

MEMORIA DESCRIPTIVA

Inventores: John Oren, Joshua Oren, ambos de Houston, Texas

Antecedentes

Solicitudes relacionadas

La presente solicitud reivindica la prioridad de la solicitud de patente provisional de EE.UU. n.º 62/275.377, depositada el 6 de enero de 2016, titulada "*Conveyor with Integrated Dust Collector System*", que se incorpora a la presente por referencia en su totalidad.

Campo de la invención

La presente invención se refiere a la recolección de partículas de polvo. Más concretamente, la presente invención se refiere a un conjunto de campana -para dirigir un flujo de aire de vacío que elimina un volumen de aire que contiene partículas de polvo de apuntalante después de que se haya traspasado apuntalante a una ubicación deseada desde una trayectoria del flujo- incluye una primera sección de campana que substancialmente rodea y recibe una salida de un canal de bajada que dirige el apuntalante a la ubicación deseada. La primera sección de campana incluye -al menos- un depósito de polvo que se extiende a través de un cuerpo de la primera sección de campana para permitir que un volumen de aire salga de la primera sección de campana. El conjunto de campana también incluye una segunda sección de campana que se ubica en posición adyacente a la primera sección de campana, y que comprende -al menos- un depósito de polvo para recibir el volumen de aire. Además, el conjunto de campana incluye una tercera sección de campana colocada en posición adyacente a la primera sección de campana y enfrente de la segunda sección de campana. La tercera sección de campana incluye -por lo menos-

un depósito de polvo para recibir el volumen de aire, y es substancialmente simétrica a la segunda sección de campana respecto de la primera sección de campana. También se relaciona con los sistemas y métodos para recolectar partículas de polvo formadas durante el movimiento de apuntalante.

Descripción de la técnica relacionada

La fracturación hidráulica o "*fracking*" ha sido utilizada durante décadas para estimular la producción de pozos convencionales de petróleo y gas. En los últimos años, el uso de la fracturación hidráulica ha aumentado debido al desarrollo de nuevas tecnologías de perforación, tales como perforación horizontal y fracturación hidráulica multietapas. Estas técnicas llegan a depósitos de gas natural y petróleo que con anterioridad no estaban disponibles. En general, la fracturación hidráulica incluye bombear fluidos hacia un pozo de perforación a alta presión. Dentro del pozo de perforación, el fluido es forzado hacia la formación en producción. Cuando el fluido ingresa en la formación, fractura o crea fisuras en la formación. Luego, se bombean agua y otros fluidos, además de algunos agentes apuntalantes sólidos, en las fisuras para estimular la liberación de gas y petróleo desde la formación.

El principal apuntalante es arena de sílice, formada por cuarzo antiguo erosionado, el mineral más común en la corteza continental de la Tierra. A diferencia de la arena común, que a menudo resulta granulosa al tacto cuando se frota entre los dedos, la arena utilizada como apuntalante tiende a rodar al tacto debido a su forma redonda, esférica y distribución de partículas bien calificada. La calidad de la arena es una función tanto del depósito como del procesamiento. El tamaño de grano es crítico, dado que cualquier apuntalante determinado debe caer confiablemente dentro de ciertos rangos

de malla, sujeto a las condiciones de fondo de pozo y el diseño de terminación. En general, el apuntalante más grueso permite una mayor capacidad debido a los más grandes espacios de poro entre los granos. Sin embargo, este tipo de apuntalante, puede romperse o molerse más fácilmente bajo tensión debido a los relativamente pocos puntos de contacto grano a grano para soportar la tensión que -a menudo- se produce en formaciones profundas de petróleo y gas.

Durante las operaciones de fracturación hidráulica, los trabajadores pueden cargar el apuntalante para fracturación hidráulica en tolvas para mezclar el apuntalante para fracturación hidráulica con fluidos (por ejemplo, agua, productos químicos para *fracking* de especialidad, etc.) antes de inyectarlo en el pozo. El movimiento y la carga del apuntalante para fracturación hidráulica pueden producir partículas de polvo que pueden ser inhaladas por el personal operativo o aspiradas en equipos mecánicos. La inhalación puede deteriorar la salud del personal. Por otra parte, el equipo mecánico puede resultar dañado por las partículas de polvo. Por ejemplo, las partículas pueden obstruir los filtros y reducir el flujo de aire al equipo. Por consiguiente, ahora se reconoce que es deseable reducir la presencia de partículas de polvo cerca de los lugares donde hay apuntalante para fracturación hidráulica.

Reseña

Los solicitantes reconocieron los problemas señalados en la presente, y concibieron y desarrollaron formas de realización de los sistemas y métodos, según la presente invención, para colocar recipientes de apuntalante en estantes, pilares, transportadores o similares.

En una forma de realización, un conjunto de campana -para dirigir un flujo de aire de vacío que elimina un volumen de

aire que contiene partículas de polvo de apuntalante después de que se haya traspasado apuntalante a una ubicación deseada desde una trayectoria del flujo- incluye una primera sección de campana que substancialmente rodea y recibe una salida de un canal de bajada que dirige el apuntalante a la ubicación deseada. La primera sección de campana incluye -al menos- un depósito de polvo que se extiende a través de un cuerpo de la primera sección de campana para permitir que un volumen de aire salga de la primera sección de campana. El conjunto de campana también incluye una segunda sección de campana que se ubica en posición adyacente a la primera sección de campana, y que comprende -al menos- un depósito de polvo para recibir el volumen de aire. Además, el conjunto de campana incluye una tercera sección de campana colocada en posición adyacente a la primera sección de campana y enfrente de la segunda sección de campana. La tercera sección de campana incluye -por lo menos- un depósito de polvo para recibir el volumen de aire, y es substancialmente simétrica a la segunda sección de campana respecto de la primera sección de campana.

En otra forma de realización, un conjunto para suministro de apuntalante -que recibe y sostiene uno o más recipientes que tienen apuntalante almacenado en su interior- incluye un bastidor que tiene una superficie superior para recibir y sostener uno o más recipientes cuando se ubican sobre este. El bastidor permite que uno o varios recipientes dosifiquen el apuntalante almacenado en ellos. El conjunto para suministro de apuntalante también incluye un impulsor de apuntalante colocado debajo de la superficie superior del bastidor y que está alineado con uno o más recipientes para recibir el apuntalante cuando el apuntalante se dosifica desde uno o más recipientes. El impulsor de apuntalante arrastra el apuntalante desde uno o más recipientes. El conjunto de

suministro de apuntalante también incluye un canal de bajada orientable que recibe el apuntalante desde el impulsor de apuntalante y dirige el apuntalante a una ubicación deseada, el canal de bajada está acoplado al bastidor y se mueve alrededor de un eje para cambiar la ubicación donde se dosifica el apuntalante.

En una forma de realización diferente, un conjunto para la recolección de polvo para recoger y eliminar las partículas de polvo en un volumen de aire, las partículas de polvo formadas por el movimiento y la sedimentación de apuntalante, incluye un conjunto de campana colocado próximo al volumen de aire que tiene las partículas de polvo. El conjunto de campana dirige -al menos- una parte del volumen de aire hacia uno o más depósitos de polvo que se extienden a través del conjunto de campana, y define -al menos- una parte del volumen de aire. Los depósitos de polvo están ubicados para dirigir -al menos- una parte del volumen de aire desde el conjunto de campana. El conjunto para la recolección de polvo también incluye una unidad de aire de vacío acoplada de manera fluida al conjunto de campana en uno o más depósitos de polvo. La unidad de aire de vacío genera presión de succión para extraer al menos una parte del volumen de aire fuera del conjunto de campana a través de uno o más depósitos de polvo.

Breve descripción de los dibujos

Los aspectos, características y ventajas de la presente invención indicados previamente se apreciarán mejor cuando se consideren con referencia a la siguiente descripción de las formas de realización y los dibujos que se adjuntan. En la descripción de las formas de realización de la invención que se ilustran en los dibujos adjuntos se utilizará la terminología específica por motivos de claridad. Sin embargo, no se pretende limitar la invención a los términos específicos

usados, y cabe comprender que cada término específico incluye equivalentes que funcionan de manera similar para lograr un propósito similar.

La Figura 1 es una vista en perspectiva frontal de un sistema de suministro de apuntalante que tiene un conjunto para la recolección de polvo según una forma de realización de la presente invención.

La Figura 2 es una vista en perspectiva posterior de un sistema de suministro de apuntalante que tiene un conjunto para la recolección de polvo de la Figura 1 según una forma de realización de la presente invención.

La Figura 3 es una vista en alzado frontal de un sistema de suministro de apuntalante que tiene un conjunto para la recolección de polvo de la Figura 1 según una forma de realización de la presente invención.

La Figura 4 es una vista en alzado posterior de un sistema de suministro de apuntalante que tiene el conjunto para la recolección de polvo de la Figura 1 según una forma de realización de la presente invención.

La Figura 5 es una vista en planta superior de un sistema de suministro de apuntalante que tiene un conjunto para la recolección de polvo de la Figura 1 según una forma de realización de la presente invención.

La Figura 6 es una vista en planta superior de una forma de realización de un conjunto para la recolección de polvo que sostiene dos sistemas de suministro de apuntalante según otra forma de realización de la presente invención.

La Figura 7 es una vista en perspectiva parcial de un sistema de suministro de apuntalante ubicado para suministrar apuntalante a una tolva mezcladora según una forma de realización de la presente invención.

La Figura 8 es una vista en perspectiva de un conjunto de campana de un conjunto para la recolección de polvo de la Figura 1 ubicado en asociación con una tolva mezcladora según una forma de realización de la presente invención.

La Figura 9 es una vista en alzado lateral de un conjunto de campana de la Figura 8 según una forma de realización de la presente invención.

La Figura 10 es una vista en alzado frontal de un conjunto de campana de la Figura 8 según una forma de realización de la presente invención.

La Figura 11 es una vista en alzado posterior de un conjunto de campana de la Figura 8 según una forma de realización de la presente invención.

La Figura 12 es una vista en planta superior de un conjunto de campana de la Figura 8 según una forma de realización de la presente invención.

La Figura 13 es una vista en planta inferior de un conjunto de campana de la Figura 8 según una forma de realización de la presente invención.

La Figura 14 es una vista en corte transversal del conjunto de campana de la Figura 8 tomada a lo largo de la línea 14-14 según una forma de realización de la presente invención.

La Figura 15 es una vista en corte transversal del conjunto de campana de la Figura 8 tomada a lo largo de la línea 15-15 según una forma de realización de la presente invención.

La Figura 16 es una vista en corte transversal del conjunto de campana de la Figura 8 tomada a lo largo de la línea 16-16 según una forma de realización de la presente invención.

La Figura 17 es un diagrama esquemático de un sistema de conductos que acopla un desplazador de aire al conjunto de campana de la Figura 8 según una forma de realización de la presente invención.

La Figura 18 es una vista en planta superior de un conjunto de campana de la Figura 8 en una primera posición adyacente a una tolva mezcladora según una forma de realización de la presente invención.

La Figura 19 es una vista en planta superior de un conjunto de campana de la Figura 8 en una segunda posición adyacente a una tolva mezcladora según una forma de realización de la presente invención.

La Figura 20 es una vista en planta superior de un conjunto de campana de la Figura 8 en una tercera posición adyacente a una tolva mezcladora.

La Figura 21 es una vista en planta superior de un sistema de conductos acoplado al conjunto de campana de la Figura 8 según una forma de realización de la presente invención.

La Figura 22 es una vista en perspectiva de una bandeja de recogida ubicada a lo largo del transportador, aguas abajo del canal de bajada según una forma de realización de la presente invención.

La Figura 23 es una vista en alzado frontal de una bandeja de recogida de la Figura 23 según una forma de realización de la presente invención.

La Figura 24 es una vista en alzado lateral de la bandeja de recogida de la Figura 23 según una forma de realización de la presente invención.

La Figura 25 es una vista en corte transversal de la bandeja de recogida de la Figura 23 tomada a lo largo de la

línea 25-25 según una forma de realización de la presente invención.

La Figura 26 es una vista en alzado lateral parcial del apuntalante depositado en la bandeja de recogida de la Figura 23 según una forma de realización de la presente invención.

La Figura 27 es una vista en alzado lateral parcial de un flujo de aire y apuntalante que se mueven a través del sistema según una forma de realización de la presente invención.

La Figura 28 es una vista en perspectiva de un desplazador de aire del conjunto para la recolección de polvo dispuesto próximo al sistema de suministro de apuntalante en un patín según una forma de realización de la presente invención.

La Figura 29 es una vista en alzado lateral del desplazador de aire de la Figura 29 según una forma de realización de la presente invención.

La Figura 30 es una vista en alzado posterior del desplazador de aire de la Figura 29 según una forma de realización de la presente invención.

La Figura 31 es una vista en alzado posterior del desplazador de aire de la Figura 29 que tiene un conjunto de descarga de residuos según una primera forma de realización de la presente invención.

La Figura 32 es una vista en alzado posterior del desplazador de aire de la Figura 29 que tiene un conjunto de descarga de residuos según una segunda forma de realización de la presente invención.

La Figura 33 es una vista en perspectiva de un sistema de suministro de apuntalante y un conjunto para la recolección de polvo dispuesto en un pozo según una forma de realización de la presente invención.

La Figura 34 es una vista en perspectiva de un recipiente de un sistema de suministro de apuntalante que se carga en un bastidor del sistema de suministro de apuntalante según una forma de realización de la presente invención.

La Figura 35 es una vista en perspectiva del recipiente de la Figura 34 ubicado en el bastidor y alineado con un accionador de un sistema de suministro de apuntalante que tiene un conjunto para la recolección de polvo según una forma de realización de la presente invención.

La Figura 36 es una vista en corte transversal parcial de un recipiente que dosifica en un transportador de un sistema de suministro de apuntalante que tiene un conjunto para la recolección de polvo según una forma de realización de la presente invención.

Las Figuras 37A-D son diagramas de flujo que ilustran métodos para la recolección de partículas de polvo en operaciones de fracturación hidráulica según formas de realización de la presente invención.

La Figura 38 es un diagrama de flujo que ilustra métodos para la recolección de partículas de polvo y apuntalante residual en operaciones de fracturación hidráulica según formas de realización de la presente invención.

Descripción Detallada

Los aspectos, características y ventajas de la presente invención indicados previamente se apreciarán mejor cuando se consideren con referencia a la siguiente descripción de las formas de realización y los dibujos que se adjuntan. En la descripción de las formas de realización de la invención que se ilustran en los dibujos adjuntos se utilizará la terminología específica por motivos de claridad. Sin embargo, no se pretende limitar la invención a los términos específicos usados, y cabe comprender que cada término específico incluye

equivalentes que funcionan de manera similar para lograr un propósito similar.

