2001.

Las referencias en la memoria descriptiva a "la modalidad", "una modalidad", etcétera, indican que la modalidad descrita puede incluir un aspecto, elemento, estructura, o característica particular, pero no todas las modalidades incluyen necesariamente ese aspecto, elemento, estructura o característica. Además, dichas frases pueden referirse, pero no necesariamente, a la misma modalidad a la que se hace referencia en otras partes de la descripción. Además, cuando se describe un aspecto, elemento, estructura, o característica particular en relación con una modalidad, está dentro del conocimiento de un experto en la técnica combinar, afectar o conectar dicho aspecto, elemento, estructura, o característica con otras modalidades, descritas explícitamente o no. En otras palabras, cualquier elemento o característica puede combinarse con cualquier otro elemento o característica en diferentes

modalidades, a menos que exista una incompatibilidad obvia o inherente entre los dos, o se excluya específicamente.

Como se usa en la presente descripción, un "material fertilizante" es cualquier sustancia que incluye cualquiera de un macronutriente primario, un macronutriente secundario o un micronutriente, o combinaciones de estos.

En términos generales, la invención comprende una composición fertilizante que comprende una partícula semilla revestida por pulverización con un material fertilizante. La partícula semilla es preferentemente un material fertilizante, y el revestimiento puede comprender un material fertilizante igual o diferente. En una modalidad, la partícula semilla es un sólido en cualquier forma o tamaño deseado, y puede formarse por granulación, compactación o peletización.

En términos generales, una modalidad de un método de la presente invención comprende las etapas de:

(a) producir una partícula semilla, que puede comprender un fertilizante de macronutriente primario o secundario o un micronutriente, o combinaciones de estos;

(b) preparar una suspensión pulverizable que comprende una solución de un material fertilizante en un medio líquido tal como agua, un material fertilizante insoluble en suspensión, y un dispersante; y

(c) usar la suspensión pulverizable para revestir por pulverización una capa sobre la partícula semilla.

La suspensión pulverizable está preferentemente en forma de partículas sólidas de fertilizante finamente divididas bien dispersas en una solución de un material fertilizante primario. El material fertilizante soluble puede servir como un agente aglutinante para los materiales insolubles y ayuda a formar gránulos duros cuando se forma el revestimiento. Adicionalmente, o alternativamente, podrán añadirse agentes aglutinantes a la suspensión pulverizable para ayudar a formar una capa de revestimiento cohesiva, y contribuir a la adherencia de la capa revestida por pulverización a la partícula semilla.

En una modalidad, la suspensión pulverizable puede formarse mediante la disolución del material fertilizante en una dispersión acuosa del material fertilizante insoluble. Por ejemplo, el material fertilizante insoluble puede comprender azufre elemental micronizado, formado por un método tal como el descrito en las patentes de Estados Unidos núms. 8,679,446 y 9,278,858 de propiedad conjunta, cuyos contenidos completos se incorporan en la presente descripción como referencia,

donde se permite. En términos generales, se añade hasta 85 % (en peso) de azufre fundido a agua sobrecalentada, y se mantiene por encima del punto de fusión del azufre con un dispersante en una concentración de aproximadamente 0.01 % a aproximadamente 5.0 % (en peso). Después la mezcla se combina o se agita para formar una emulsión fina de azufre en agua. El enfriamiento rápido de la emulsión da lugar a la solidificación del azufre, que se mantiene en suspensión en la solución dispersante, para formar una suspensión sólido/agua de azufre micronizado. Después de la solidificación del azufre micronizado, el dispersante puede mantenerse en solución y contribuir a impedir la aglomeración o agregación de las partículas de azufre. Después el azufre micronizado en esta suspensión sólido/agua puede separarse de la solución dispersante para producir partículas de azufre revestidas con una capa de dispersante. Estas partículas de azufre pueden resuspenderse después y puede añadirse solución dispersante adicional si es necesario y usarse directamente en la siguiente etapa del presente método como la suspensión sólido/agua. En una modalidad, la suspensión sólido/agua de azufre micronizado que resulta de la etapa de micronización puede usarse directamente en la siguiente etapa de la presente invención, sin separar primero las partículas de azufre de la solución dispersante.

El dispersante puede ser un compuesto de naftaleno sulfonato tal como el que se encuentra en Morwet™ o carboximetilcelulosa (CMC), o cualquier surfactante que ayude a mantener el azufre fundido en un estado altamente disperso antes de la solidificación. El dispersante puede ser un surfactante aniónico, catiónico, anfótero, o no iónico, o combinaciones de estos. Los surfactantes aniónicos adecuados incluyen, pero no se limitan a, derivados de lignina tales como lignosulfonatos, sulfonatos aromáticos y sulfonatos alifáticos y sus condensados de formaldehído y derivados, ácidos grasos/carboxilatos, ácidos grasos sulfonados y ésteres de fosfato de alquilfenol-, polialquileril- o alquilalcoxilatos. Los surfactantes catiónicos adecuados incluyen, pero no se limitan a, surfactantes catiónicos que contienen nitrógeno. En una modalidad, el dispersante comprende un surfactante no iónico. Los surfactantes no iónicos adecuados incluyen, pero no se limitan a, alcoholes grasos alcoxilados, ácidos grasos alcoxilados, éteres grasos alcoxilados, amidas grasas alcoxiladas, etoxilatos de alcohol, etoxilatos de nonilfenol, etoxilatos de octilfenol, aceites de semillas etoxilados, aceites minerales etoxilados, alquil fenoles alcoxilados, glicéridos etoxilados, etoxilatos de aceite de ricino, y mezclas de estos.

Después el material fertilizante soluble se disuelve o se disuelve parcialmente en la suspensión sólido/agua de azufre micronizado para crear la suspensión pulverizable usada como la mezcla de

revestimiento. En una modalidad, la suspensión sólido/agua de azufre micronizado que comprende el dispersante se calienta hasta una temperatura por debajo del punto de fusión del azufre, para disolver más materiales fertilizantes solubles o para aumentar la velocidad de disolución. La suspensión caliente también puede ayudar a secar con mayor rapidez los gránulos resultantes.

La suspensión pulverizable puede aplicarse con el uso de cualquier método y equipo de revestimiento convencional, tal como un tambor giratorio, un granulador de bandeja o un lecho fluidizado. Cualquier equipo que mantenga un lecho de partículas sólidas en movimiento constante fomentará la aplicación relativamente uniforme de un revestimiento por pulverización. En una modalidad, la partícula semilla se usa preferentemente para formar un lecho en un aparato de revestimiento tal como un tambor giratorio, un granulador de bandeja o un granulador de lecho fluidizado, y el lecho se agita continuamente por medios mecánicos o líquidos. Preferentemente, la partícula semilla se calienta mediante el uso de aire caliente con el material del lecho hasta una temperatura deseada.

Después la suspensión pulverizable que comprende los materiales fertilizantes solubles e insolubles se pulveriza a través de una boquilla a fin de revestir eficientemente las partículas semillas en el lecho móvil. Simultáneamente puede aplicarse calor a través del lecho móvil para evaporar el solvente y secar los gránulos.