Al introducir elementos de varias formas de realización de la presente invención, los artículos «un/uno/una», «el/la/los/las» y «dicho/dicha/dichos/dichas» indican que hay uno o más de los elementos. Los términos «comprende», «incluye» y «tiene» son de carácter inclusivo y significan que pueden existir elementos adicionales distintos de los elementos que se enumeran. Los ejemplos de parámetros operativos o condiciones ambientales no excluyen otros parámetros y condiciones que difieren de las formas de realización divulgadas. Además, debe entenderse que las referencias a «una forma de realización», «ciertas formas de realización» u «otras formas de realización» de la presente invención no excluyen la existencia de formas de realización adicionales que también incorporan las características citadas. Además, la referencia a términos tales como «por encima», «por debajo», «superior», «inferior», «lateral», «frontal», «trasero/a», u otros términos con respecto a la orientación remite a las formas de realización que se ilustran y no pretenden limitar ni excluir otras orientaciones.

Las formas de realización de la presente revelación incluyen un sistema para capturar partículas de polvo de apuntalante. En algunas formas de realización, se dispone un conjunto para la recolección de polvo cerca de -y al menos parcialmente acoplado a- un conjunto para suministro de apuntalante. El conjunto para suministro de apuntalante incluye un bastidor que recibe uno o más recipientes en una configuración uno al lado del otro. Los recipientes contienen apuntalante para fracturación hidráulica que se dosifica a través de una abertura en el fondo de cada recipiente respectivo. Por ejemplo, los accionadores colocados debajo de

una superficie superior del bastidor pueden engranarse a una barrera 114 que cubre la abertura para permitir que el apuntalante fluya hacia afuera de uno o más recipientes y sobre un impulsor de apuntalante. En algunas formas de realización, el impulsor de apuntalante es un transportador sin fin que arrastra el apuntalante a lo largo de una longitud del bastidor desde uno o más recipientes. El impulsor de apuntalante dirige el apuntalante a un canal de bajada dispuesto en un extremo distal del bastidor. El canal de bajada incluye una superficie inclinada que dirige el apuntalante hacia la tolva mezcladora. En algunas formas de realización, el canal de bajada es orientable para que el personal de operaciones en el sitio de fracturación hidráulica dirija una salida del canal de bajada hacia una ubicación deseada.

En ciertas formas de realización, el conjunto para la recolección de polvo incluye un conjunto de campana dispuesto alrededor de la salida del canal de bajada para capturar y eliminar las partículas de polvo generadas por el movimiento y la sedimentación del apuntalante. Al menos una parte del conjunto de campana rodea la salida del canal de bajada, de modo que está colocado cerca de la ubicación donde es probable que se formen partículas de polvo. En ciertas formas de realización, el conjunto de campana incluye uno o más depósitos de polvo que reciben el polvo capturado por el conjunto de campana. Por ejemplo, el conjunto de campana está acoplado a un desplazador de aire por medio de conductos. Es decir, los tubos, colectores y demás se acoplan al desplazador de aire para que el conjunto de campana transmita una presión de succión generada por el desplazador de aire hacia el conjunto de campana. La presión de succión extrae un flujo de aire desde una trayectoria del flujo que se ubica cerca de la

tolva mezcladora. En consecuencia, las partículas de polvo capturadas en el flujo de aire son extraídas desde la tolva mezcladora y se mueven hacia el desplazador de aire. En algunas formas de realización, la fuerza de succión generada por el desplazador de aire en el conjunto de campana es suficiente para capturar las partículas de polvo y también está diseñada para reducir la posibilidad de elevar el apuntalante desde la tolva mezcladora. Es decir, la fuerza de succión se selecciona particularmente para minimizar el riesgo de eliminar apuntalante de la tolva mezcladora. De esta manera, se eliminan las partículas de polvo de la tolva mezcladora para reducir el riesgo de exposición del personal del sitio que trabaja en las operaciones de fracturación hidráulica.

La Figura 1 es una vista en perspectiva frontal de una forma de realización de un conjunto para suministro de apuntalante 10 y un conjunto para la recolección de polvo 12 que se ubican en un pozo 14. En la forma de realización que se ilustra, el conjunto para suministro de apuntalante 12 incluye un bastidor 16 que sostiene los recipientes de apuntalante 18. Tal como se muestra, los recipientes 18 están dispuestos en una configuración uno al lado del otro a lo largo del bastidor 16 y en posición cercana al equipo de operación de fraccionamiento hidráulico, por ejemplo, una tolva mezcladora 20. En algunas formas de realización, el bastidor 16 incluye un impulsor de apuntalante 22 que dirige el apuntalante desde los recipientes 18 después de que el apuntalante 18 se dosifica desde los recipientes 18. En formas de realización donde, por ejemplo, el impulsor de apuntalante 22 es un transportador, el apuntalante se desplaza a lo largo del bastidor 16 hasta un canal de bajada 24 que dirige el apuntalante hacia el interior de la tolva mezcladora 20. Sin

embargo, debe apreciarse que en otras formas de realización el impulsor de apuntalante 22 puede ser un canal de bajada, una superficie inclinada, una barrena helicoidal o similares. Además, el impulsor de apuntalante 22 puede dirigir el apuntalante desde los recipientes 18 sin moverse a lo largo del bastidor 16. Por ejemplo, el impulsor de apuntalante 22 puede ser una barrena helicoidal que dirige el apuntalante hacia un lateral del bastidor 16. En la tolva mezcladora 20, el apuntalante se puede mezclar con el fluido de fracturación hidráulica (por ejemplo, agua, productos químicos, etc.) para la inyección en un pozo de perforación 26.

Los recipientes 18 en la forma de realización que se ilustra son substancialmente sellados, independientes y modulares para permitir el transporte y almacenamiento del apuntalante, a la vez que se minimiza el riesgo de exposición del apuntalante o partículas de polvo formadas a partir del apuntalante. Además, los recipientes sustancialmente sellados 18 pueden aislar el apuntalante del medio ambiente, reduciendo así el riesgo de que el agua u otros contaminantes se mezclen con el apuntalante. Por ejemplo, los recipientes 18 pueden suministrarse al pozo 14 llenos de apuntalante, apilados en una configuración vertical hasta que el apuntalante está listo para usar y, luego, se los dispone en el bastidor 16 en la configuración uno al lado del otro que se ilustra. Una vez en el bastidor 16, los recipientes de apuntalante 18 se pueden abrir, de manera tal que el apuntalante fluya hacia el exterior del fondo de los recipientes 18 y sobre el impulsor de apuntalante 22. Como se describirá a continuación, en ciertas formas de realización el impulsor de apuntalante 22 puede ser un transportador sin fin que recibe el apuntalante sobre una superficie y dirige el apuntalante desde los recipientes 18. Sin embargo, en otras formas de realización,

el impulsor de apuntalante 22 puede ser una barrena helicoidal, una rampa inclinada o similares para facilitar el movimiento del apuntalante de un lugar a otro. De esta manera, se puede mover el apuntalante desde los recipientes 18 a la tolva mezcladora 20.

El conjunto para la recolección de polvo 12 está ubicado cerca del conjunto para suministro de apuntalante 10, en la forma de realización que se ilustra. Al ubicar el conjunto para la recolección de polvo 12 cerca del conjunto para suministro de apuntalante 10 no sólo se reduce el espacio ocupado por todo el sistema en el pozo 14, sino que también se reduce la cantidad de conducto que conecta el conjunto para la recolección de polvo 12 con el conjunto para suministro de apuntalante 10. Como se describirá en detalle a continuación, el conjunto para la recolección de polvo 12 incluye un desplazador de aire 28 que extrae un vacío en un lugar deseado donde el apuntalante se carga en la tolva mezcladora 20. Es decir, el desplazador de aire 28 genera una presión de succión cerca de la tolva mezcladora 20 para eliminar las partículas de polvo en un volumen de aire. En consecuencia, las partículas de polvo que se forman debido al movimiento y la sedimentación del apuntalante serán capturadas por un flujo de aire generado por el desplazador de aire 28. En la forma de realización que se ilustra, la ubicación deseada es la tolva mezcladora 20. A medida que el apuntalante se desplaza desde los recipientes 16 a la tolva mezcladora 20 (por ejemplo, a través del impulsor de apuntalante 22), las partículas de polvo pueden separarse del apuntalante y entrar en el aire. Estas partículas de polvo pueden infiltrarse en el equipo mecánico, de tal modo que se reduce la fiabilidad o se aumentan los intervalos de mantenimiento. O bien, en ciertos casos, el personal del sitio de la operación de fracturación

hidráulica puede inhalar las partículas de polvo en el pozo 14. Utilizando el conjunto de recolección de polvo 12, las partículas de polvo pueden ser capturadas y retiradas de la tolva mezcladora 20, de manera que se reduce el riesgo de exposición, tanto de los trabajadores como de los equipos.

La Figura 2 es una vista en perspectiva posterior del conjunto para la recolección de polvo 12 dispuesto cerca del conjunto para suministro de apuntalante 10. Como se muestra, el conjunto para la recolección de polvo 12 está dispuesto en una parte trasera del conjunto para suministro de apuntalante 10 para mantener -al menos- un lateral del bastidor 16 libre de obstrucciones. De esta manera, los recipientes 18 pueden ser cargados y descargados del bastidor 16 con el empleo de una carretilla elevadora. Por ejemplo, los recipientes 18 pueden apilarse en el pozo 14 en una configuración vertical hasta que están listos para su uso. La carretilla elevadora puede levantar los recipientes 18 desde la configuración apilada y llevar los recipientes 18 al bastidor 16 para la alineación y la deposición sobre una superficie superior del bastidor 16 a fin de facilitar la dosificación de apuntalante desde los recipientes 18. Dado que un lateral del bastidor 16 está libre de obstrucciones, la carretilla elevadora continuamente puede agregar y retirar recipientes 18 del bastidor 16, de modo que se pueden continuar ininterrumpidamente las operaciones de fracturación hidráulica a medida que se vacía el apuntalante de los recipientes 18. En algunas formas de realización, se vacían los recipientes 18 sobre el impulsor de apuntalante 22 para facilitar el desplazamiento del apuntalante a la tolva mezcladora 20. Por otra parte, se pueden hacer trabajos en el conjunto para la recolección de polvo 12 (por ejemplo, mantenimiento de rutina, instalación, optimización, etc.) mientras los recipientes 18

se ubican en el bastidor 16 porque el conjunto para la recolección de polvo 12 está separado de la zona de movimiento de las carretillas elevadoras por medio del bastidor 16. De esta manera, el conjunto para la recolección de polvo 12 puede instalarse y ponerse en marcha al mismo tiempo que se colocan los recipientes 18 en el bastidor 16, de manera tal que mejoran las eficiencias en el pozo 14 y -potencialmente- se acorta la duración de la configuración en el pozo 14.

En la forma de realización que se ilustra, el desplazador de aire 28 se ubica cerca de un extremo trasero 30 o extremo proximal del bastidor 16, alejado del canal de descarga 24 dispuesto en un extremo distal 32 del bastidor 16. En consecuencia, los trabajadores del pozo 14 pueden mantener una distancia desde la succión de vacío, generada por el desplazador de aire 28, en la tolva mezcladora 20 o en el canal de bajada 24 cuando se trabaja en -o cerca de- el desplazador de aire 28. Como tal, disminuye aún más el riesgo de exposición a las partículas de polvo. Como se describirá a continuación, el conjunto para la recolección de polvo 12 está diseñado para integrarse sustancialmente con el conjunto para suministro de apuntalante a fin de minimizar el espacio utilizado por el equipo en el sitio del pozo 14 y para reducir la cantidad de equipo adicional utilizado por el conjunto para la recolección de polvo 12.

La Figura 3 es una vista en alzado frontal de una forma de realización del conjunto para la recolección de polvo 12 dispuesto delante (por ejemplo, con respecto al plano de la página) y cerca del conjunto para suministro de apuntalante 10. Como se describió anteriormente, el conjunto para la recolección de polvo 12 está dispuesto cerca del conjunto para suministro de apuntalante 10 para remover las partículas de polvo que se producen en un lugar deseado de la dispersión de

apuntalante. Por otra parte, si el conjunto para la recolección de polvo 12 se ubica cerca del conjunto para suministro de apuntalante 10, puede reducirse el espacio ocupado general en el sitio del pozo 14. En la forma de realización que se ilustra, los recipientes 18 (que se muestran con líneas de trazos para una mayor claridad) se disponen en una configuración uno al lado del otro a lo largo de una longitud 40 del bastidor 16. La configuración de los recipientes 18 permite retirar un recipiente 18 del bastidor 16, mientras que los otros recipientes 18 descargan apuntalante sobre el impulsor de apuntalante 22. De esta manera, puede suministrarse apuntalante de manera continua a la tolva mezcladora 20, incluso cuando uno de los recipientes 18 está vacío y se lo reemplaza por un recipiente lleno 18.

En la forma de realización que se ilustra, el conjunto para la recolección de polvo 12 incluye un conjunto de campana 42 colocado encima de -y que se superpone con- la tolva mezcladora 20 para capturar y eliminar las partículas de polvo formadas cerca de la tolva mezcladora 20. El conjunto de campana se acopla de manera fluida al impulsor de aire 28 por medio del conducto 44. En la forma de realización que se ilustra, el conducto 44 incluye múltiples tubos 46 que se extienden desde el conjunto de campana 42 a un colector 48 que se extiende a lo largo de la longitud del bastidor 40. Por ejemplo, los tubos 46 pueden conformarse a partir de cañería flexible (por ejemplo, tubos de polímero, tubería metálica, etc.) para permitir una variedad de configuraciones de recorrido entre el colector 48 y el conjunto de campana 42, de manera que aumenta la flexibilidad de recorrido para adaptarse a las condiciones de diseño en el pozo 14. Por otra parte, se aprecia que el colector 48 puede tener cualquier diámetro e

incluir una o más conexiones para adaptar tubos de cualquier diámetro 46 según las condiciones de diseño.

El colector 48 se acopla a cada tubo de 46 para acoplar de manera fluida el conjunto de campana 42 al desplazador de aire 28. Como resultado, la fuerza de vacío generada por el desplazador de aire 28 forma un flujo de aire que elimina el aire de una trayectoria del flujo que cubre la tolva mezcladora 20 y dirige el aire hacia el desplazador de aire 28 por medio del conducto 44. De esta manera, las partículas de polvo en el aire eliminado por medio del desplazador de aire 28 pueden ser capturadas en el desplazador de aire 28 para su posterior almacenamiento o eliminación. Como se muestra, el colector 48 está sostenido por el bastidor 16. Sin embargo, se debe apreciar que en otras formas de realización el colector 48 puede no estar acoplado al bastidor 16. Por ejemplo, el colector 48 puede estar sostenido por una serie de soportes para tubos colocados al lado del bastidor 16. En la forma de realización que se ilustra, al incorporar el colector 48 en el bastidor 16 se reduce aún más el espacio ocupado por el conjunto para suministro de apuntalante 10 y el conjunto para la recolección de polvo 12 en el pozo 14. Por otra parte, colocar el colector 48 debajo del bastidor 16 permite a los operadores acceder a ambos lados de los recipientes 18, con lo cual mejora el acceso a los recipientes 18 para realizar tareas de inspección o la colocación en el bastidor 16.