En una modalidad, la suspensión pulverizable se aplica en forma de una pulverización fina sobre la partícula semilla que, cuando se seca, deja tras de sí una corteza dura del material fertilizante disuelto e incrusta el material fertilizante insoluble en suspensión contenido en la suspensión pulverizable. Preferentemente, la partícula semilla se mantiene en marcha y movimiento constante a fin de hacer el proceso de revestimiento más uniforme y repetible. La suspensión pulverizable inicialmente incide y se adhiere a la superficie de la partícula semilla para así depositarse y acumularse sobre ella, y continúa su crecimiento hasta convertir la partícula semilla revestida resultante en un gránulo más grande. El proceso de revestimiento puede continuar hasta que el gránulo alcance un tamaño deseado correspondiente a un análisis de nutriente N, P, K, S (nitrógeno, fósforo, potasio y azufre) deseado.

La velocidad de crecimiento del gránulo puede controlarse mediante el control de las condiciones del proceso tales como la velocidad de flujo y concentración de la solución y la suspensión y el tiempo de permanencia del gránulo en la fase de revestimiento.

En el caso de un tambor giratorio, las boquillas de pulverización pueden ubicarse cerca del lecho de partícula semilla en la parte inferior del tambor. La ubicación de las boquillas puede escogerse de modo que el arrastre de pulverización se mantenga al mínimo y garantizar que la pulverización se

distribuya bien y no se enfoque en un área pequeña. Las boquillas de pulverización pueden orientarse en cualquier dirección que ayude a un revestimiento uniforme de la suspensión pulverizable e impida que las boquillas se obturen. El tambor puede incluir opcionalmente cuchillas agitadoras para contribuir a voltear el lecho de partículas sólidas.

En el caso de un lecho fluidizado, las boquillas de pulverización pueden ubicarse dentro del lecho de partícula semilla para evitar o minimizar el arrastre a la instalación de filtrado. Las velocidades de aire mayores en un lecho fluidizado dan lugar a una mayor fracción de arrastre si las boquillas se ubican fuera del lecho. La orientación adecuada de las boquillas, por ejemplo horizontalmente con una pendiente descendente ligera, puede evitar la obturación de la placa de distribución y la obstrucción del orificio de la boquilla debido a la deposición de sólidos.

La partícula semilla puede obtenerse a partir de cualquier proceso de fabricación que se practica comúnmente tal como compactación, granulación, peletización, molienda, cristalización, fluidización o similares, y las partículas semillas resultantes pueden comprender cualquier configuración o forma según se desee. La elección de la forma y tamaño final de los gránulos de producto final puede determinar la forma y tamaño de la partícula semilla lo que a su vez puede influir sobre el proceso de fabricación de la partícula semilla.

En una modalidad, el material demasiado grande y demasiado pequeño de la corriente de recirculación del proceso puede recircular y usarse para formar la partícula semilla o incorporarse en la partícula semilla. En consecuencia, la partícula semilla puede comprender todos los ingredientes del gránulo de producto terminado, que incluye el azufre elemental micronizado. Esto puede producir un gránulo con dos capas distintas, pero con ingredientes similares dispersos en ellas. La partícula semilla puede comprender ninguno, uno o una combinación de cualquier macronutriente primario o secundario, micronutriente o material inerte. La partícula semilla puede comprender además materiales impregnados con pesticidas. El fertilizante de macronutriente puede comprender muriato de potasa (MOP), sulfato de potasa (SOP), urea, fosfato monoamónico (MAP), fosfato diamónico (DAP), dihidrógeno fosfato de calcio o fosfato monocálcico, sulfonato amónico, nitrato amónico, o combinaciones de estos. Además, la partícula semilla puede comprender azufre elemental, preferentemente en una forma micronizada. Además, ninguno, uno o una combinación de micronutrientes o nutrientes secundarios tales como zinc, calcio, magnesio, boro, hierro, cobre, manganeso, molibdeno, sodio, cobalto, cloro, o selenio puede añadirse a la mezcla que se incorporará a la partícula semilla. En una modalidad, la partícula semilla puede carecer de material fertilizante y

simplemente comprender un portador inerte o un portador impregnado con un herbicida o un pesticida.

En una modalidad, la partícula semilla puede comprender una combinación de potasa en polvo (cloruro de potasio, sulfato de potasio, y/o nitrato de potasio) y azufre elemental micronizado que se ha compactado para producir semillas compactadas de fertilizante mixto. La relación del azufre respecto a la potasa en la partícula semilla puede variarse de 0.1 % a aproximadamente 50 % (en peso) o más.

En otra modalidad, la partícula semilla puede comprender fosfato amónico (MAP y/o DAP) y azufre elemental micronizado. La relación del azufre respecto al fosfato amónico en la partícula semilla puede variarse de aproximadamente 0.1 % a aproximadamente 50 % (en peso) o más. Por ejemplo, una mezcla de MAP y azufre micronizado puede formarse mediante la adición del azufre micronizado antes de un preneutralizador o reactor de tubería transversal con ácido fosfórico y amoníaco, o después del preneutralizador o reactor de tubería transversal a la suspensión de fosfato amónico. Esta suspensión, que comprende partículas de fosfato amónico y partículas de azufre micronizadas puede suministrarse después a un granulador como la suspensión pulverizable en la etapa de revestimiento.

El tamaño de la partícula semilla puede estar en el intervalo de aproximadamente 30 US mesh (0.60 mm) a aproximadamente 5 US mesh (4.0 mm), y está preferentemente en el intervalo de aproximadamente 12 US mesh (1.70 mm) a aproximadamente 8 US mesh (2.8 mm), en dependencia de las condiciones del proceso que ayuden al crecimiento del gránulo y el tamaño deseado del producto revestido. El diámetro de gránulo promedio deseado en la industria de los fertilizantes es típicamente entre 1 mm y 4 mm.

La suspensión pulverizable puede comprender uno o una combinación de materiales fertilizantes solubles y/o insolubles en una base líquida. En una modalidad, el material de revestimiento puede comprender un material fertilizante soluble en agua combinado con un material insoluble. El material insoluble está preferentemente en forma finamente molida o micronizada. La base líquida del revestimiento por pulverización es preferentemente agua, y puede comprender preferentemente un dispersante disuelto.

En una modalidad, la suspensión pulverizable puede comprender urea disuelta en una concentración hasta 95 % en peso con respecto al agua, y partículas de azufre micronizadas. La relación del azufre respecto a la urea puede variarse de aproximadamente 0.1 % a aproximadamente 50 % (en peso) o

más, y puede añadirse para formar una suspensión pulverizable de azufre micronizado en una solución de urea acuosa. Después esta suspensión pulverizable puede pulverizarse y secarse sobre una partícula semilla para que los gránulos crezcan hasta el tamaño y el análisis de N, K, P, S deseado en un granulador de lecho fluidizado.

El grosor del revestimiento por pulverización puede depender del tamaño de la partícula semilla y el tamaño y el análisis de N, P, K, S deseado del producto final. En una modalidad, el grosor promedio del revestimiento es preferentemente aproximadamente 0.30 mm a aproximadamente 0.63 mm, pero puede estar en el intervalo entre 0.1 mm a más de 4 mm en dependencia de las propiedades adhesivas de los materiales usados en la semilla y en la suspensión pulverizable.

El material soluble en la suspensión pulverizable también puede actuar como un aglutinante para los materiales insolubles en la suspensión. Esto permite a los materiales insolubles en suspensión incrustarse y adherirse fuertemente al gránulo, para aumentar así la resistencia a la trituración requerida por la industria de los fertilizantes.