Los tubos 46 que se extienden desde el colector 48 están sostenidos -al menos en parte- por el canal de bajada 24. Por ejemplo, los tubos 46 pueden tener un recorrido alrededor de una superficie superior del canal de bajada 24 y estar sostenidos por esta. Por otra parte, como se describe a continuación, un cuerpo del canal de bajada 24 puede incluir soportes para tubos que dan sostén a los tubos 46 que acoplan

el conjunto de campana 42 al colector 48. De esta manera, el conducto 44 del conjunto para la recolección de polvo 12 puede ser incorporado sustancialmente en el conjunto para suministro de apuntalante 10 para reducir el espacio ocupado por todo el sistema.

Como se describió anteriormente, el desplazador de aire 28 genera una fuerza de vacío cerca de la tolva mezcladora 20, en la forma de realización que se ilustra. La fuerza de vacío elimina -al menos- una parte del aire que rodea la tolva mezcladora 20 en el flujo de aire, de modo que se eliminan las partículas de polvo en la trayectoria del flujo a través del movimiento y la sedimentación del apuntalante. En la forma de realización que se ilustra, el desplazador de aire 28 se ubica sobre un patín 50 en el extremo trasero 30 del bastidor 16. El patín 50 permite que el impulsor de aire 28 se mueva fácilmente entre los pozos junto con el conjunto para suministro de apuntalante 10, de modo que se reduce el tiempo de parada entre las operaciones en los pozos 14. El patín 50 que se ilustra también incluye un motor 52 para impulsar el desplazador de aire 28. Por ejemplo, el motor 52 puede ser un motor de combustión, un motor eléctrico, un motor de vapor o similar, para alimentar el desplazador de aire 28 de manera suficiente para generar la fuerza de vacío de succión en la tolva mezcladora 20. Si se proporciona un sistema de alimentación independiente desde el bastidor 16, el desplazador de aire 28 puede continuar eliminando aire desde un punto cercano a la tolva mezcladora 20, incluso cuando el conjunto para suministro de apuntalante 10 no está en funcionamiento.

La Figura 4 es una vista en alzado posterior del sistema de suministro de apuntalante 10 que tiene un conjunto para la recolección de polvo 12 ubicado cerca del extremo trasero del

bastidor 16. De manera similar a la Figura 3, los recipientes 18 dispuestos en una configuración uno al lado del otro a lo largo del bastidor 16 se presentan con líneas de trazos para una mayor claridad. Además, en la forma de realización que se ilustra, el colector 48 se muestra con línea de trazos para lograr mayor claridad. Como se expone, el desplazador de aire 28 se dispone más cerca del extremo trasero 30 del bastidor 16 que el recipiente 18 ubicado cerca del extremo trasero 30 del bastidor 16. Como resultado, se puede acceder a los recipientes 18 desde ambos laterales del bastidor 16, de manera tal que mejora el acceso para realizar tareas de mantenimiento, inspección y similares.

En la forma de realización que se ilustra, el colector 48 se presenta con conexiones 60 dispuestas substancialmente en sentido lineal y cerca del extremo distal 32 del bastidor 16. Las conexiones 60 permiten que los tubos 46 se acoplen al colector 48, y así proporcionan una trayectoria del flujo para que el aire que tiene las partículas se desplace alejándose de la tolva mezcladora 20, a través del colector 48 y hacia el desplazador de aire 28. Debe apreciarse que las conexiones 60 pueden ubicarse en cualquier parte del colector 48 y en cualquier configuración razonable para permitir que los tubos 46 se acoplen con colector 48. Por ejemplo, en la forma de realización que se ilustra, las conexiones 60 se ubican mirando hacia el plano de la página. Sin embargo, en otras formas de realización, las conexiones 60 pueden ubicarse en cualquier posición en circunferencia alrededor del colector 48 para permitir que las conexiones entre los componentes del conjunto para la recolección de polvo 12 sean fáciles y rápidas.

Por otra parte, la forma de realización que se ilustra incluye soportes del conducto 62 acoplados a un refuerzo

dispuesto aguas arriba del canal de bajada 24. Los soportes del conducto 62 sostienen el conducto 44 (por ejemplo, los tubos 46) que se extiende desde el colector 48 al conjunto de campana 42. Como se apreciará, los soportes del conducto 62 sostienen el conducto 44 para bloquear el movimiento y mantener una trayectoria del flujo abierta a lo largo del conducto 44. Por ejemplo, en formas de realización donde los tubos 46 son longitudes flexibles de tuberías, los soportes del conducto 62 pueden impedir la compresión a lo largo de los conductos 44, de manera que se facilita una trayectoria del flujo abierto entre el desplazador de aire 28 y el conjunto de campana 42.

La Figura 5 es una vista en planta superior de una forma de realización del sistema de suministro de apuntalante 10 y el conjunto para la recolección de polvo 12. Se aprecia que varios componentes se muestran con líneas de trazos para mayor claridad. En la forma de realización que se ilustra, el conducto 44 acopla el desplazador de aire 28 al conjunto de campana 42. Por ejemplo, la cañería 70 acopla al desplazador de aire 28 al colector 48, que se extiende a lo largo de la longitud del bastidor 40. En el extremo distal 32 del bastidor 16, los tubos 46 se acoplan al colector 48 y al conjunto de campana 42, de manera tal que se forma una trayectoria del flujo entre el desplazador de aire 28 y el conjunto de campana 42. En la forma de realización que se ilustra, el colector 48 se ubica debajo del bastidor 16. Es decir, el colector 48 se ubica dentro de una viga delantera 72 y una viga trasera 74 del bastidor 16. Como resultado, el colector 48 está alejado del área de movimiento alrededor del bastidor 16, con lo cual se permite el acceso a los recipientes 18, y disminuye la cantidad de equipos en el nivel del piso en el pozo 14.

En la Figura 5, los tubos 46 se ubican de manera tal que un par de tubos se extienden a lo largo de un lateral trasero 76 del canal de bajada 24 y un par de tubos se extienden sobre el bastidor y hasta un lateral frontal 78 del canal de bajada 24. Sin embargo, debe apreciarse que en otras formas de realización pueden utilizarse configuraciones diferentes de los tubos 46 para formar la trayectoria del flujo entre el conjunto de campana 42 y el desplazador de aire 28.

La Figura 6 es una vista en planta superior de una forma de realización del conjunto para la recolección de polvo 12 que sostiene dos sistemas de suministro de apuntalante 10a, 10b según otra forma de realización de la presente invención. En algunas formas de realización, múltiples conjuntos de suministro de apuntalante 10 pueden ser utilizados para suministrar apuntalante a una tolva mezcladora simple 20. Por ejemplo, como ilustra, cada uno de los sistemas de suministro de apuntalante 10a, 10b puede utilizar el desplazador de aire 28 para arrastrar aire desde la tolva mezcladora 20 por medio de los respectivos conjuntos de campana 42a, 42b.

En la forma de realización que se ilustra, el colector 48 se ubica debajo del bastidor 16a del conjunto para suministro de apuntalante 10a. Este colector 48 particularmente se selecciona de manera tal que el tamaño de los colectores 48 puede adecuarse al flujo de aire desde ambos conjuntos de campana 42a, 42b. Como resultado, el bastidor 16b del conjunto de suministro de apuntalante 10b no tiene un colector dispuesto debajo del bastidor 16. En cambio, los tubos 46b que se extienden desde el conjunto de campana 42b están dispuestos para acoplarse a los tubos 46a. Como resultado, las partículas de polvo eliminadas a través del conjunto de campana 48b son transportadas a través de los tubos 46b y hacia los tubos 42a, en dirección al colector 48 y al desplazador de aire 28

mediante la presión de succión generada por el desplazador de aire 28.

Tal como se muestra en la Figura 6, cada conjunto de campana 42a, 42b está acoplado al canal de bajada respectivo 24a, 24b que se ubica por encima de la tolva mezcladora 20 para eliminar partículas de polvo formadas por el movimiento y la sedimentación del apuntalante para fracturación hidráulica que se dosifica desde los recipientes 18. En algunas formas de realización, los conjuntos de campana 42a, 42b están en contacto entre sí sobre la tolva mezcladora 20. Sin embargo, en otras formas de realización, los conjuntos de campana 42a, 42b son móviles independientemente mediante el movimiento de los respectivos canales de bajada 24a, 24b.

La Figura 7 es una vista en perspectiva parcial de un sistema de suministro de apuntalante 10 ubicado para suministrar apuntalante a una tolva mezcladora 20 según una forma de realización de la presente invención. Como se muestra, partes del bastidor 16, el recipiente 18, el impulsor de apuntalante 22, el canal de bajada 24 y el conjunto de campana 42 se han recortado para clarificar la explicación de los componentes del sistema. Como se describió anteriormente, el recipiente 18 se ubica en una superficie superior 90 del bastidor 16. La superficie superior 90 ubica el recipiente 18 sobre el impulsor de apuntalante 22 para recibir el apuntalante 92 dosificado desde el recipiente 18 a través de una abertura 94 en la base 96 del recipiente 18. El apuntalante 92 fluye desde el recipiente 18 a lo largo de las superficies inclinadas 98 y sobre una superficie del impulsor de apuntalante 22 para el transporte a la tolva mezcladora 20 a través del canal de descarga 24.

En la forma de realización que se ilustra, el recipiente 10 tiene sustancialmente forma de caja y tiene cuatro paredes

100 que se extienden entre pilares de esquina 102 en dirección horizontal, y un pilar superior 104 y un pilar inferior 106 en la dirección vertical. Mientras que la Figura 7 muestra una pared 100 del recipiente 18, se aprecia que las otras paredes 100 son substancialmente similares a la pared que se ilustra 100. Las paredes 100 incluyen un soporte estructural tipo jaula 108 que tiene barras de soporte verticales 110 y barras de soporte horizontales 112 dispuestas en una configuración tipo celosía para proporcionar soporte estructural a las paredes 100 cuando se llenan con apuntalante 92. Dado que el apuntalante 92 es un material granular muy denso, queda poco espacio intersticial entre los granos de apuntalante 92 cuando el apuntalante 92 se carga en el recipiente 18. El soporte estructural 108 aporta resistencia y apoyo a las paredes 100 para detener el abultamiento o la deformación de las paredes 100 cuando se llenan con apuntalante 92. Como resultado, mejora la integridad estructural del recipiente 18, con lo cual mejora la seguridad durante el transporte, y también permite la reutilización de los recipientes 18 cuando el apuntalante 92 se dosifica desde los recipientes 18.

Tal como se ilustra, el apuntalante 92 sale de la abertura 94 a lo largo de las superficies inclinadas 98. El ángulo de las superficies inclinadas 98 se selecciona especialmente para mejorar el vaciado del recipiente 18. Por ejemplo, en la forma de realización que se ilustra, las superficies inclinadas 98 se ubican aproximadamente entre 30 grados y 45 grados en relación con la base 96. Sin embargo, en otras formas de realización, las superficies inclinadas 98 pueden tener cualquier ángulo en relación con la base 96 para mejorar el vaciado del recipiente 18 a través de la abertura 94.

En algunas formas de realización, el recipiente 10 incluye una barrera 114 dispuesta en la base 96 y que se ubica para bloquear o permitir el flujo a través de la abertura 94. La barrera 114 está configurada para acoplarse a un accionador (por ejemplo, hidráulico, eléctrico, neumático) para impulsar el movimiento de la barrera 114 entre una posición abierta y una posición cerrada. Como se describirá en detalle más adelante, la orientación de la barrera 114 cuando está acoplada a los accionadores puede ser utilizada para alinear correctamente los recipientes 18 en el bastidor 16. Es decir, la barrera 114 puede disponerse de manera tal que la barrera 114 sólo se alinee con el accionador cuando el recipiente 18 se ubica sobre el bastidor 16 en una configuración conveniente.

El apuntalante 92 fluye hacia afuera del recipiente 18 a lo largo de las superficies inclinadas 98 a través de la abertura 94 y sobre una superficie superior del impulsor de apuntalante 120. La superficie superior del impulsor de apuntalante 120 recibe y sostiene el apuntalante 92 a medida que el impulsor de apuntalante 22 aleja el apuntalante 92 del recipiente 18 y hacia la tolva mezcladora 20. En la forma de realización que se ilustra, el impulsor de apuntalante 22 es un transportador 122 (por ejemplo, un transportador sin fin) que se extiende más allá de la longitud 40 del bastidor 16 y se dispone sobre uno o más rodillos 124 que subyacen a la superficie superior 90 del bastidor 16. El transportador 122 arrastra el apuntalante 92 desde los recipientes 18 a lo largo de una sección inclinada 126 para vaciarlos en el canal de bajada 24. Es decir, el transportador 122 voltea para dirigir el apuntalante 92 desde el transportador 122 y hacia el canal de bajada 24. En otras palabras, el transportador 122 voltea en el canal de bajada 24, de manera tal que la superficie que

se desplaza a lo largo de la parte superior de los rodillos más cercanos a los recipientes 18 se convierte en la superficie que se desplaza a lo largo de la parte inferior de los rodillos más cercanos al plano de tierra. En la forma de realización que se ilustra, la sección inclinada 126 se extiende por encima de la superficie superior 90 del bastidor 16. Como se observa, el transportador 122 incluye una o más proyecciones 128 que se extienden en sentido ascendente desde la superficie superior 120. Por ejemplo, las proyecciones 128 pueden incluir paredes, protuberancias, crestas o similares para facilitar la recepción y sostén del apuntalante 92 a medida que el apuntalante 92 se pone en contacto con el transportador 122 después de que se dispensa desde los recipientes 18.