En una modalidad, cuando se usa una situación de tambor giratorio que funciona en paralelo o de manera contracorriente, las boquillas de pulverización pueden ubicarse cerca del punto de entrada de las semillas y la sección restante del tambor se usa para secar exhaustivamente los gránulos en la corriente de aire caliente. La temperatura del aire caliente puede ser tan alta como sea posible, limitada por la sensibilidad a la temperatura de los materiales fertilizantes y el gránulo, para aumentar la eficiencia térmica. El tamaño del gránulo puede controlarse por la velocidad del tambor y la altura del anillo de retención. Típicamente, la sección de pulverización del tambor no contiene ninguna paleta. La sección de secado del tambor puede equiparse preferentemente con dos paletas para facilitar el mejor contacto para condiciones de secado más rápidas.

En una modalidad, un lecho fluidizado también puede dividirse en al menos una sección de pulverización y una sección de secado. Pueden proporcionarse múltiples secciones de pulverización para ayudar a mayores cantidades de producción y mejor mantenimiento de la uniformidad de los gránulos. Igualmente, pueden proporcionarse múltiples secciones de secado para lograr un secado uniforme a velocidades de producción mayores. La velocidad del aire puede escogerse en base a la densidad, la forma y el tamaño de la partícula semilla que se suministra. La temperatura del aire fluidizante es preferentemente tan alta como sea posible para minimizar los costos de equipos, limitada por la sensibilidad a la temperatura de los materiales fertilizantes y el gránulo. En algunos casos, el fertilizante puede no ser sensible a la temperatura pero los gránulos más grandes podrían

agrietarse bajo el estrés del gradiente térmico. Una primera sección del lecho fluidizado puede comprender la sección de revestimiento con las boquillas incrustadas dentro del lecho de partícula semilla. Una segunda sección corriente abajo del lecho puede utilizarse para secar el solvente para obtener el producto seco.

El producto revestido y seco producido mediante el uso de situaciones de tambor giratorio o lecho fluidizado también puede someterse a tratamiento posterior. En una modalidad, cuando se usa una situación de tambor giratorio, un agente antipolvo para ayudar al control del polvo y a las propiedades de almacenamiento del producto puede pulverizarse cerca del punto de descarga de los gránulos o puede aplicarse en un tambor de enfriamiento separado. En otra modalidad, cuando se usa la situación de lecho fluidizado, un agente de revestimiento puede aplicarse en forma de pulverización en el mismo extremo de la sección de secado, nuevamente mediante la incrustación de las boquillas dentro del lecho de sólidos para evitar el arrastre. En otra modalidad, el producto revestido y seco puede glasearse con agua o una solución soluble de un material fertilizante para aumentar la resistencia a la trituración del producto.

La concentración del soluto en la suspensión pulverizable afecta la velocidad de crecimiento del gránulo. Una mayor concentración del soluto ayuda a un crecimiento más rápido de los gránulos, lo que reduce así el tiempo de permanencia y reduce el consumo de energía para evaporar el solvente lo que conduce a un diseño del equipo más pequeño y económico. Una mayor temperatura del aire ayuda a reducir la masa de flujo de aire para aumentar de este modo la eficiencia térmica del sistema, pero el flujo de aire debe equilibrarse con respecto a la velocidad de fluidización del aire requerida para mantener una buena expansión y fluidización eficaz del lecho. Las plantas de urea convencionales emplean un proceso de granulación en lecho fluidizado para la producción masiva. En tales casos el lecho fluidizado existente puede modificarse y reajustarse para facilitar el revestimiento de la suspensión pulverizable de urea y azufre sobre gránulos de urea.

El aire de escape de los lechos fluidizados puede conducirse a un ciclón o instalación de filtrado para limpiar el aire antes de emitirlo a la atmósfera. El polvo recolectado puede recircular a un punto anterior en el proceso tal como el tanque de suspensión o partícula semilla.

Así un gránulo individual de producto terminado puede comprender uno o múltiples materiales fertilizantes, todos en la combinación y proporciones deseadas según se requiera para la fabricación de diferentes variedades de productos para satisfacer las necesidades de varios cultivos, suelos y condiciones climáticas.

Ejemplos - Los ejemplos siguientes se destinan únicamente a ilustrar modalidades específicas de la invención, y no a limitar la invención reivindicada.

Ejemplo 1 – Esquema de la planta

La Figura 1 muestra una representación esquemática de una planta de producción de fertilizantes configurada para implementar un método descrito en la presente descripción y producir una composición fertilizante de la presente invención. Un tanque de mezcla de emulsión (10) mezcla agua, un material fertilizante de macronutriente nitrógeno, fósforo o potasio (N, P, o K) que puede ser una solución concentrada, o gránulos sólidos, y partículas de azufre micronizadas secas o una suspensión sólido/agua de azufre micronizado. Las partículas de azufre micronizadas tienen un diámetro promedio preferentemente de menos de aproximadamente 30 micras, y más preferentemente de menos de aproximadamente 10 micras.

La partícula semilla en forma de gránulos de N, P, o K (o mezclas de estos) se suministra a un granulador de lecho fluidizado (12), que comprende cuatro zonas, cada una de las cuales se airea para fluidizar las partículas. La partícula semilla se introduce primero en una zona de revestimiento y secado (14) que usa aire caliente. La suspensión pulverizable se pulveriza a través de las boquillas en la primera zona de revestimiento y secado (14). Las partículas migran a la segunda zona de revestimiento y secado (16) que también usa aire caliente y también incluye boquillas de pulverización para introducir la suspensión pulverizable.

El revestimiento por pulverización, el crecimiento de los gránulos y el secado de los gránulos tienen lugar en las dos primeras zonas (14, 16). Después las partículas pasan a una zona de secado (18) y después a una zona de enfriamiento y revestimiento (20), donde puede aplicarse un revestimiento delgado de película supresora de polvo posterior al tratamiento. El producto distribuible se recupera del recolector del producto (22).

El aire del granulador de lecho fluidizado (12) se recolecta en una instalación de filtrado (24) donde los finos en suspensión se filtran o separan y se recolectan. En dependencia de su composición, los finos pueden recircular a un punto anterior en el proceso.

Un esquema de planta alternativo se muestra en la Figura 2. Una suspensión de fosfato monoamónico y azufre micronizado en agua se produce en un reactor (100) mediante la reacción de ácido fosfórico y amoníaco con la adición de azufre micronizado, para producir una suspensión pulverizable de MAP disuelto y azufre micronizado en suspensión. Después la suspensión pulverizable se introduce en un granulador/secador (110), junto con aire caliente. La partícula semilla se introduce en el

granulador/secador (110), y la suspensión pulverizable se reviste sobre la partícula semilla y se seca. Los gránulos resultantes se depositan en un elevador de cangilones (120) y después se depositan sobre un tamiz vibratorio (130), que se usa para seleccionar el producto en el intervalo de 2.36-4.00 mm de diámetro. Después el material de tamaño de producto adecuado se recolecta y se enfría y se envasa. El producto puede recibir además un revestimiento posterior al tratamiento.

El material demasiado grande de los tamices se dirige a una trituradora de martillo (140) o trituradora y se reduce a partículas finas. Los finos demasiado pequeños se combinan con el material demasiado grande triturado y, opcionalmente, una fracción controlada de material de tamaño de producto adecuado, y se dirigen a una cinta transportadora (150) donde se calientan previamente y se usan como la partícula semilla en el granulador/secador (110).

En todas las etapas, se usan medidas de control del polvo en forma de filtros, ciclones secadores, depuradores húmedos, y/o depuradores venturi para reducir o eliminar las emisiones de polvo fugitivo.

Ejemplo 2 – Producción de azufre micronizado con el uso de surfactantes no iónicos

El azufre micronizado adecuado puede producirse con el uso de los métodos descritos en las patentes de Estados Unidos núms. 8,679,446 y 9,278,858 de propiedad conjunta. Típicamente, la reserva de azufre se calienta hasta una temperatura por encima del punto de fusión del azufre de manera que la reserva de azufre se funde y forma azufre líquido. Se prepara una solución dispersante con una concentración específica y se calienta hasta una temperatura aproximadamente igual o mayor que la del azufre líquido. Después la solución dispersante y el azufre líquido se combinan en un homogeneizador para producir una emulsión de azufre fundido y solución dispersante. Después la emulsión de azufre se enfría para solidificar el azufre y después puede usarse directamente como una suspensión pulverizable, o puede separarse y secarse para dejar un producto seco de partículas de azufre, que puede usarse para formar la partícula semilla o resuspenderse y usarse como una suspensión pulverizable.

La Tabla A muestra ejemplos de surfactantes no iónicos usados como dispersantes para la producción de azufre micronizado y la distribución del tamaño de partícula, donde PSD D50 es el valor del diámetro de partícula a 50 % en la distribución acumulativa y PSD D95 es el valor del diámetro de partícula a 95 % en la distribución acumulativa. La Tabla B muestra además el intervalo de concentraciones adecuado para Tritón X-405, un surfactante no iónico. La Tabla B muestra

además ejemplos de dispersantes que comprenden una situación de surfactantes conjuntos que usa un surfactante aniónico y uno no iónico.

Tabla A: Distribución del tamaño de partícula de varios surfactantes no iónicos				
Fabricante	**Surfactante (composición)**	**Concentración (% en peso)**	**PSD D50 (um)**	**PSD D95 (um)**
Dow	Ecosurf (Tergitol EH-6) (alcohol etoxilado)	2.50 %	15.24	34.22
Dow	Tritón X405 (Etoxilato de octilfenol)	3.00 %	6.71	27.75
Dow	Tritón X-100 (Etoxilato de octilfenol)	3.00 %	14.52	33.02
Dow	Tamol SN (Sal sódica de condensado de naftalenformaldehído sulfonado, 86,0-88,0%; sulfato de sodio, 7,0-9,0%; formadehído, <= 500.0 PPM, agua, 3.0-7.0%)	3.00 %	6.48	13.64
Stepan	Makon 10 (etoxilato de nonil fenol, POE-10)	3.00 %	11.75	41.99
Stepan	Makon TD-12 (etoxilato de alcohol tridecílico, POE-12)	3.00 %	12.55	42.83
Stepan	Makon TSP-16 (etoxilato de triestirilfenol, POE-16)	3.00 %	10.97	35.93
Stepan	Polystep TSP-16 (etoxilato de triestirilfenol, POE-16)	3.00 %	9.18	31.78
Stepan	StepFac 8171 (éster de fosfato de nonilfenol POE-6)	3.00 %	7.11	14.75

Como puede observarse, cada surfactante no iónico produjo con éxito azufre micronizado con una distribución del tamaño de partícula adecuada.

Tabla B: Distribución del tamaño de partícula de varios surfactantes no iónicos		
Surfactante	**PSD50 (promedio de 2 muestras)**	**PSD95 (promedio de 2 muestras)**
5 % Tritón X-405	8.86	31.85
3 % Tritón X-405	6.71	27.75
1.50 % Tritón X-405	7.02	16.6
1.00 % Tritón X-405	8.51	23.47
0.75 % Tritón X-405	9.04	24.89
0.50 % Tritón X-405	10.85	28.78
0.25 % Tritón X-405	10.37	25.38
0.15 % Tritón X-405	9.44	29.3
0.10 % Tritón X-405	11.79	31.43
0.05 % Tritón X-405	7.84	28.9
0.30 % Tritón X-405 0.60 % Morwet (sulfonato de naftaleno)	6.06	11.29
0.30 % Tritón X-405 1.80 % Morwet (sulfonato de naftaleno)	15.24	38.36
0.30 % Tritón X-405 1.50 % Morwet (sulfonato de naftaleno)	16.61	41.52

Se produjeron distribuciones del tamaño de partícula adecuadas en un amplio intervalo de concentraciones de surfactante.

Ejemplo 3 – Producción de gránulos de MAP/urea y azufre elemental micronizado por granulación en lecho fluidizado

Se produjo material fertilizante que consistía en gránulos de urea o gránulos de fosfato monoamónico (MAP), revestidos con una mezcla de urea o MAP solubilizado y azufre elemental micronizado, que se produjo como se describe en las patentes de Estados Unidos núms. 8,679,446 y 9,278,858 de propiedad conjunta. Los gránulos de urea o MAP tenían una distribución de tamaños que se muestra en la Tabla 1 más abajo. El azufre se micronizó y tenía una PSD50 de aproximadamente 7 micras.

Tabla 1: Propiedades del material de alimentación

	% Por encima del tamaño de malla					Densidad aparente a granel (kg/m^3)	Contenido de Humedad (%)
	5 (4.00 mm)	6 (3.36 mm)	7 (2.83 mm)	8 (2.80 mm)	10 (2.00 mm)		
	Micras						
Muestra	4750	3350	2800	2360	2000		
Urea	0.2	2.3	29.3	67.1	92.1	743	0.3
MAP	0.7	8,4	38.9	81.2	94.0	985	1.9
Azufre	-	-	-	-	-	543	5.5

Las partículas de urea y MAP, respectivamente se usaron como partícula semilla en ensayos separados. La suspensión pulverizable era una mezcla de azufre elemental micronizado, dispersante (0.001 % a 5.0 % (% en peso)), agua, y urea o MAP. La Tabla 2 más abajo muestra el peso de material usado en cada corrida. Los porcentajes son relaciones de sólido respecto a agua. Los sólidos solubles estaban en el intervalo de 40 % a 80 % con respecto al agua y el azufre insoluble estaba en el intervalo de 10 % a 24 % con respecto al fertilizante soluble. Esto se hizo para lograr las relaciones azufre:urea y azufre:MAP deseadas.

Tabla 2: Contenido de las soluciones de la corrida

Corrida #	Agua (kg)	Azufre (kg)	Urea (kg)	MAP (kg)	Peso total (kg)
1	73	8 (10 %)	109 (60 %)	0	190
2	73	16 (14 %)	109 (60 %)	0	198
3	55	20 (14 %)	136 (70 %)	0	211
4	73	12 (24 %)	0	50 (40 %)	135
5	110	18 (24 %)	0	76 (40 %)	204

Urea o MAP se añadió lentamente a agua mientras una mezcladora agitaba los contenidos a alta velocidad. Cuando la urea se mezcló con agua, la temperatura de la solución disminuyó significativamente. Era necesario que la solución estuviera a más de aproximadamente 70 °C para

que la urea se disolviera, así que la solución se calentó con el uso de una camisa de tanque de mezcla y tubería con traceado de calor hasta una temperatura en el intervalo de 85-93 °C. Para lograr una suspensión consistente y evitar la formación de grumos, el azufre elemental micronizado en polvo revestido con una capa de dispersante se añadió lentamente a la solución de urea. La velocidad del rotor de la mezcladora se aumentó a medida que el azufre se añadía debido a que el azufre espesaba la solución, y la turbulencia ayudó a dispersar cualquier grumo.