En la forma de realización que se ilustra, la sección inclinada 126 está cubierta por un refuerzo 130 que se extiende a lo largo de una longitud 132 de la sección inclinada 126. El refuerzo 130 impide que las partículas de polvo formadas debido al movimiento del apuntalante 92 ingresen en el aire, con lo cual podrían ser inhaladas por los trabajadores, o se impide que ingresen y dañen los equipos auxiliares. Como se describirá en detalle más adelante, una bandeja de recogida 140 está acoplada a una superficie inferior 142 del refuerzo 130 y dispuesta aguas abajo del canal de bajada 24, en relación con el movimiento del impulsor de apuntalante 22. La bandeja de recogida está acoplada de manera fluida a la sección inclinada 126 mediante la abertura en la superficie inferior 142 que forma una trayectoria del flujo entre el refuerzo 130 y la bandeja de recogida 140. Como el transportador 122 voltea para vaciar el apuntalante 92 en el canal de bajada 24, el apuntalante 92 o las partículas de polvo que quedan en el transportador 122 ingresan en la

bandeja de recogida 140, de manera que se capturan en mayor grado las partículas de polvo y el apuntalante 92 para evitar que los trabajadores los inhalen o se produzcan daños a los equipos auxiliares.

El canal de bajada 24 se acopla al refuerzo 130 a través de una cámara de apuntalante 144 colocada entre el refuerzo 130 y el canal de bajada 24. La cámara de apuntalante 144 recibe y dirige el apuntalante 92 hacia el canal de bajada 24. Por otra parte, la cámara de apuntalante 144 también sirve para impedir que las partículas de polvo entren en contacto con el aire debido a la naturaleza cerrada de la cámara de apuntalante 144. Como resultado, las partículas de polvo formadas en la cámara de apuntalante 144 se sedimentan en el canal de bajada 24, donde las partículas de polvo pueden ser capturadas por el conjunto para la recolección de polvo 12. El canal de bajada 24 está acoplado en forma pivotante a la cámara de apuntalante 144 en un plano de fijación 146. Como resultado, el canal de bajada 24 es orientable porque el canal de bajada 24 puede girar alrededor del plano de fijación 146 (por ejemplo, alrededor de un eje que se extiende a través del -y en sentido perpendicular al- plano de fijación 146) para ajustar la ubicación en la tolva mezcladora 20 donde se dirige el apuntalante 92.

En la forma de realización que se ilustra, el canal de bajada 24 se acopla al conjunto de campana 42 a lo largo de una pared trasera 150 del conjunto de campana 42. Por consiguiente, el apuntalante 92 fluye hacia afuera del canal de bajada 24, y a través del conjunto de campana 42 para entrar en la tolva mezcladora 20. Los tubos 46 se extienden desde una parte superior 152 del conjunto de campana 42 para capturar las partículas de polvo formadas por el apuntalante

92 que fluye hacia la tolva mezcladora 20 y para eliminar un volumen de aire que contiene las partículas de polvo.

La Figura 8 es una vista en perspectiva del conjunto de campana 42 del conjunto para la recolección de polvo 12 que se ubica en asociación con la tolva mezcladora 20 según una forma de realización de la presente invención. Como se describió anteriormente, el conjunto de campana 42 se superpone a la tolva mezcladora 20 y se ubica alrededor de una salida del canal de bajada 24 para capturar partículas de polvo formadas por el movimiento y la sedimentación del apuntalante 92. En la forma de realización que se ilustra, el conjunto de campana 42 incluye una primera sección de campana 154, una segunda sección de campana 156 y una tercera sección de campana 158. La primera sección de campana 154 es un área sustancialmente cerrada formada por la pared trasera 150, una pared frontal 160 y las paredes laterales 162, 164 que substancialmente rodean la salida del canal de bajada 24. El canal de bajada 24 está acoplado a la pared trasera 150 y el apuntalante 92 fluye hacia el área cerrada formada por la primera sección de campana 154 a medida que el apuntalante 92 fluye hacia la tolva mezcladora 20. La parte superior 152 incluye un par de depósitos de polvo 166 acoplados a los tubos 46 para dirigir las partículas de polvo alejándolas de la tolva mezcladora 20 y hacia el desplazador de aire 28 mediante la presión de succión generada por el desplazador de aire 28. Si bien la forma de realización que se ilustra incluye dos depósitos de polvo 166, en otras formas de realización puede haber 1, 3, 4, 5 o cualquier número conveniente de depósitos de polvo que se extienden desde la parte superior 152 de la primera sección de campana 154. La primera sección de campana 154 está dispuesta para capturar partículas de polvo desde -al menos- un primer volumen 168, al menos parcialmente definido por la pared

trasera 150, la primera pared 150, las paredes laterales 162, 164 y un plano inferior 170 (por ejemplo, superficie plana inferior) del conjunto de campana 42.

En la forma de realización que se ilustra, la segunda sección de campana 156 se encuentra ubicada en posición adyacente a la primera sección de campana 154 y próxima a la tolva mezcladora 20. Como se observa, la segunda sección de campana 156 está dispuesta para capturar partículas de polvo en un segundo volumen 172 al menos parcialmente definido por el plano inferior 170 del conjunto de campana 42 y un par de depósitos de polvo 174. Como se observa, los depósitos de polvo 174 están acoplados a un recinto para polvo 176 que se extiende en sentido ascendente hacia la parte superior 152 de la primera sección de campana 154. El recinto para polvo 176 incluye las paredes inclinadas 178 que se extienden en sentido ascendente y convergen en el tubo 46. De esta manera, el polvo capturado por los depósitos de polvo 174 se canaliza hacia arriba a través del recinto para polvo 176 y en el tubo 46. Como se muestra, el área alrededor de los depósitos de polvo 174 es sustancialmente abierta, lo que permite la inspección en el segundo volumen 172. La segunda sección de campana 15 se acopla a la primera sección de campana 154 mediante un soporte de apoyo 180. El soporte de apoyo 180 ubica la segunda sección de campana 156 de manera tal que los depósitos de polvo 174 están sustancialmente al ras con el plano inferior 170. En consecuencia, la segunda sección de campana 156 se ubica para capturar partículas de polvo que se dispersan hacia afuera y alejándose de la primera sección de campana 154 o partículas de polvo formadas por la inclusión de apuntalante 92 que fluye fuera del canal de bajada 24.

La tercera sección de campana 158 esta colocada en posición adyacente a la primera sección de campana 154 y

sustancialmente enfrente de la segunda sección de campana 156. Es decir, las secciones de campana segunda y tercera 156, 158 son sustancialmente simétricas respecto de la primera sección de campana 154. En consecuencia, la tercera sección de campana 158 está dispuesta para capturar partículas de polvo que se dispersan hacia afuera y alejándose de la primera sección de campana 154, de manera similar a la segunda sección de campana 156. Debe apreciarse que la primera sección de campana 154 parcialmente oscurece la vista de la tercera sección de campana 158 en la forma de realización que se ilustra. Como se mencionó anteriormente, la segunda sección de campana 156 y la tercera sección de campana 158 son sustancialmente simétricas; por lo tanto, la tercera sección de campana 158 incluye depósitos de polvo 182 y un recinto para polvo 184 dispuestos de la manera que se ilustra para la segunda sección de campana 156.

En la forma de realización que se ilustra, el conjunto de campana 42 es más pequeño que la tolva mezcladora 20. Es decir, una longitud 186 y una profundidad 188 que definen un área de captación 190 del conjunto de campana 42 son más pequeñas que una superficie 192 de la tolva mezcladora 20 definida por una longitud de la tolva 194 y una profundidad de la tolva 196. Por lo tanto, el conjunto de campana 42 se puede mover alrededor de la tolva mezcladora 20 para capturar partículas de polvo que se forman debido a la sedimentación y el movimiento del apuntalante 92. Por otra parte, el canal de bajada 24 se puede mover para dirigir el apuntalante 92 a diferentes áreas de la tolva mezcladora 20 a fin de asegurar la distribución uniforme en la tolva mezcladora 20. Además, mientras que la forma de realización que se ilustra representa que el conjunto de campana 42 es más pequeño que la tolva mezcladora 20, en otras formas de realización puede ser

sustancialmente del mismo tamaño o el conjunto de campana 42 puede ser más grande que la tolva mezcladora 20.

Tal como se describió previamente, el canal de bajada 24 se acopla a la pared trasera 150 del conjunto de campana 42. En algunas formas de realización, las ranuras 198 ubicadas en la parte superior 152 están configuradas para recibir las horquillas de una carretilla elevadora a fin de permitir la elevación y el movimiento del conjunto de campana 42. Dado que las ranuras 198 están acopladas a la parte superior 152, el movimiento a través de las ranuras 198 conduce al movimiento de todo el conjunto de campana 42 porque las secciones de campana segunda y tercera 156, 158 están acopladas a la primera sección de campana 154 mediante el soporte de apoyo 180. De esta manera, el conjunto de campana 42 puede ubicarse sobre el canal de bajada 24 en el pozo 14, con lo cual se reduce el equipo acoplado al canal de bajada 24 durante el transporte entre los pozos 14. Por otra parte, el conjunto de campana 42 puede ser adaptado para que se lo utilice en otros lugares (por ejemplo, sitios de transbordo donde el apuntalante 92 se carga en los recipientes 18) debido a la facilidad para extraerlo a través de las ranuras 198.

La Figura 8 también ilustra una forma de realización de los tubos 46 que se extienden desde el conjunto de campana 42 y hacia el colector 48. Como se muestra, un par de tubos 46 se extienden alrededor de la parte frontal 78 del canal de bajada 24, y un par de tubos 46 se extienden alrededor de la parte trasera 76 del canal de bajada 24. De esta manera, los tubos 46 pueden ser organizados según el lugar donde se acoplan los tubos 46 al conjunto de campana 42. En la forma de realización que se ilustra, los tubos 46 acoplados a la primera sección de campana 154 incluyen codos 200 que conforman el canal de bajada 24. Los codos 200 permiten disponer de un espacio más

reducido para el sistema porque los tubos 46 están colocados más cerca del canal de bajada 24 que los tubos sin los codos 200. Como resultado, los tubos 46 son más aerodinámicos. Por otra parte, los tubos 46 son más fáciles de instalar porque los codos 200 proporcionan una indicación de cuál tubo 46 se acopla a cuál depósito de polvo del conjunto de campana 42. Como resultado, se puede abreviar el tiempo de instalación del sistema, lo cual mejora la eficiencia del pozo 14.

En la forma de realización que se ilustra, el conjunto de campana 42 incluye una cortina 202 que se extiende en sentido descendente desde el plano inferior 170 hacia la tolva mezcladora 20. La cortina 202 está formada por láminas flexibles (por ejemplo, de plástico) para formar -al menos- una parte del primer volumen 168, el segundo volumen 170 y un tercer volumen 204. Debe apreciarse que, en algunas formas de realización, la cortina 202 puede ser una sola unidad sin espacios. Sin embargo, en otras formas de realización, la cortina 202 puede incluir múltiples tiras o secciones que son movibles independientemente una de otra. La cortina 202 impide que las partículas de polvo se dispersen hacia afuera y alejándose de los volúmenes primero, segundo y tercero 168, 170, 204, de manera que mejora la recolección que hace el conjunto de campana 42. Por ejemplo, en algunas formas de realización, el conjunto de campana 42 puede bajarse hacia la tolva mezcladora 20, de manera tal que la cortina 202 esté en contacto con el apuntalante 92 ubicado dentro de la tolva mezcladora 20. De esta manera, las partículas de polvo quedarán contenidas dentro de los volúmenes primero, segundo y tercero 168, 170, 204, a medida que el apuntalante 92 fluye desde el canal de bajada 24 a la tolva mezcladora 20. Tal como se muestra en la Figura 8, la cortina 202 se extiende sobre un perímetro 206 de la zona de captura 190 para encerrar

sustancialmente las partículas de polvo dentro de los volúmenes primero, segundo y tercero 168, 170, 204.

La Figura 9 es una vista en alzado lateral del conjunto de campana 42 según una forma de realización de la presente invención. En la forma de realización que se ilustra, el canal de bajada 24 está acoplado a la pared trasera angulada 150 para dirigir el apuntalante 92 que fluye a través del canal de bajada 24 a través del conjunto de campana 42. Como se muestra, la pared frontal 160 es angulada y converge hacia la pared trasera 150 en la parte superior 152. En otras palabras, el área en la parte superior 152 de la primera sección de campana 142 es más pequeña que el área en el plano inferior 170. Además, el recinto para polvo 184 está formado por las paredes inclinadas 178 que convergen hacia el tubo 46, de modo que dirigen las partículas de polvo recogidas fuera de los depósitos de polvo 182 y hacia el desplazador de aire 28.

En la forma de realización que se ilustra, la tercera sección de campana 158 incluye el par de depósitos de polvo 182 dispuestos en una relación separada. Los depósitos de polvo 182 se extienden en sentido descendente desde el recinto para polvo 184 para capturar partículas de polvo en el tercer volumen 204. En la forma de realización que se ilustra, los depósitos de polvo 182 son piezas tubulares sustancialmente cilíndricas que tienen una abertura agrandada 220 que se ubica en una base de estas. En otras palabras, el área transversal de los depósitos de polvo 182 disminuye desde la abertura 220 hacia arriba hasta el recinto para polvo 184. Al disminuir el área transversal, la fuerza ejercida sobre las partículas de polvo se incrementa y mejora -así- la captura de las partículas de polvo presentes en el tercer volumen 204. Por otra parte, mientras que la forma de realización que se ilustra incluye un diámetro reducido en los depósitos de polvo

182, en otras formas de realización el diámetro puede aumentar o permanecer sustancialmente constante.

La Figura 10 es una vista en alzado frontal del conjunto de campana 42 según una forma de realización de la presente invención. Como se describió anteriormente, la primera sección de campana 154 está dispuesta entre la segunda sección de campana 156 y la tercera sección 158. Cada sección 154, 156, 158 está dispuesta para capturar partículas de polvo desde un respectivo volumen primero, segundo y tercero 168, 172, 204 para eliminar las partículas de polvo próximas la tolva mezcladora 20. En la forma de realización que se ilustra, el conjunto de campana 42 es sustancialmente simétrico respecto de la primera sección de campana 154. Sin embargo, en otras formas de realización, los volúmenes segundo y tercero 156, 158 pueden tener diferentes configuraciones según las condiciones de diseño.

En la forma de realización que se ilustra, la primera sección de campana 154 se define -al menos en parte- por las paredes laterales, 162, 164, la parte superior 152 y la pared frontal 160. Cabe señalar que la pared trasera 150 también define la primera sección de campana 154, al menos en parte, pero no es visible en la vista representada. En funcionamiento, el conjunto de campana 42 se baja hacia la tolva mezcladora 20, de manera tal que la cortina 202 está en contacto con el apuntalante 92 en la tolva mezcladora; o de manera tal que la cortina 202 se ubica cerca del apuntalante 92 en la tolva mezcladora. Como resultado, el primer volumen 168 sobre el cual actúa la fuerza de succión a través de los depósitos de polvo 166 puede ser definido -al menos en parte- por la primera sección de campana 154 y la cortina 202.