La partícula semilla que consiste en urea o MAP y la suspensión pulverizable se suministraron a un granulador de lecho fluidizado FB 10 con las condiciones que se especifican en la Tabla 3. Se realizaron tres corridas de prueba para la alimentación de urea, y dos corridas de prueba para la alimentación de MAP.

Tabla 3: Condiciones de corrida

Corrida #	Tipo de alimentación	Velocidad de alimentación de sólidos (kg/h)	Velocidad de alimentación de líquido (kg/h)	Temperatura de la alimentación de líquido (°C)
1	Urea	95	70	102
2	Urea	96	130	90
3	Urea	96	168	91
4	MAP	95	167	85
5	MAP	94	237	79

La adición de suspensión pulverizable (alimentación de líquido) se aumentó en toda la corrida 2 para aumentar el tamaño del gránulo de producto final. La puesta en marcha del sistema requirió el calentamiento previo del material en las tres zonas mediante el encendido del ventilador de la instalación de filtrado y los dos ventiladores del lecho fluidizado. El aire de los ventiladores se calentó con el uso de generadores de calor alimentados con gas natural. Los lechos se calentaron a aproximadamente 70-90 °C y una vez alcanzada la temperatura del lecho, se encendió el alimentador de sólidos (partícula semilla), y se añadió la suspensión pulverizable. Se empleó una boquilla de pulverización en cada sección del lecho y las boquillas se incrustaron en el lecho.

El granulador FB-10 revistió por pulverización las partículas semillas con éxito para aumentar el tamaño de partícula del gránulo y producir un producto de urea/azufre micronizado o un producto de MAP/azufre micronizado. Se tomaron muestras de producto de 5x8 Mesh (estándar de Estados Unidos) (4.00 mm x 2.80 mm) para el análisis durante las corridas 2 a la 5.

Las Tablas 4.1 y 4.2 más abajo muestran los resultados de la prueba. El producto demasiado grande era +5 Mesh (+4.00 mm), el producto de tamaño adecuado era 5x8 Mesh (4.00 mm x 2.80 mm), y los finos eran -8 Mesh (-2.80 mm). Las velocidades de finos en la instalación de filtrado se tomaron para las corridas 3 y 5, y el resultado de su medición fue 6 y 2 kg/h respectivamente. El tiempo de permanencia para las corridas 3 y 5 fue 26 y 25 minutos respectivamente.

Tabla 4.1: Resultados de la prueba y análisis del producto

Corrida #	Tipo de alimentación	Contenido de Humedad (%)	Densidad aparente a granel (kg/m^3)	Velocidad del producto demasiado grande (kg/h)	Velocidad del producto de tamaño adecuado (kg/h)	Velocidad de finos del producto (kg/h)
2	Urea	0.3	652	14	109	3
3	Urea	0.3	641	86	119	3
4	MAP	1.2	935	16	108	10
5	MAP	1.1	930	46	206	18

Tabla 4.2: Análisis del producto (cont.)

	% Por encima del tamaño de malla				
	5 (4.00 mm)	6 (3.36 mm)	7 (2.83 mm)	8 (2.80 mm)	10 (2.00 mm)
	Micras				
Corrida #	4750	3350	2800	2360	2000
2	0.1	15.4	68.4	97.4	99.9
3	1.4	32.3	76.6	97.4	99.9
4	0.2	15.1	66.7	95.4	99.7
5	0.3	20.9	66.2	94.3	99.9

Evidentemente, la variación de la concentración y la velocidad de la suspensión pulverizable en combinación con el tiempo de permanencia en el lecho fluidizado afecta el tamaño de partícula del producto. La velocidad de alimentación de partículas semillas se mantuvo consistente a 94 a 96 kg/h durante las corridas 2 a la 5. Generalmente, hubo un aumento del tamaño del gránulo a medida que se aumentó la velocidad de alimentación de la suspensión pulverizable. La velocidad de alimentación de la suspensión pulverizable en la corrida 3 se aumentó a 119 kg/h de 109 kg/h en la corrida 2. Esto dio lugar a un aumento de 10 kg/h en el producto de urea/azufre micronizado de tamaño adecuado y 72 kg/h del producto de urea/azufre micronizado demasiado grande. De manera similar, cuando se produjo el producto de MAP/azufre micronizado, la velocidad de alimentación de la suspensión pulverizable se aumentó de 167 kg/h (corrida 4) a 237 kg/h (corrida 5) y la velocidad del producto

de tamaño adecuado aumentó en 98 kg/h, mientras que la velocidad de producto demasiado grande aumentó en 30 kg/h. Por lo tanto, el aumento de la velocidad del líquido para el procesamiento de MAP/azufre micronizado dio lugar a un aumento de 90 % en el producto de 5x8 Mesh (4.00 mm x 2.80 mm), mientras que el aumento de la velocidad del líquido para el procesamiento de urea/azufre micronizado dio lugar a un aumento de solamente 9 % en el rendimiento del producto de 5x8 Mesh (4.00 mm x 2.80 mm). Para el proceso de urea/azufre micronizado la reducción del rendimiento del producto de tamaño adecuado se debió en parte a un gran aumento de la fracción de producto demasiado grande.

Se tomaron muestras de las tres zonas de producto durante las corridas 2, 3, y 5. El contenido de humedad para cada zona del lecho también se analizó y se presenta en la Tabla 5 más abajo.

Tabla 5: Condiciones de corrida

Corrida #	Zona 1 (%)	Zona 2 (%)	Zona 3(%)
2	0.7	0,4	0.3
3	0.9	0.7	0,4
5	1.5	1.0	1.0

Los análisis químicos de los productos se realizaron de acuerdo con los métodos de la Asociación de Químicos Analíticos Oficiales (AOAC). Las muestras de producto se probaron para nitrógeno total, P2O5 total, K2O, S total, y humedad.

Los análisis químicos del producto de fosfato/azufre micronizado de 5x8 Mesh (4.00 mm x 2.80 mm) resultante mostraron un nitrógeno total de 11.7 %, P2O5 de 46.6 %, y azufre total de 5.0 %. El análisis del producto de fosfato/azufre micronizado de 5+ Mesh (+4.00 mm) mostró un nitrógeno total de 11.1 %, P2O5 de 50.3 %, y azufre total de 5.0 %.

Los análisis químicos del producto de urea/azufre micronizado de 5x8 Mesh (4.00 mm x 2.80 mm) resultante mostraron un nitrógeno total de 44.1 %, y azufre total de 4.5 %. El análisis del producto de urea/azufre micronizado de 5+ Mesh (+4.00 mm) mostró un nitrógeno total de 43.0 %, y azufre total de 8.9 %.

Las pruebas de propiedades físicas se realizaron en los productos de acuerdo con el Manual para la Determinación de las Propiedades Físicas del Fertilizante (IFDC—R-10). Las propiedades físicas seleccionadas que se determinaron fueron resistencia a la trituración del gránulo (IFDC S115), y resistencia a la abrasión (IFDC S116).

La resistencia a la trituración del gránulo para el producto de urea/azufre micronizado estuvo en el intervalo de 2.86 a 3.39 kg/gránulo. La resistencia a la trituración del gránulo para el producto de fosfato/azufre micronizado estuvo en el intervalo de 8.67 a 9.90 kg/gránulo. La resistencia a la abrasión para ambos productos cumplió los criterios aceptables.

También se completó un ensayo adicional que consiste en gránulos de urea mezclados con azufre elemental micronizado con el uso de una mayor concentración de urea en la suspensión pulverizable. La suspensión pulverizable en este ensayo era una mezcla de urea y azufre elemental micronizado revestido con una capa de dispersante en cantidades que se muestran en la Tabla 6. La urea soluble estaba en el intervalo de 85 % a 95 % con respecto al agua y el azufre elemental micronizado insoluble estaba en el intervalo de 14 % a 17 % con respecto a la urea soluble.

Tabla 6: Relaciones de materiales de lote de alimentación de líquido

Corrida #	Azufre:Urea (%)	Urea:H_2O (%)	Peso total (kg)
1	14	90	260 (571 lb)
2	17	90	134 (295 lb)
3	17	85	213 (468 lb)

Cuando se combinaron los materiales con una mezcladora, la temperatura se mantuvo entre 80-100 °C para permitir la disolución de la urea. La partícula semilla y la suspensión pulverizable se suministraron a un granulador de lecho fluidizado FB 10 con las condiciones que se especifican en la Tabla 7.

Tabla 7: Condiciones de corrida

Corrida #	Velocidad de alimentación de sólidos (kg/h)	Velocidad de alimentación de líquido (kg/h)	Temperatura de la alimentación de líquido (°C)	Temperatura de entrada de gas de la boquilla (°C)
1	48	41	106	144
2	49	41	106	21
3	73	86	99-100	169

La Tabla 8 muestra los resultados de la prueba. Después de ejecutar el proceso durante aproximadamente 1 hora, la velocidad del producto y la velocidad de la alimentación de recirculación eran casi idénticas, lo que permitió reemplazar la alimentación de urea pura como la partícula semilla con la alimentación de recirculación. La última velocidad registrada para la alimentación de recirculación fue 73 kg/h, y 75 kg/h para el producto de 5x8 mesh (4.00 mm x 2.80 mm). De manera ideal, con la velocidad de alimentación de líquido a 91 kg/h y una velocidad de alimentación de

sólidos de 80 kg/h, con el ajuste para la pérdida de humedad en el secado del lecho fluido, la velocidad del producto de 5x8 mesh (4.00 mm x 2.80 mm) y las velocidades combinadas de producto demasiado grande y finos serían 80 kg/h cada una. Aunque se permitió que la velocidad de alimentación se estabilizara, sería necesario ejecutar el proceso durante un período de tiempo mayor para permitir que la alimentación de recirculación consista en el mismo análisis de N, P, K, S que la suspensión pulverizable para producir un producto fertilizante homogéneo.

Tabla 8: Resultados de la prueba y análisis del producto

			% Por encima del tamaño de malla							
			4 (4.76 mm)	**5** (4.00 mm)	**6** (3.36 mm)	**8** (2.80 mm)	**10** (2.00 mm)	**12** (1.70 mm)	**20** (0.841 mm)	**Densidad aparente (g/cc)**
			% Por encima del tamaño en micras							
	Corrida	Muestra	4750	4000	3350	2360	2000	1700	850	
3	Producto FB de 5x8 Mesh	0	0,4	20.4	88,7	99.7	-	100.0	0.663	
3	Producto FB de 5x8 Mesh	0	0,4	17.9	86,7	99.8	-	100.0	0.614	
3	Producto FB sin tamizar	2.1	7.4	14.9	36.7	65,5	-	100.0	0.625	
3	Producto demasiado	0.3	0.5	0.8	1.7	16.9	54.8	99.9	0.710	

Los análisis químicos de los productos de urea/azufre micronizado se realizaron de acuerdo con los métodos de la Asociación de Químicos Analíticos Oficiales (AOAC). Las muestras de producto se probaron para nitrógeno total, P2O5 total, K2O, S total, y humedad.

Los análisis químicos del producto de urea/azufre micronizado resultante de la corrida #3 mostraron un nitrógeno total de 41.7 % y azufre total de 10.1 %.

Las pruebas de propiedades físicas se realizaron en el producto de urea/azufre micronizado de acuerdo con el Manual para la Determinación de las Propiedades Físicas del Fertilizante (IFDC—R-10). Las propiedades físicas seleccionadas que se determinaron fueron resistencia a la trituración del gránulo (IFDC S115), y resistencia a la abrasión (IFDC S116).

La resistencia a la trituración del gránulo para el producto de urea/azufre micronizado estuvo en el intervalo de 3.58 a 3.92 kg/gránulo. La resistencia a la abrasión cumplió los criterios aceptables.

Ejemplo 3 – Producción de gránulos de MAP y azufre micronizado por granulación en tambor

Se produjo material fertilizante que consiste en MAP y azufre elemental micronizado a partir de ácido fosfórico y amoníaco como materia prima de alimentación, y con el uso de un secador del tipo tambor giratorio modificado como equipo de granulación y secado.

Se usaron partículas de MAP como partícula semilla para comenzar, pero se reemplazaron con la alimentación de recirculación de MAP/azufre micronizado una vez que el proceso estabilizó la velocidad del producto y la alimentación de recirculación. La suspensión pulverizable se produjo en un preneutralizador que se cargó con ácido fosfórico y amoníaco de calidad comercial en una relación molar 1:1. Después se añadió azufre micronizado filtrado y seco revestido con un dispersante a aproximadamente 15 % en peso y 22 % en peso con respecto a MAP.

Después se pulverizó una suspensión pulverizable de MAP disuelto y azufre micronizado en el tambor giratorio para revestir la partícula semilla a medida que se calentaba y se secaba. El tambor giratorio se dividió en una sección de alimentación/pulverización y una sección de secado con el uso de un dique de retención interno. La sección de alimentación/pulverización era lisa, mientras que la sección de secado usó paletas de elevación para formar una cascada de gránulos. Se hizo fluir aire caliente en paralelo a través del tambor giratorio. El tambor giratorio se hizo funcionar en un ángulo de inclinación de 2.0 grados, y la velocidad de rotación se ajustó a 12 rpm.

Los gránulos del tambor giratorio se transfirieron a un tamiz vibratorio con el uso de un elevador de cangilones de descarga centrífuga. Un tamiz de tamaño superior a 4 mm y uno inferior a 2.36 mm proporcionó un producto en el intervalo de tamaño deseado. El material demasiado grande se dirigió a una trituradora de martillo, se trituró y se mezcló con el material demasiado pequeño, y recirculó a la sección de alimentación del tambor giratorio como partícula semilla.

Los gránulos de producto de tamaño adecuado se enfriaron con el uso de flujo de aire en paralelo y se recolectaron en bolsas. Parte del producto se secó adicionalmente en un secador de tambor giratorio.