Las secciones de campana segunda y tercera 156, 158 se ubican en lados opuestos de la primera sección de campana 154

para capturar partículas de polvo formadas cuando el apuntalante 92 fluye a través de la primera sección de campana 154. Como se muestra, cada una de las secciones de campana segunda y tercera 156, 158 incluye los depósitos de polvo 174, 182 y los recintos para polvo 176, 184, respectivamente. Como la presión de succión desde el desplazador de aire extrae un volumen de aire hacia cada uno de los depósitos de polvo 174, 182, el volumen de aire se dirige hacia el recinto para polvo 176, 184 respectivo, y hacia los tubos 46. De esta manera, las partículas de polvo pueden eliminarse de los volúmenes segundo y tercero 172, 204.

La Figura 11 es una vista en alzado posterior del conjunto de campana 42 según una forma de realización de la presente invención. El canal de bajada 24 está acoplado a la pared trasera 150, de manera tal que el apuntalante 92 que fluye a través del canal de bajada 24 entra en la primera sección de campana 154. Como se muestra, el canal de bajada 24 está sustancialmente centrado en la pared trasera 150, de manera tal que el apuntalante 92 que sale del canal de bajada 24 se extenderá uniformemente a través de la primera sección de campana 154. Además, como se describió anteriormente, la cortina 202 se extiende sobre el perímetro 206 como se ilustra en la Figura 11. De esta manera, los volúmenes primero, segundo y tercero 168, 172, 204 pueden estar sustancialmente sellados, lo cual mejora la presión de succión generada por el desplazador de aire 28.

La Figura 12 es una vista en planta superior del conjunto de campana 42 y el recorrido de los tubos 46, según una forma de realización de la presente invención. Como se describió anteriormente, el conjunto de campana 42 es sustancialmente simétrico respecto de la primera sección de campana 154, en la forma de realización que se ilustra. Por consiguiente, pueden

capturarse uniformemente las partículas de polvo en la tolva mezcladora 20. La pared trasera 150 y pared frontal 160 convergen en la parte superior 152 donde los depósitos de polvo 166 se acoplan a los tubos 46 para dirigir las partículas de polvo alejándolas del conjunto de campana 42 y hacia el desplazador de aire 28. La parte superior 152 se extiende entre las paredes laterales 162, 164 que abarcan la primera sección de campana 14. Los depósitos de polvo 166 están dispuestos en la parte superior 152 en relación separada y uno al lado del otro, de manera tal que se extiende un espacio 230 entre los depósitos de polvo 166. Al separar los depósitos de polvo 166, la fuerza de succión del desplazador de aire 28 se distribuye sobre una porción más grande del primer volumen 168, lo cual mejora la captura de las partículas de polvo.

Los depósitos de polvo 174, 182 están dispuestos en los recintos para polvo 176, 184 respectivos de las secciones de campana segunda y tercera 156, 158. Como se ilustra, cada una de las secciones de campana segunda y tercera 156, 158 incluye un par de depósitos de polvo 174, 182, dispuestos en una relación separada a lo largo de la profundidad de la campana 188. De esta manera, la presión de succión generada por el desplazador de aire 28 se distribuye sobre la profundidad de la campana 188 de cada una de las secciones de campana segunda y tercera 156, 158 para facilitar la captura y eliminación de las partículas de polvo formadas por el movimiento y la sedimentación del apuntalante 92.

En la forma de realización que se ilustra, las conexiones del tubo 240 están substancialmente alineadas a lo largo de la longitud de la campana 186. Es decir, los lugares donde los tubos 46 interactúan con el conjunto de campana 42 están substancialmente alineados y centrados respecto de la longitud

de la campana 186 y la profundidad de la campana 188. Como resultado, la presión de succión generada por el desplazador de aire 28 se dirige hacia una parte central del conjunto de campana 42. Como se describió anteriormente, la primera sección de campana 154 converge hacia la parte superior 152 y los recintos para polvo 176, 184 también convergen en sentido ascendente hacia los tubos 46. En consecuencia, las áreas transversales respectivas se reducen, ya que las partículas de polvo capturadas se mueven en sentido ascendente hacia los tubos 46, de manera que aumenta la fuerza que ejerce la presión de succión sobre las partículas de polvo. De esta manera, las partículas de polvo son capturadas y eliminadas de la zona próxima a la tolva mezcladora 20, lo que disminuye la probabilidad de que el personal operativo inhale las partículas de polvo o de que estas tengan alguna interacción con el equipo auxiliar.

Los tubos 46 se dirigen en pares alrededor de un lado frontal 78 del canal de bajada y el lado trasero 76 del canal de bajada. Como se muestra, los tubos son generalmente paralelos hasta que los codos 200 dirigen los tubos interiores 46a hacia las conexiones 240 sobre la primera sección de campana 154. La dirección de los tubos 46 en pares simplifica las tareas de mantenimiento e inspección porque un operador puede identificar rápida y fácilmente cuáles tubos 46 están acoplados a cuáles secciones del conjunto de campana 42. De esta manera, se pueden eliminar las partículas de polvo en el conjunto de campana 42 y llevarlas hacia el desplazador de aire 28 a través de los tubos 46.

La Figura 13 es una vista en planta inferior del conjunto de campana 42 según una forma de realización de la presente invención. Como se muestra, el canal de bajada 24 se conecta con el conjunto de campana 42 a lo largo de la pared trasera

150, con lo cual dirige el apuntalante 92 que fluye a través del canal de bajada 24 a través de la primera sección de campana 154 antes de ser depositado en la tolva mezcladora 20. En las formas de realización que se ilustran, las zarandas 250 se ubican dentro de la primera sección de campana 154. Las zarandas 250 se ubican para impedir que los granos de apuntalante 92 ingresen en los depósitos de polvo 166. Por ejemplo, en algunas formas de realización, el desplazador de aire 28 puede configurarse para que funcione a una presión de succión suficiente para elevar los granos de apuntalante 92 desde la tolva mezcladora 20. Las zarandas 250 pueden tener dimensiones tales que impidan que los granos de apuntalante 92 ingresen en los depósitos de polvo 166, lo cual limita la cantidad de apuntalante 92 eliminado de la tolva mezcladora 20. Sin embargo, debe apreciarse que, en algunas formas de realización, las zarandas 250 pueden no estar incluidas en el conjunto de campana 42. Por ejemplo, el desplazador de aire 28 puede hacerse funcionar a una presión de succión suficiente para capturar partículas de polvo, que son más pequeñas y pesan menos que los granos de apuntalante 92, sin afectar de manera perceptible los granos de apuntalante 92.

Los depósitos de polvo 174, 182 de las secciones de campana segunda y tercera 156, 158, respectivamente, se ubican más cerca del plano inferior 170 que los depósitos de polvo 166 de la primera sección de campana 154. Por otra parte, las secciones de campana segunda y tercera 156, 158 no son completamente cerradas, como la primera sección de campana 154 y -por lo tanto- las partículas de polvo no son canalizadas hacia las secciones de campana segunda y tercera 156, 158. Sin embargo, al ubicar los depósitos de polvo 174, 182 más cerca de la tolva mezcladora 20, las secciones de campana segunda y tercera 156, 158 pueden capturar partículas de polvo que se

forman por el movimiento y la sedimentación del apuntalante 92 que fluye por el canal de bajada 24. Por ejemplo, las partículas de polvo pueden dispersarse hacia afuera desde la primera sección de campana 154 a medida que el apuntalante 92 se pone en contacto con el nivel de apuntalante 92 en la tolva mezcladora 20. Por lo tanto, las secciones de campana segunda y tercera 156, 158 se ubican para capturar las partículas de polvo que se alejan desde la primera sección de campana 154, de manera que se eliminan las partículas de polvo del aire para reducir el riesgo de inhalación o el contacto con el equipo auxiliar.

La Figura 14 es una vista en corte transversal parcial del conjunto de campana 24 tomada a lo largo de la línea 14-14 de la Figura 8 colocada en asociación con la tolva mezcladora 20 para recoger partículas de polvo desde la tolva mezcladora 20, según una forma de realización de la presente invención. Como se muestra, un plano inferior 260 de la cortina 202 se ubica para superponer una abertura 262 de la tolva mezcladora 20 para impedir sustancialmente que las partículas de polvo se escapen después de formarse debido al movimiento y la sedimentación del apuntalante 92. El apuntalante 92 fluye hacia afuera del canal de bajada 24 y hacia la tolva mezcladora 20 a través de la primera sección de campana 154. Cuando el apuntalante 92 entra en contacto con el apuntalante 92 dispuesto en la tolva mezcladora 20 se pueden formar partículas de polvo 264. Las partículas de polvo 264 tienen un diámetro más pequeño que los granos de apuntalante 92 y pesan menos, lo cual permite que la presión de succión del desplazador de aire 28 capture las partículas de polvo 264 y las elimine de la tolva mezcladora 20.

El desplazador de aire 28 dirige un flujo de aire 266 (representado por las flechas) sobre una trayectoria del flujo

268 dispuesta sobre la tolva mezcladora 20. En la forma de realización que se ilustra, la trayectoria del flujo 268 se define -al menos parcialmente- por la cortina 202. El flujo de aire 266 es una fuerza de succión que extrae el aire de la tolva mezcladora y hacia el conjunto de campana 42. En otras palabras, el flujo de aire 266 es un vacío que mueve el aire en la trayectoria del flujo 268 en una dirección sustancialmente opuesta a la dirección del apuntalante 92 que fluye hacia la tolva mezcladora 20 desde el canal de bajada 24. Como se observa, el flujo de aire 266 extrae las partículas de polvo 264 hacia las secciones de campana primera, segunda y tercera 154, 156, 158. Como se observa, el flujo de aire 266 se ubica sobre la trayectoria del flujo 268 para capturar las partículas de polvo 264 suspendidas en los volúmenes primero, segundo y tercero 168, 170, 204. El flujo de aire 266 atrae las partículas de polvo 264 hacia los depósitos de polvo 166, 174, 182 y a través del conjunto de campana 42 para que ingresen en los tubos 46. Después de eso, los tubos 46 dirigen el flujo de aire 266 hacia el desplazador de aire 28 y alejándolo de la tolva mezcladora 20.

Como se describió anteriormente, la presión del vacío generada por el desplazador de aire 28 está diseñada para arrastrar las partículas de polvo 264 producidas por el movimiento y la sedimentación de apuntalante 92 sin afectar significativamente el apuntalante 92. En otras palabras, la presión de vacío está diseñada para elevar las partículas de polvo 264 alejándolas del apuntalante 92 mientras que también limita o restringe sustancialmente la cantidad de apuntalante 92 elevada desde la tolva mezcladora 20. Es decir, el flujo de aire 266 está diseñado para que sea suficiente para recoger las partículas de polvo 264 y también reducir significativamente el riesgo de elevar el apuntalante 92. Por

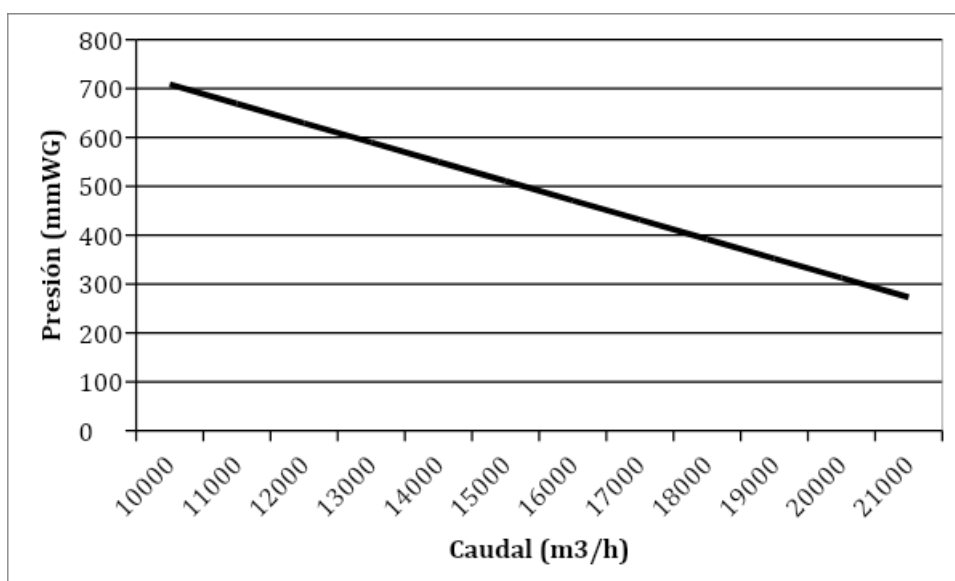
ejemplo, el desplazador de aire 28 puede incluir uno o varios ventiladores o sopladores impulsados por el motor 52 para extraer un volumen de aire desde la tolva mezcladora 20 (por ejemplo, a través del conducto 44) y hacia el desplazador de aire 28. Es decir, a medida que el motor 52 acciona el ventilador para que gire, la presión delante de las aspas del ventilador (por ejemplo, aguas abajo de las aspas del ventilador) se reduce, de modo tal que se extrae aire a través de las aspas del ventilador. Cuando el aire cruza sobre las aspas del ventilador, se agrega energía al aire, lo cual aumenta la velocidad del aire. De esta manera, el aire se elimina aguas abajo del ventilador y se lo dirige hacia el ventilador.

Como se describió en detalle más arriba, el desplazador de aire 28 incluye el conducto 44 para acoplar el desplazador de aire 28 al conjunto de campana 42. Como será apreciado por un especialista en la materia, a medida que el fluido (gas, líquido, sólidos, mezclas de ellos) fluye a través del conducto 44, normalmente hay una caída de la presión del sistema debido a las longitudes de los conductos 44, los codos del conducto 44, los dispositivos de medición, elementos de filtro y similares. Se puede hacer referencia a estas pérdidas de la línea (por ejemplo, caída de presión) como presión estática en la línea; es decir, la presión que supera el desplazador de aire 28 para generar la presión de succión. Por consiguiente, para eliminar el aire próximo a la tolva mezcladora 20, el desplazador de aire 28 está diseñado para generar una presión de succión suficiente para superar la presión estática (por ejemplo, pérdidas de la línea) y también capturar y eliminar las partículas de polvo 256.