Los análisis químicos de los productos de fosfato/azufre micronizado se realizaron de acuerdo con los métodos de la Asociación de Químicos Analíticos Oficiales (AOAC). Las muestras de producto se probaron para nitrógeno total, P2O5 total, K2O, S total, y humedad. Los análisis químicos del producto de fosfato/azufre micronizado resultante indicaron un nitrógeno total de 9.3 %, P2O5 de 48.5 %, y azufre total de 13.8 %. En una corrida separada la concentración de azufre micronizado se aumentó en la suspensión de MAP/azufre y el análisis de nutrientes indicó nitrógeno total de 8.4 %, P2O5 de 43.0 %, y azufre total de 21.1 %. Con la estabilización de la velocidad del producto y la

alimentación de recirculación durante un período de tiempo, se espera que el análisis de N, P, K, S se estabilice para producir un producto fertilizante homogéneo que consiste en el % en peso original de azufre micronizado introducido en el proceso.

Las pruebas de propiedades físicas se realizaron en los productos de acuerdo con el Manual para la Determinación de las Propiedades Físicas del Fertilizante (IFDC—R-10). Las propiedades físicas seleccionadas que se determinaron fueron el análisis del tamaño mediante el método de cribado en seco (IFDC S107, Procedimiento 1), resistencia a la trituración del gránulo (IFDC S115), y resistencia a la abrasión (IFDC S116).

El análisis del tamaño de los productos fertilizantes se define como el intervalo de diámetro de partícula del material. Típicamente se mide mediante cribado, un proceso de separación de una mezcla de partículas de acuerdo con su fracción de tamaño. Los análisis del tamaño realizados en las muestras de producto mostraron que la totalidad de los productos de fosfato/azufre micronizado tamizados tenían más de 98.2 % de los gránulos retenidos entre los tamices de 2.00 mm y 4.00 mm. La resistencia a la trituración del gránulo estuvo en el intervalo de 0.67 a 2.57 kg/gránulo antes de una etapa de secado, a 1.65 a 3.51 kg/gránulo después de una etapa de secado. La resistencia a la abrasión cumplió los criterios aceptables.

Ejemplo 4 – Producción de gránulos de potasa/azufre micronizado por granulación en tambor

Se produjo material fertilizante que consiste en potasa y azufre elemental micronizado a partir de cloruro de potasio y azufre elemental micronizado como materia prima de alimentación, y con el uso de un secador del tipo tambor giratorio modificado como equipo de granulación y secado.

Se usaron partículas gruesas de cloruro de potasio (KCl) como partícula semilla para comenzar, pero se reemplazaron con la alimentación de recirculación de KCl/azufre micronizado una vez que el proceso estabilizó la velocidad del producto y la alimentación de recirculación. La suspensión pulverizable consistía en una mezcla de KCl soluble y 15 % (en peso) de azufre elemental micronizado. La solución de KCl se mantuvo por encima de 95 °C para mantener la concentración de la solución de KCl a un mínimo de 34 % de K2O. El tanque de suspensión de azufre micronizado se equipó con un agitador para mantener el azufre bien disperso.

La granulación del material se produjo en el secador del tipo tambor giratorio mediante la pulverización de la suspensión pulverizable de KCl/azufre micronizado en el granulador/secador. El secador del tipo tambor giratorio tenía una sección lisa con un dique de retención para el primer tercio del secador y los dos tercios restantes del secador tenían paletas de elevación. El material en

el primer tercio del granulador/secador formó un lecho rodante con pulverización de la suspensión en la parte superior del lecho para formar los gránulos. La suspensión pulverizable se pulverizó en el granulador/secador a través de una descarga de boquilla de pulverización ubicada de manera que la suspensión se pulverizara sobre el lecho de material en la primera sección. La segunda sección del granulador/secador que contiene las paletas de elevación creó cascadas de material que se secó con el uso de flujo de aire en paralelo. Una cámara de combustión de gas natural se ubicó en la entrada (extremo de alimentación del material) del granulador/secador. La temperatura de funcionamiento del granulador/secador se controló indirectamente mediante la medición de la temperatura del material de descarga del granulador/secador y el ajuste de la relación del aire respecto al gas de la cámara de combustión para mantener la temperatura de funcionamiento deseada. El granulador/secador se hizo funcionar en un ángulo de inclinación de 2.0 grados a partir de la horizontal, y la velocidad de rotación del granulador/secador se llevó a un máximo de 12 revoluciones por minuto (rpm). El granulador/secador se equipó con dos bandas de martillos, que contienen cada una cuatro martillos.

Un recolector de polvo del tipo ciclón se ubicó en el conducto de aire de escape/gases entre la descarga del granulador/secador y el ventilador de extracción del granulador/secador. El ventilador del granulador/secador realizó la extracción a un depurador húmedo y después a la atmósfera.

Se usó un elevador de cangilones de descarga centrífuga para transferir el material desde la descarga del granulador/secador hasta un enfriador de proceso del tipo tambor giratorio. El enfriador de proceso se hizo funcionar con un flujo de aire contracorriente. Un recolector de polvo del tipo ciclón se ubicó en el conducto de escape de aire entre la descarga de aire del enfriador de proceso y el ventilador de extracción. El enfriador de proceso se hizo funcionar en un ángulo de inclinación de 2.0 grados a partir de la horizontal.

La carcasa del tamiz se equipó con un tamiz para producto demasiado grande de malla cuadrada unida (abertura de 4.0 milímetros [mm]) y un tamiz para producto demasiado pequeño de malla cuadrada unida (abertura de 2.36 mm) para proporcionar un producto con un intervalo de tamaño de 2.36 a 4.00 mm. El material demasiado grande del sistema de tamizaje se dirigió a una trituradora de martillo. El material triturado descargado de la trituradora de martillo se devolvió (recirculó) a la cinta transportadora junto con el material demasiado pequeño del sistema de tamizaje y una fracción controlada del material de tamaño de producto adecuado, de ser necesario, para mantener el control de la granulación. La fracción de tamaño de producto adecuado se suministró al enfriador de

producto que se hizo funcionar a una velocidad de rotación de 9 rpm. El material de tamaño de producto adecuado se recolectó en bolsas.

El polvo de los elevadores, los sistemas de tamizaje, el enfriador de producto, y las cintas transportadoras se recolectó mediante el sistema de recolección de polvo fugitivo. Los gases del enfriador de proceso pasaron a través de un recolector de polvo del tipo ciclón ubicado en el conducto de aire de escape/gases entre la descarga del enfriador y el ventilador de extracción del enfriador antes de su emisión a la atmósfera.

Los análisis químicos de los productos de potasa/azufre micronizado se realizaron de acuerdo con los métodos de la Asociación de Químicos Analíticos Oficiales (AOAC). Las muestras de producto se probaron para nitrógeno total, P2O5 total, K2O, S total, y humedad.

Los análisis químicos de cada una de las muestras de producto compuestas indicaron que el azufre total estaba en el intervalo de aproximadamente 13.2 % a aproximadamente 15.0 % y K2O era 52.1 % K2O. Con la estabilización de la velocidad del producto y la alimentación de recirculación durante un período de tiempo, se espera que el análisis de N, P, K, S se estabilice para producir un producto fertilizante homogéneo que consiste en el % en peso original de azufre micronizado introducido en el proceso. El contenido de humedad de todos los productos analizados fue menor que 0.1 %.