El ventilador está diseñado para funcionar con un caudal determinado para una determinada presión estática. En la forma

de realización que se ilustra, el desplazador de aire 28 (por ejemplo, el ventilador del desplazador de aire 28) está configurado para funcionar a aproximadamente 1699 metros cúbicos por hora (m^3/h) en 431,8 mm de columna de agua (mmWG) (1000 pies cúbicos por minuto (CFM) a 17 pulgadas de columna de agua (inWG)) o 286,2 metros cúbicos por minuto (m^3/min) a 4234,5 pascales (Pa). Por otra parte, en algunas formas de realización, el desplazador de aire 28 está configurado para funcionar a aproximadamente 20.390 m^3/h a 297,18 mmWG (12.000 CFM en 11,7 inWG o 339 m^3/min a 2914.34 Pa). El gráfico 1 ilustra una aproximación lineal del rango de funcionamiento del desplazador de aire 28. Es decir, la línea que tiene una ecuación representada por $y = -0,039594x + 1104,504$ se aproxima a una línea de puntos de ajuste que representan los parámetros de funcionamiento del ventilador, donde y es igual a la presión estática en mmWG y x es igual al caudal en m^3/h . Como se aprecia, la línea de ajuste puede obtenerse mediante la utilización de la fórmula $y - y_1 = m(x - x_1)$, donde y e y_1 son las presiones, x y x_1 son los caudales, y m es la pendiente.

Gráfico 1



Como se observa, el caudal y la presión estática son inversamente proporcionales, de modo tal que la presión estática y -por lo tanto- la presión del sistema, disminuye, mientras que el caudal aumenta. De esta manera, la configuración del recorrido del conducto 44 puede ajustarse en el pozo para reducir la presión estática, lo que aumenta el caudal del sistema. Además, debe apreciarse que la presión estática también puede ser una propiedad de la temperatura, elevación, presión atmosférica y otros parámetros del pozo. Por consiguiente, los pozos ubicados en elevaciones más altas (por ejemplo, en las regiones de montaña) pueden tener una menor presión atmosférica y -por lo tanto- una más baja presión estática. Por otra parte, los pozos ubicados en elevaciones más bajas pueden tener una mayor presión atmosférica y -de tal modo- una presión estática más alta. De esta manera, el sistema puede ajustarse según la ubicación del pozo, las condiciones ambientales en el pozo y los parámetros operativos deseados del pozo.

En algunas formas de realización que se ilustran en la presente revelación, la presión de succión (por ejemplo,

presión de vacío, fuerza de vacío, fuerza de succión) generada por el desplazador de aire 28 es suficiente para capturar y eliminar las partículas de polvo 264 generadas por el movimiento y la sedimentación de apuntalante 92, sin elevar ni arrastrar el apuntalante 92 hacia arriba y alejándolo de la tolva mezcladora 20. Por ejemplo, en algunas formas de realización, el apuntalante 92 puede tener una densidad entre 1,5 gramos por centímetro cúbico (g/cm^3) y 4 g/cm^3 . Además, el apuntalante 92 puede tener un tamaño de malla de 20/40 y un diámetro promedio de apuntalante de 0,69 milímetros (mm). Como se describió anteriormente, el apuntalante 92 pueden tener forma de partículas esféricas, con un volumen definido por $(4/3)(\pi)(r)^3$, donde r es el radio de la forma esférica. En consecuencia, los granos de apuntalante 92 pueden tener una masa en el rango de aproximadamente 0,25801 miligramos (mg) y 0,688027 mg. Sin embargo, debe apreciarse que en otras formas de realización los granos de apuntalante 92 pueden tener diferentes densidades y diámetros, que podrían tener masas diferentes del rango especificado. Por ejemplo, los granos más grandes y más densos tendrían una masa más grande; mientras que los granos más pequeños y menos densos tendrían una masa menor.

Tal como lo sabe el especialista en la materia, la presión se define como fuerza de área. Por otra parte, la fuerza puede definirse como la masa de los granos de apuntalante sobre un área. Para mayor claridad, no se hace referencia al apuntalante 92 como un solo grano, sino -por el contrario- como una capa de granos distribuidos uniformemente sobre un plano. Sin embargo, debe apreciarse que los cálculos contenidos en este documento pueden ser utilizados en cualquier número de granos de apuntalante para determinar una presión suficiente para elevar los granos desde una posición

de reposo. Por ejemplo, en algunas formas de realización, el conjunto de campana 42 puede tener dimensiones de aproximadamente 1,22 metros (m) por 1,22 m (aproximadamente 4 pies por 4 pies). Como resultado, la superficie es de aproximadamente 1,44 metros cuadrados (m^2). Sin embargo, debido a que el apuntalante 92 es substancialmente esférico, la superficie de apuntalante ubicado en el plano con una superficie de aproximadamente $1,44 m^2$ es diferente. Por ejemplo, suponiendo que los granos de apuntalante tienen un diámetro promedio de 0,69 mm como se describió, aproximadamente 3.118.756 granos de apuntalante 92 pueden ubicarse debajo del conjunto de campana 42 que tiene la superficie de aproximadamente $1,44 m^2$. Sin embargo, dado que los granos son esféricos, se puede aproximar la superficie del apuntalante mediante el cálculo de la mitad de la superficie de una esfera, porque aproximadamente la mitad de la superficie apuntará hacia abajo. Como sabe el especialista en la técnica, la superficie de una esfera puede calcularse por la ecuación $SA = 4(\pi)(r^2)$, donde r es el radio. Si se utiliza el diámetro promedio de 0,69 mm y se multiplica por el número de granos presentes en la superficie de la campana 42, se obtiene una superficie de aproximadamente $2,33 m^2$.

Después de eso, se puede determinar el rango de presión para establecer la densidad media (por ejemplo, $1,5 g/cm^3$ a $4 g/cm^3$). Por ejemplo, para la densidad de $1,5 g/cm^3$, el peso de las partículas de apuntalante se puede calcular multiplicando la masa de las partículas por el número de partículas y por la fuerza debida a la gravedad (por ejemplo, $9,81 m/s^2$). Por otra parte, el peso calculado se divide por la superficie calculada, lo cual genera una presión de 3,38 Pa. Además, para la densidad de $4 g/cm^3$, y utilizando los mismos pasos indicados anteriormente, la presión es de 9,025 Pa. Por lo tanto, para

presiones de succión por encima de la presión estática de menos de -aproximadamente- 3,38 Pa, los granos de apuntalante 92 en la tolva mezcladora 20 no serán arrastrados. Además, debido a que en ciertas formas de realización el apuntalante 92 puede incluir un rango de tamaños, las presiones de aspiración por encima de la presión estática pueden encontrarse dentro de un rango de aproximadamente 3,38 Pa a 9,025 Pa. Sin embargo, las partículas de polvo 264 -que son más pequeñas y más livianas que el apuntalante 92- serán capturadas y extraídas del volumen de aire próximo a la tolva mezcladora. Debe apreciarse que las presiones mencionadas pueden modificarse debido a condiciones operativas, tales como temperatura, presión atmosférica, tamaño del apuntalante, densidad de apuntalante, configuraciones del conducto 44, propiedades del elemento de filtro y similares. Además, las presiones calculadas arriba son indicativas de las presiones por encima de la presión estática utilizada para superar las pérdidas de la línea presentes en el sistema.

Como se describió anteriormente, los tubos 46 se acoplan al conjunto de campana 42 en las conexiones del tubo 240. En la forma de realización que se ilustra, las conexiones del tubo 240 están substancialmente alineadas. Es decir, las conexiones del tubo 240 están en aproximadamente la misma elevación con respecto al plano inferior 170 del conjunto de campana 42. Sin embargo, debe apreciarse que las conexiones del tubo 240 no deben estar alineadas para que los tubos 46 eliminen las partículas de polvo 264 de la tolva mezcladora 20.

Tal como se muestra en la Figura 14, las paredes inclinadas 178 de los recintos de polvo 176, 184 convergen hacia las conexiones del tubo 240 para -así- disminuir el área transversal de los recintos de polvo 176, 184. Como resultado,

se incrementa la fuerza generada por el desplazador de aire 28 vía el flujo de aire 266 antes de que el flujo de aire 266 ingrese en los tubos 46. Por consiguiente, la fuerza más grande que actúa sobre las partículas de polvo 264 facilitará la captura y el transporte del aire 266 hacia el desplazador de aire 28.

La Figura 15 es una vista en corte transversal del conjunto de campana 24 tomada a lo largo de la línea 15-15 de la Figura 8. En la forma de realización que se ilustra, la flecha representa la dirección del flujo de apuntalante 280 a través del canal de bajada 24. En funcionamiento, el apuntalante 92 fluye a través del canal de bajada 24 después de ser recibido desde el impulsor de apuntalante 22. El canal de bajada 24 tiene un ángulo hacia abajo, de manera tal que utiliza la gravedad para drenar en la tolva mezcladora 20. Como se muestra, el canal de bajada 24 se ubica de manera tal que un ángulo 282 del canal de bajada respecto de la pared trasera 150 es de aproximadamente 90 grados. En otras palabras, el canal de bajada 24 está substancialmente dispuesto en sentido perpendicular a la pared trasera 150. Debe apreciarse que, en otras formas de realización, el canal de bajada 24 puede ubicarse en otros ángulos en relación con la pared trasera 150 (por ejemplo, 45 grados, 60 grados, 75 grados, etc.) para dar cabida a las condiciones de diseño. En la forma de realización que se ilustra, la zaranda 250 se ubica para extenderse en sentido ascendente a lo largo de la pared lateral 162. De esta manera, la zaranda 250 puede impedir que los granos de apuntalante capturados por el flujo de aire 266 se desplacen en sentido ascendente hacia las esquinas de la primera sección de campana 154. Una vez capturadas, las partículas de polvo 264 son arrastradas en el flujo de aire 266 que se desplaza en una dirección del flujo

de aire 284. Como se muestra, la dirección del flujo de aire 284 está en posición sustancialmente opuesta a la dirección del flujo de apuntalante 280. En otras palabras, la dirección del flujo de aire 284 es hacia afuera y alejándose de la tolva mezcladora 20, mientras que la dirección del flujo del apuntalante 280 es hacia y dentro de la tolva mezcladora 20.

La Figura 16 es una vista en corte transversal del conjunto de campana 42 tomada a lo largo de la línea 16-16 de la Figura 8. En la forma de realización que se ilustra, el recinto para polvo 176 se muestra con el flujo de aire 266 dirigiendo el aire desde la trayectoria del flujo 268 en sentido ascendente hacia los tubos 46. El recinto para polvo 176 recibe el aire extraído del segundo volumen 172 por el flujo de aire 266. En la forma de realización que se ilustra, el par de depósitos de polvo 174 están sustancialmente alineados con el plano inferior 170 del conjunto de campana 42 para capturar partículas de polvo formadas en -y alrededor de- el segundo volumen 172. Según lo que indican las flechas 266 que representan el flujo de aire, el aire de la trayectoria del flujo 268 es capturado por el flujo de aire 266, de manera tal que las partículas de polvo ubicadas en el aire se dirigen hacia la segunda sección de campana 156. Los depósitos de polvo 174 están acoplados al recinto para polvo 176 para dirigir el flujo de aire 266 hacia el desplazador de aire 28 en la dirección del flujo de aire 284 a través de los tubos 46. De esta manera, las partículas de polvo 264 pueden ser extraídas cerca de la tolva mezcladora 24 por medio del conjunto de campana 42.

Tal como se describió, las paredes inclinadas 178 del recinto para polvo se ubican de manera tal de reducir el área en corte transversal del recinto para polvo 176 y dirigir el flujo de aire 266 hacia las conexiones del tubo 240 y los

tubos 46. En otras palabras, las paredes inclinadas 178 convergen hacia las conexiones del tubo 240 en dirección a un centro del recinto para polvo 176, de modo tal de canalizar el flujo de aire 266 hacia los tubos 46. Mientras que la forma de realización que se ilustra incluye la segunda sección de campana 156, debe apreciarse que la tercera sección de campana 158 es sustancialmente una imagen en espejo. En tal sentido, las características presentes en la segunda sección de campana 156 también están presentes en la tercera sección de campana 158.

La Figura 17 es un diagrama esquemático del conducto 44 que acopla el desplazador de aire 28 con el conjunto de campana 42, según una forma de realización de la presente invención. El desplazador de aire 28 se ubica para arrastrar el aire desde el conjunto de campana 42 y la bandeja de recogida 140 mediante una presión de succión generada. El flujo de aire 266 se mueve en la dirección de flujo del aire 284 alejándose del conjunto de campana 42 y la bandeja de recogida 140 y hacia el desplazador de aire 28. En la forma de realización que se ilustra, los tubos 46 acoplan el conjunto de campana y la bandeja de recogida 140 con el colector 48 para dirigir el flujo de aire 266 nuevamente hacia el desplazador de aire 28. Cabe apreciar que, si bien la forma de realización que se ilustra presenta cuatro tubos 46 que se extienden desde el conjunto de campana 42 al colector 48, en otras formas de realización se pueden utilizar más o menos tubos 46 para permitir que el flujo de aire 266 ingrese en el colector 48.

La Figura 18 es una vista en planta superior del conjunto de campana 42 en una primera posición 290 adyacente y superpuesto a la tolva mezcladora 20, según una forma de realización de la presente invención. En la forma de

realización que se ilustra, el área de captura 190 es más pequeño que la superficie de la tolva mezcladora 192. Como resultado, el conjunto de campana 42 se puede mover a diferentes posiciones en la tolva mezcladora 20 para distribuir de manera uniforme el apuntalante 92 y capturar las partículas de polvo 264 formadas por el movimiento y la sedimentación del apuntalante 92. Por ejemplo, nuevamente con referencia a la Figura 19, se muestra una vista en planta superior del conjunto de campana 42 en una segunda posición 292. En la forma de realización que se ilustra, la segunda posición 292 es diferente de la primera posición 290. Por ejemplo, la segunda posición 292 es más cercana a una esquina 294 de la tolva mezcladora 20 que la primera posición 290. De esta manera, el conjunto de campana 42 se puede mover en la tolva mezcladora 20 para distribuir uniformemente el apuntalante 92 y para capturar partículas de polvo 264. Asimismo, con referencia a la Figura 20, se muestra una vista en planta superior del conjunto de campana 42 en una tercera posición 296. Como se muestra, el conjunto de campana 42 se ubica en una esquina opuesta 298 desde la esquina 294. De esta manera, el conjunto de campana 42 se puede mover de manera continua sobre la tolva mezcladora 20 para distribuir el apuntalante 92 y capturar las partículas de polvo 264 formadas por el movimiento y la sedimentación del apuntalante 92.

La Figura 21 es una vista en planta superior del conducto 44 acoplado al conjunto de campana 42. En la forma de realización que se ilustra, los tubos 46 están acoplados al conjunto de campana 42 en las conexiones 240. Como se muestra, el flujo de aire 266 se dirige a través de los tubos 46 y hacia el colector 48. El colector 48 recibe el flujo de aire 266 y -además- dirige el flujo de aire 266 en la dirección del flujo de aire 284 alejándolo del conjunto de campana 42 y

hacia el desplazador de aire 28. Los tubos 46 quedan sostenidos por los soportes de los conductos 62 (en línea de trazos) dispuestos a lo largo de la sección inclinada 126. Como se muestra, los soportes de los conductos 62 dirigen los tubos 46 hacia el lado frontal 78 y el lado trasero 76 del canal de bajada 24. Por consiguiente, los tubos 46 están organizados, lo que aumenta la facilidad de mantenimiento o inspección de los tubos 46.

Como se describió anteriormente, los tubos 46 se acoplan al colector 48 en las conexiones 60. Por consiguiente, el flujo de aire 266 en los tubos 46 se dirige hacia el colector 48 para un mayor suministro al desplazador de aire 28. En algunas formas de realización, los tubos 46 están organizados en las conexiones 60 para identificar fácilmente cuál tubo 46 está conectado a las secciones de campana primera, segunda y tercera 154, 156, 158. En consecuencia, durante las tareas de mantenimiento o inspección, el personal operativo puede identificar fácilmente posibles obstrucciones o problemas con los tubos 46 y las secciones de campana asociadas 154, 156, 158.

La Figura 22 es una vista en perspectiva de la bandeja de recogida 140 ubicada sobre la superficie inferior 142 de la sección inclinada 126 del refuerzo 130. En la forma de realización que se ilustra, la bandeja de recogida 140 se ubica debajo el impulsor de apuntalante 22 para atrapar el apuntalante residual que queda en el impulsor de apuntalante 22 después de que se lo deposita en la tolva 24. Como se muestra, la bandeja de recogida 140 tiene un lado sustancialmente vertical 310 dispuesto cerca de la cámara de apuntalante 144 y un lado inclinado 312 dispuesto cerca de la sección inclinada 126 y opuesto al lado vertical 310. El lado vertical 310 y el lado inclinado 312 dirigen el apuntalante

residual y las partículas de polvo 264 recibidas por la bandeja de recogida 140 en sentido descendente hacia una sección inferior 314 que tiene una salida 316. En la forma de realización que se ilustra, la sección inferior 314 es substancialmente cilíndrica y está acoplada al lado vertical 310 y el lado inclinado 312. Por otra parte, la sección inferior 314 está acoplada al primer panel lateral 318 y un segundo panel lateral 320, el segundo panel lateral queda oculto en esta vista. De esta manera, la bandeja de recogida 140 incluye un volumen interior para recibir y almacenar apuntalante residual y las partículas de polvo 264.

En la forma de realización que se ilustra, la salida 316 está acoplada a los tubos 46 para la eliminación del apuntalante residual y las partículas de polvo 264 que se almacenan en la bandeja de recogida 140. Por ejemplo, dado que el apuntalante residual 46 y las partículas de polvo 264 ingresan en la bandeja de recogida 140, se dirigen en sentido descendente hacia la sección inferior 314. En la forma de realización que se ilustra, la salida 316 está acoplada al colector 48 y sobre ella acciona la presión de vacío del desplazador de aire 28. Como resultado, el apuntalante residual y las partículas de polvo residual 264 se dirigen hacia el desplazador de aire 28 para eliminarlos del sistema. Además, en algunas formas de realización, la bandeja de recogida 140 se dispone para almacenar el apuntalante residual para el posterior retiro manual después de terminar las operaciones de fracturación hidráulica. Por ejemplo, en algunas formas de realización, la presión de succión generada por el desplazador de aire 28 no es suficientemente elevada como para arrastrar el apuntalante 92. Como resultado, la bandeja de recogida de 140 puede estar dispuesta para mantener el apuntalante residual porque el flujo de aire 266 puede no

ser suficiente para arrastrar el apuntalante 92. Sin embargo, en otras formas de realización, el flujo de aire 266 puede ser suficiente para retirar el apuntalante residual de la bandeja de recogida 140.

La Figura 23 es una vista en alzado frontal de la bandeja de recogida 140 dispuesta debajo de la sección inclinada 126. En la forma de realización que se ilustra, los tubos 46 acoplados a la primera sección de campana 154, la segunda sección de campana 156 y la tercera sección de campana 158 se representan en líneas de trazos y se muestran sostenidas por los soportes de los conductos 62. Como se observa, el lado vertical 310 incluye un puerto de acceso 330. En algunas formas de realización, los tubos 46 pueden acoplarse al puerto de acceso 330 para proporcionar una segunda trayectoria del flujo desde la bandeja de recogida 140, además de la salida 316 dispuesta en la parte inferior 314. En la forma de realización que se ilustra, la sección inferior 314 tiene un ancho menor 332, que es mayor que el ancho de la bandeja de recogida 334. Como resultado, la sección inferior 314 puede distribuir el apuntalante residual y las partículas de polvo 264 sobre una superficie más grande, de manera que aumenta la eficacia de la presión del vacío que actúa sobre la salida 316.

En la forma de realización que se ilustra, los soportes de los conductos 62 están acoplados al -y se extienden alejándose del- lado vertical 310. De esta manera, la bandeja de recogida 140 se utiliza para sostener y establecer el recorrido de los tubos 46 entre el colector 48 y las secciones de campana primera, segunda y tercera 154, 156, 158. Por ejemplo, los soportes de los conductos 62 en la bandeja de recogida 140 ubican los tubos 46 por encima de la sección inferior 314 y sin contacto con la sección inferior 314. Sin

embargo, en algunas formas de realización, los tubos 46 pueden estar apoyados sobre la sección inferior 314 para proporcionar un mayor sostén.

La Figura 24 es una vista en alzado lateral de la bandeja de recogida 140 ubicada sobre la superficie inferior 142 del refuerzo 130, de manera tal que la bandeja de recogida 140 está aguas abajo del canal de bajada 24, con relación a la dirección de desplazamiento del impulsor de apuntalante 22. En la forma de realización que se ilustra, el lado inclinado 312 se ubica en el ángulo 340 con respecto al lado vertical 310. Se aprecia que al colocar el lado inclinado 312 en el ángulo 340, el apuntalante residual y las partículas de polvo 264 que ingresan en la bandeja de recogida 140 y entran en contacto con el lado inclinado 312 serán dirigidos en sentido descendente hacia la sección inferior 314 vía gravedad. Así, las partículas de apuntalante residual y las partículas de polvo 264 pueden ubicarse cerca de la salida 316 para su retiro.

Tal como se describió anteriormente, la bandeja de recogida 140 se ubica aguas abajo del canal de bajada 24, con relación a la dirección de desplazamiento del impulsor de apuntalante 22. Por ejemplo, en la forma de realización que se ilustra, durante el funcionamiento, el impulsor de apuntalante 22 lleva el apuntalante 92 en una primera dirección 342 hacia la cámara de apuntalante 144 y el canal de bajada 24. En algunas formas de realización, el impulsor de apuntalante 22 es el transportador sin fin 122 que gira en un punto y vuelve hacia los recipientes 18 en la segunda dirección 344. Como tal, la bandeja de recogida 140 se ubica a lo largo de la parte del transportador que se desplaza en la segunda dirección 344, y -por lo tanto- se describe como ubicada aguas abajo de la canal de bajada 24.

En la forma de realización que se ilustra, la bandeja de recogida 140 se acopla a la superficie inferior 142 del refuerzo 130. Como se describe a continuación, el acoplamiento de la bandeja de recogida 140 a la superficie inferior 142 permite que el apuntalante residual caiga fuera del transportador 122 a medida que se mueve en la segunda dirección 344, y -así- en sentido descendente y hacia la bandeja de recogida 140. Por otra parte, la bandeja de recogida 140 debajo de la sección inclinada 126 permite que la bandeja de recogida 140 sostenga los tubos 46 por medio de los soportes de los conductos 62, de manera que mejora el recorrido de los tubos 42 alrededor de la sección inclinada 126.

Tal como se muestra en la Figura 24, la salida 316 se extiende hacia afuera de la sección inferior 314 perpendicular al plano de la página. La salida 316 se acopla al tubo 46 para dirigir el apuntalante residual y las partículas de polvo 264 ubicadas dentro de la bandeja de recogida 140 hacia el colector 48 mediante la presión de succión generada por el desplazador de aire 28. Es decir, el apuntalante residual y las partículas de polvo 264 se dirigirán en sentido descendente hacia la sección inferior 314 por el lado vertical 310 y el lado inclinado 312. Dado que el apuntalante residual y las partículas de polvo 264 se recogen dentro de la bandeja de recogida 140, la presión de succión del desplazador de aire 28 elimina el apuntalante residual, y las partículas de polvo 264 de la bandeja de recogida 140 por medio de la salida 316 son dirigidas hacia el desplazador de aire 28. De esta manera, se reduce el riesgo de exposición al apuntalante y las partículas de polvo 264 porque el apuntalante y las partículas de polvo 264 permanecen contenidas dentro del refuerzo 130 y

la bandeja de recogida 140 después de ser depositados en la tolva 24.

La Figura 25 es una vista en corte transversal de la bandeja de recogida 140 que recibe el apuntalante residual 354 y las partículas de polvo 264 desde el transportador 122 tomada a lo largo de la línea 25-25 de la Figura 23. En la forma de realización que se ilustra, el lado vertical 310, el lado inclinado 312, la sección inferior 314, el segundo panel lateral 320 y la superficie inferior 142 del refuerzo 130 -al menos parcialmente- definen un volumen interior 350 de la bandeja de recogida 140. En la forma de realización que se ilustra, una entrada 352 se encuentra próxima a la unión entre el canal de bajada 24 y el lado vertical 310. La entrada 352 acopla de manera fluida la bandeja de recogida 140 al refuerzo 130. En la forma de realización que se ilustra, el apuntalante residual 354 cae desde una superficie inferior 356 del transportador 122 y en la bandeja de recogida 140. Como se utiliza en este documento, la superficie inferior 356 describe la superficie del transportador 122 como el transportador 122 que se desplaza en la segunda dirección 344. En otras palabras, la superficie inferior 356 es la superficie del transportador 122 que se ubica más cerca del plano de tierra.

En la forma de realización que se ilustra, el apuntalante residual 354 cae fuera de la superficie inferior 356 mediante la fuerza de gravedad que actúa sobre el apuntalante residual 354 a medida que el transportador 122 se desplaza en la segunda dirección 344. Según lo ilustrado por las flechas 358, el apuntalante residual 354 y las partículas de polvo 254 se sedimentan y recogen en la sección inferior 314 de la bandeja de recogida 140. Por ejemplo, el apuntalante residual 354 puede ponerse en contacto con el lado inclinado 312 y puede dirigirse hacia la sección inferior 314. En la sección

inferior 314, el apuntalante residual 354 y las partículas de polvo 254 se extraen de la bandeja de recogida 140 por el flujo de aire 266 generado por la presión de succión del desplazador de aire 28. Por ejemplo, el tubo 46 se acopla a la salida 316 para acoplar de manera fluida el desplazador de aire 28 a la bandeja de recogida 140 mediante el colector 48. Por consiguiente, el apuntalante residual 354 y las partículas de polvo 254 permanecen dentro de las porciones contenidas (por ejemplo, refuerzo 130, colector 48, bandeja de recogida 140) del sistema, de manera que se reduce el riesgo de exposición del personal operativo en el sitio de fracturación hidráulica.

La Figura 26 es una vista en alzado lateral parcial del apuntalante 92 que se deposita en la bandeja de recogida 140, según una forma de realización de la presente invención. Como se describió anteriormente, la bandeja de recogida 14 está dispuesta sobre una superficie inferior 142 del refuerzo 130 para atrapar partículas de polvo 264 y apuntalante 92 después de que el transportador 122 voltea para depositar el apuntalante 92 hacia la cámara de apuntalante 144. Por ejemplo, el transportador 122 recibe el apuntalante 92 descargado los recipientes 18 en la superficie superior 120. El transportador 122 mueve el apuntalante 92 alejándolo de los recipientes 18 y hasta la sección inclinada 126. En un vértice 400, el transportador 122 voltea, de manera tal que la superficie superior 120 ya no está encima de los rodillos 124. En otras palabras, después de que la superficie superior 120 cruza el vértice 400, la superficie superior 120 se convierte en la superficie inferior 356, que substancialmente se enfrenta a un plano de tierra. En funcionamiento, el apuntalante 92 en la superficie superior 120 cae fuera del transportador 122 en el vértice 400 y en la cámara de

apuntalante 144 al canal de bajada 24. Sin embargo, en algunas formas de realización, el apuntalante residual 354 permanece en la superficie superior 102. Además, las partículas de polvo 264 pueden formarse en la cámara de apuntalante 144 debido al movimiento y sedimentación del apuntalante 92. Para capturar el apuntalante residual 354 y las partículas de polvo 264, la bandeja de recogida 140 se ubica en la superficie inferior 142 del refuerzo 130 aguas abajo del vértice 400.

En la forma de realización que se ilustra, la entrada 352 entre el refuerzo 130 y la cámara de apuntalante 144 proporciona acceso a la bandeja de recogida 140. El apuntalante residual 354 remanente sobre el transportador 122 se dirige hacia la bandeja de recogida 140 mediante la colocación de la bandeja de recogida 140 en el lugar donde voltea el transportador 122. En otras palabras, la bandeja de recogida 140 se ubica aguas abajo del vértice 400 donde la superficie superior 120 se convierte en la superficie inferior 356. Por consiguiente, la fuerza de gravedad que actúa sobre el apuntalante residual 354, conduce el apuntalante residual 354 para que caiga fuera del transportador 122 y en la bandeja de recogida 140. Además, las partículas de polvo 264 que se forman en la cámara de apuntalante 144 pueden sedimentarse hacia la entrada 352, de modo que son capturadas en la bandeja de recogida 140. De esta manera, el apuntalante residual 354 y las partículas de polvo 264 pueden ser capturadas antes de que la superficie inferior 356 vuelva hacia la sección inclinada 126 y hacia los recipientes 18.

La Figura 27 es una vista en corte transversal del conjunto de campana 42 dispuesto sobre la tolva mezcladora 20 en la cual se ilustra que el flujo de aire 266 se desplaza a través del conducto 44. Como se describe en detalle más arriba, el conjunto de campana 42 se dispone cerca de -y

superpuesto a- la tolva mezcladora 20. En la forma de realización que se ilustra, el conjunto de campana 42 es más pequeño que la tolva mezcladora 20, lo cual permite que el conjunto de campana 42 se desplace sin la tolva mezcladora 20 para distribuir uniformemente el apuntalante 92. El conjunto de campana 42 se acopla a -y rodea- el canal de bajada 24. Como se describió anteriormente, el canal de bajada 24 recibe el apuntalante 92 desde el impulsor de apuntalante 22, como se muestra en la dirección del flujo de apuntalante 280. El apuntalante 92 se dosifica desde los recipientes 18 colocados en el bastidor 16 en sentido descendente por gravedad sobre el impulsor de apuntalante 22. El impulsor de apuntalante 22 aleja el apuntalante 92 de los recipientes 18 y lo desplaza hacia el canal de bajada 24. Cuando el apuntalante 92 entra en el canal de bajada 24, el canal de bajada 24 se ubica para dirigir el apuntalante 92 hacia la tolva mezcladora 20.