Las pruebas de propiedades físicas se realizaron en los productos de potasa/azufre micronizado de acuerdo con el Manual para la Determinación de las Propiedades Físicas del Fertilizante (IFDC—R-10). Las propiedades físicas seleccionadas que se determinaron fueron el análisis del tamaño mediante el método de cribado en seco (IFDC S107, Procedimiento 1), resistencia a la trituración del gránulo (IFDC S115), y resistencia a la abrasión (IFDC S116).

El análisis del tamaño de los productos fertilizantes se define como el intervalo de diámetro de partícula del material. Típicamente se mide mediante cribado, un proceso de separación de una mezcla de partículas de acuerdo con su fracción de tamaño. El análisis del tamaño realizado en las muestras de producto mostró que la totalidad de los productos tamizados tenían más de 97.5 % de los gránulos retenidos entre los tamices de 2.00 mm y 4.00 mm.

La resistencia a la trituración se define como la fuerza mínima requerida para triturar partículas individuales. La resistencia a la trituración se mide mediante la aplicación de presión a los gránulos individuales – usualmente de un intervalo de tamaño específico (-2.80 mm +2.36 mm) – y el registro de la presión requerida para romper cada gránulo. La resistencia a la trituración del gránulo es útil

para predecir las propiedades de manipulación y almacenamiento esperadas de un gránulo y los límites de presión aplicados durante el almacenamiento en bolsas y a granel.

La resistencia a la trituración promedio de los productos de potasa/azufre micronizado fue entre aproximadamente 1.54 a aproximadamente 2.35 kilogramos por gránulo (kg/gránulo).

La resistencia a la abrasión es la resistencia a la formación de polvo y finos y a la ruptura del gránulo como resultado del contacto de un gránulo con otro gránulo y del gránulo con el equipo durante la manipulación. La resistencia a la abrasión se determina mediante la medición del porcentaje de polvo y finos (porcentaje de degradación) creados al someter una muestra a una acción del tipo abrasiva. La resistencia a la abrasión para los dos productos probados fue aproximadamente entre aproximadamente 3.42 % y 3.90 % de degradación.

DEFINICIONES E INTERPRETACIÓN

La descripción de la presente invención se presenta con fines de ilustración y descripción, pero no se destina a ser exhaustiva o limitada a la invención en la forma descrita. Muchas modificaciones y variaciones resultarán evidentes para los expertos en la técnica sin apartarse del alcance y espíritu de la invención. Las modalidades se escogieron y describieron para explicar mejor los principios de la invención y la aplicación práctica, y para permitir a otros expertos en la técnica comprender la invención para diversas modalidades con diversas modificaciones ya que son adecuadas para el uso particular que se contempla.

Las estructuras, materiales, actos y equivalentes correspondientes de todos los medios o etapas más elementos funcionales en las reivindicaciones adjuntas a la presente descripción pretenden incluir cualquier estructura, material o acto para realizar la función en combinación con otros elementos reivindicados como se reivindica específicamente.

Se observa, además, que las reivindicaciones pueden estar redactadas para excluir cualquier elemento opcional. Como tal, esta declaración pretende servir como base antecedente para el uso de la terminología exclusiva, como por ejemplo "únicamente", "solamente", y similares, en relación con la cita de elementos reivindicados o el uso de una limitación "negativa". Los términos "preferentemente", "preferido", "preferir", "opcionalmente", "puede", y términos similares se usan para indicar que un artículo, condición o etapa a la que se hace referencia es un elemento opcional (no requerido) de la invención.

Las formas singulares "un", "una" y "el/la" incluyen la referencia en plural a menos que el contexto lo indique claramente de cualquier otra manera. El término "y/o" significa cualquiera de los artículos, cualquier combinación de los artículos, o todos los artículos con los que se asocia este término.

El término "y/o" significa cualquiera de los artículos, cualquier combinación de los artículos, o todos los artículos con los que se asocia este término. La frase "uno o más" se entiende fácilmente por un experto en la técnica, particularmente cuando se lee en el contexto de su uso.

Como comprenderá el experto en la técnica, todos los números, lo que incluye los que expresan cantidades de reactivos o ingredientes, propiedades tales como peso molecular, condiciones de reacción, etcétera, son aproximaciones y se entiende que se modifican opcionalmente en todos los casos mediante el término "aproximadamente". Estos valores pueden variar en dependencia de las propiedades deseadas que se pretende obtener por los expertos en la técnica al utilizar las enseñanzas de las descripciones en la presente. Se entiende además que tales valores contienen inherentemente una variabilidad necesariamente resultante de las desviaciones estándar encontradas en sus respectivas mediciones de prueba.

El término "aproximadamente" puede referirse a una variación de ± 5 %, ± 10 %, ± 20 %, o ± 25 % del valor que se especifica. Por ejemplo, "aproximadamente 50" por ciento en algunas modalidades puede llevar a una variación entre 45 y 55 por ciento. Para intervalos de números enteros, el término "aproximadamente" puede incluir uno o dos números enteros mayores que y/o menores que un número entero citado en cada extremo del intervalo. A menos que se indique de cualquier otra manera en la presente descripción, el término "aproximadamente" pretende incluir los valores e intervalos próximos al intervalo citado que son equivalentes en términos de la funcionalidad de la composición, o la modalidad.

Como entenderá un experto en la técnica, para cualquiera y todos los propósitos, particularmente en términos de proporcionar una descripción escrita, todos los intervalos citados en la presente descripción también abarcan cualquiera y todos los subintervalos posibles y combinaciones de subintervalos de estos, así como los valores individuales que componen el intervalo, particularmente los valores enteros. Un intervalo citado (por ejemplo, porcentajes en peso o grupos de carbono) incluye cada valor específico, entero, decimal, o idéntico dentro del intervalo. Cualquier intervalo enumerado puede reconocerse fácilmente como descrito suficientemente y permite que el mismo intervalo se divida en al menos mitades iguales, tercios, cuartos, quintos, o décimos. Como un

ejemplo no limitante, cada intervalo discutido en la presente descripción puede descomponerse fácilmente en un tercio inferior, tercio medio y tercio superior, etc.

Como comprenderá también un experto en la técnica, todo el lenguaje tal como "hasta", "al menos", "mayor que", "menos de", "más de", "o más", y similares, incluyen el número citado y dichos términos se refieren a intervalos que pueden descomponerse posteriormente en subintervalos como se analizó anteriormente. De la misma manera, todas las relaciones citadas en la presente descripción incluyen además todas las subrelaciones comprendidas en la relación más amplia. En consecuencia, los valores específicos citados para radicales, sustituyentes, e intervalos son solamente ilustrativos; no excluyen otros valores definidos u otros valores dentro de los intervalos definidos para radicales y sustituyentes.

Un experto en la técnica, además, reconocerá fácilmente que donde los miembros se agrupan juntos en una manera común, tal como en un grupo Markush, la presente invención abarca no solamente el grupo entero enumerado como un todo, sino cada miembro del grupo individualmente y todos los posibles subgrupos del grupo principal. Adicionalmente, para todos los propósitos, la presente invención abarca no solamente el grupo principal, sino además el grupo principal en ausencia de uno o más de los miembros del grupo. La invención por lo tanto prevé la exclusión explícita de uno o más de cualquiera de los miembros de un grupo citado. En consecuencia, las condiciones pueden aplicarse a cualquiera de las categorías o modalidades descritas de manera que puede excluirse uno o más de los elementos, especies, o modalidades citados a partir de tales categorías o modalidades, por ejemplo, como se usa en una limitación negativa explícita.