En la forma de realización que se ilustra, el conjunto de campana 42 está ubicado para capturar las partículas de polvo 264 formadas debido al movimiento y la sedimentación de apuntalante 92. Por ejemplo, el conjunto de campana 42 dirige el flujo de aire 266 sobre la trayectoria del flujo 268 para capturar las partículas de polvo 264 y dirigir las partículas de polvo 264 a través del conjunto de campana 42 y hacia los tubos 46. Los tubos 46 dirigen el flujo del aire 266 hacia el colector 48 en la dirección del flujo de aire 284. Como se ilustra, los tubos 46 están acoplados al colector 48 en las conexiones 60, de tal modo que substancialmente unen los respectivos flujos de aire 266 en cada tubo 46. De esta manera, las partículas de polvo capturadas son dirigidas desde la tolva mezcladora 20 y hacia el desplazador de aire 28.

Por otra parte, como se describió anteriormente, la bandeja de recogida 140 está dispuesta en la superficie

inferior 142 de la sección inclinada 126. Como se observa, el flujo de aire 266 actúa sobre la bandeja de recogida 140 para retirar el apuntalante residual 354 y las partículas de polvo 264 que se recogen en ella por medio del tubo 46 que se acopla a la salida 316. Como se aprecia, el tubo 46 se acopla al colector 48, de manera tal que se transmite la presión de succión generada por el desplazador de aire 28. El tubo 46 recibe el apuntalante residual 354 y las partículas de polvo 264 desde la bandeja de recogida 140 y los dirige hacia el colector 48 por medio del flujo de aire 266. Como se describió anteriormente, el colector 48 dirige el flujo de aire 266 en la dirección del flujo de aire 284 hacia el desplazador de aire 28, alejándolo de la tolva mezcladora 20.

La Figura 28 es una vista en perspectiva del desplazador de aire 28 dispuesto en el extremo trasero 30 del bastidor 16. Como se observa, el motor 52 se ubica cerca del desplazador de aire 28 para suministrar alimentación operativa a fin de generar la presión de succión (por ejemplo, presión de vacío, fuerza de succión, fuerza de vacío) que permite que el conjunto de campana 42 capture las partículas de polvo 264. Por ejemplo, el motor 52 puede estar acoplado a un ventilador que gira con la rotación del motor 52. El desplazador de aire 28 se ubica en el patín 50 para permitir el movimiento entre los pozos y para optimizar la colocación a lo largo de la longitud 40 del bastidor 16. Por ejemplo, en la forma de realización que se ilustra, el desplazador de aire 28 se ubica en el extremo trasero 30. Sin embargo, en otras formas de realización, el desplazador de aire 28 puede ubicarse más cerca del extremo distal 32. Se aprecia que -al ubicar el desplazador de aire 28 más cerca del conjunto de campana 42- se puede reducir la caída de presión a lo largo del conducto 44 (por ejemplo, acortando la longitud del conducto 44), de

manera que se reduce la presión estática y aumenta el caudal del desplazador de aire 28.

Como se muestra, el desplazador de aire 28 está acoplado al colector 48 a través de la cañería 70. En algunas formas de realización, la cañería 70 es un tubo flexible (por ejemplo, tubos de polímero, de metal flexible, etc.) para simplificar la instalación del sistema. Por ejemplo, la cañería 70 puede ubicarse para que se curve debajo del bastidor 16 para acoplarse al colector 48. Por otra parte, mediante la colocación de la cañería 70 debajo del bastidor 16, el espacio total ocupado por el sistema puede reducirse en el pozo 14.

La Figura 29 es una vista en alzado lateral del desplazador de aire 28 según una forma de realización de la presente invención. En la forma de realización que se ilustra, el desplazador de aire 28 se ubica en el patín 50 para elevar el desplazador de aire 28 por encima del plano de tierra. El motor 52 se ubica cerca del desplazador de aire 28 (por ejemplo, compresor, ventilador) y proporciona energía operativa al desplazador de aire 28. En la forma de realización que se ilustra, el motor 52 es un motor diésel. Sin embargo, en otras formas de realización, el motor 52 puede ser eléctrico o accionado con gas. El desplazador de aire 28 incluye una cubierta 420 que se puede retirar para tener acceso a los elementos de filtro en el desplazador de aire 28. Los elementos de filtro bloquean el polvo y la suciedad, e impiden que ingresen en las partes móviles del desplazador de aire 28, lo cual mejora la duración del equipo. Un conector de conducto 422 se ubica en el desplazador de aire 28 para acoplar la cañería 70 entre el desplazador de aire 28 y el colector 48. Como se observa, el conector de conducto 422 incluye una cubierta que se puede retirar para bloquear el acceso al funcionamiento interior del desplazador de aire 28

cuando este no está en uso, como por ejemplo durante el transporte mientras se realizan tareas de mantenimiento.

En funcionamiento, el flujo de aire 266 se desplaza hacia el desplazador de aire 28 a través del conducto 44. Los elementos filtrantes se utilizan para filtrar las partículas de polvo capturadas 264 y el apuntalante residual 354. El desplazador de aire 28 incluye una descarga 424 para eliminar las partículas de polvo 264 y el apuntalante residual 354 del sistema. Como se describirá a continuación, la descarga 424 puede acoplarse a un recipiente para recibir las partículas de polvo 264 y el apuntalante residual 354 para su eliminación. En la forma de realización que se ilustra, el desplazador de aire 28 incluye un controlador 426 para monitorear y cambiar el funcionamiento del desplazador de aire 28. Por ejemplo, el controlador 426 puede incluir interruptores de encendido/apagado, medidores que indican las condiciones de funcionamiento del desplazador de aire 28 y similares. De esta manera, el funcionamiento del desplazador de aire 28 puede monitorearse y controlarse para ajustar los parámetros del desplazador de aire 28 para facilitar la captura y la eliminación de las partículas de polvo 264 formadas cerca de la tolva mezcladora 20.

La Figura 30 es una vista en alzado posterior del desplazador de aire 28 según una forma de realización de la presente invención. En la forma de realización que se ilustra, el motor 52 está obstruido por la sección del compresor de desplazador de aire. Como se indica, el patín 50 ubica el desplazador de aire 28 por encima del plano de tierra. El conector del conducto 422 se extiende desde un lado del desplazador de aire 28 para la conexión al colector 48. La conexión entre el desplazador de aire 28 y el colector 48 permite que el flujo de aire 266 se genere en el conjunto de

campana 42, de manera que se facilita la eliminación de las partículas de polvo 264.

La Figura 31 es una vista en alzado posterior del desplazador de aire 28 con un conjunto de descarga de residuos 430 acoplado a la descarga 424, según una primera forma de realización de la presente invención. Como se describe, el motor 52 está acoplado al desplazador de aire 28 para proporcionar energía operativa. Una protección 432 bloquea el acceso al acoplamiento entre el desplazador de aire 28 y el motor 52. La descarga 424 se extiende desde el lateral del desplazador de aire 28 para la eliminación de las partículas de polvo 264 y apuntalante residual 354 recogidos por el conjunto para la recolección de polvo 12. En la forma de realización que se ilustra, una manguera flexible 434 está acoplada a la descarga para dirigir las partículas de polvo 264 y el apuntalante residual 354 hacia un tambor 436. El tambor 436 tiene una tapa desmontable 438 que bloquea el acceso al interior del tambor 436 cuando las partículas de polvo 264 y el apuntalante residual 354 están siendo traspasados al tambor 436. Como resultado, las partículas de polvo 264 se confinan sustancialmente al tambor 436 para reducir la probabilidad de exposición del personal operativo. En algunas formas de realización, la manguera flexible 434 y la tapa 438 están acopladas para que ambos componentes se retiren de la descarga 424 cuando el tambor 436 está lleno. Como resultado, la posibilidad de exposición a las partículas de polvo 264 cuando se mueve el tambor 436 disminuye porque la abertura a través de la manguera flexible 434 es más pequeña que la abertura del tambor 436.

La Figura 32 es una vista en alzado posterior del desplazador de aire 28 y el conjunto de descarga de residuos 430, de acuerdo con una segunda forma de realización de la

presente invención. Como se describió anteriormente, las partículas 264 y el apuntalante 354 capturados por el desplazador de aire 28 mediante el conjunto de campana 42 y la bandeja de recogida 104 se llevan nuevamente hacia el desplazador de aire 28 mediante el flujo de aire 266. Las partículas capturadas se filtran hacia el exterior con los elementos filtrantes y se eliminan del sistema mediante la descarga 424. En la forma de realización que se ilustra, el tambor 436 se ubica en un conjunto de ruedas 440 para facilitar el movimiento del tambor 436. Las partículas fluyen hacia afuera de la descarga 424 y hacia el tambor 436 mediante la manguera flexible 434. Después de eso, el tambor 436 puede retirarse del desplazador de aire 28, por ejemplo, cuando el tambor 436 está lleno. Las ruedas 440 permiten que el tambor 436 se mueva con mayor facilidad, de manera que se reduce el período de tiempo entre el reemplazo de los tambores llenos 436 por los tambores vacíos 436.

La Figura 33 es una vista en perspectiva de un conjunto para suministro de apuntalante 10 y un conjunto para la recolección de polvo 12 dispuestos en un pozo 14 según una forma de realización de la presente invención. En la forma de realización que se ilustra, el pozo 14 incluye un piso que se puede desmontar 450 que se fabrica con pallets de madera para facilitar el uso de maquinaria pesada, tales como una o más carretillas elevadoras 452, grúas u otros motores hidráulicos para la carga y descarga de los recipientes 18 de los camiones 454. Los recipientes 18 son apilables en una configuración vertical, de manera tal que un recipiente 18 se apila encima de otro. Al apilar los recipientes 18 en el pozo 14, puede reducirse el espacio general que ocupan los recipientes 18, de manera que se optimiza el -a menudo- escaso espacio disponible en el pozo 14. El pozo 14 también incluye la tolva mezcladora

20 que recibe el apuntalante 92 dosificado desde los recipientes 18 a través del conjunto para suministro de apuntalante 10. El conjunto para la recolección de polvo 12 se dispone cerca del conjunto para suministro de apuntalante 10, de manera tal que las partículas de polvo 264 generadas por el movimiento y la sedimentación del apuntalante 92 son capturados por el conjunto para la recolección de polvo 12. Por ejemplo, el conjunto de campana 42 está acoplado al canal de bajada 24 y dispuesto por encima de la tolva mezcladora 20. Desde allí, el apuntalante 92 puede mezclarse con líquidos (por ejemplo, agua, fluidos de fracturación hidráulica, etc.) e inyectarse en el pozo de perforación 26.

Mientras que la forma de realización que se ilustra incluye el camión 454 que entrega los recipientes 18 llenos de apuntalante para fracturación hidráulica 92, en otras formas de realización se puede utilizar una vía férrea para entregar los recipientes 18. Los recipientes 18 pueden disponerse en una configuración uno al lado del otro sobre vagones y descargarse de los vagones con el empleo de la carretilla elevadora 452 u otro motor hidráulico. Seguidamente, como se muestra en la forma de realización que se ilustra, los recipientes 18 pueden apilarse en el pozo 14 hasta que se necesiten. Debido a que los recipientes 18 se envían con el apuntalante 92 ya cargado, los contenedores 18 pueden permanecer en el pozo 14 siempre que sea necesario, porque el apuntalante 92 está protegido del medio ambiente gracias al recipiente 18. De esta manera, el pozo 14 puede estar organizado para que se use el conjunto para suministro de apuntalante 10 con el empleo de los recipientes 18.

La Figura 34 es una vista en perspectiva del recipiente 18 de un sistema de suministro de apuntalante 10 que se carga en un bastidor 16 del sistema de suministro de apuntalante,

según una forma de realización de la presente invención. La carretilla elevadora 452 engrana las ranuras 460 en el recipiente 18 configurado para recibir las horquillas de la carretilla elevadora 452 a fin de facilitar el movimiento. La carretilla elevadora 452 levanta el recipiente 18 fuera del plano de tierra y lleva el recipiente 18 hacia el bastidor 16. Como se observa, el bastidor 16 incluye secciones de bastidor 462 para recibir el recipiente 18. Los recipientes 18 están dispuestos en una configuración uno al lado del otro a lo largo de la longitud 40 del bastidor 16 para facilitar el movimiento del apuntalante 92 desde los recipientes 18 a la tolva mezcladora 20. En la forma de realización que se ilustra, la carretilla elevadora 452 eleva el recipiente 18 por encima de la superficie superior 90 y, luego, baja el recipiente 18 sobre la superficie superior 90 para recibir y sostener el recipiente 18. Los recipientes 18 se alinean con las secciones de bastidor 462 para ubicar los recipientes 18 sobre uno o más accionadores a fin de activar el apuntalante 92 para que fluya hacia afuera la abertura 94. De esta manera, los recipientes 18 pueden cargarse continuamente y descargarse desde el bastidor 16 para proporcionar apuntalante 92 para las operaciones de fracturación hidráulica.

La Figura 35 es una vista en perspectiva del recipiente 18 ubicado sobre el bastidor 16 y alineado con un accionador 470 del sistema de suministro de apuntalante 10. En la forma de realización que se ilustra, el recipiente 18 se baja sobre la sección de bastidor 464 para fijar el recipiente 18 al bastidor 16. Los accionadores 470 se alinean con una barrera 114 colocada en la base 96 del recipiente 18 para cubrir la abertura 94. En funcionamiento, los accionadores 470 mueven la barrera entre una posición abierta, en la que el apuntalante 92 sale del recipiente 18 y una posición cerrada, en la que se

impide que el apuntalante 92 fluya fuera del recipiente 18. Cuando está en posición abierta, el apuntalante 92 fluye hacia afuera del recipiente 18 y hacia una tolva 472 dispuesta por debajo de la superficie superior 90 del bastidor 16. La tolva 472 incluye paredes inclinadas 474 que dirigen el apuntalante 92 en sentido descendente y hacia el impulsor de apuntalante 22. En funcionamiento, los recipientes 18 están dispuestos en la configuración uno al lado del otro a lo largo del bastidor 16, de manera tal que cada recipiente 18 se engrana con los respectivos accionadores 470 para accionar el movimiento de las respectivas barreras 114 entre las posiciones abiertas y cerradas. Los accionadores 470 permiten que los recipientes 18 vacíen el apuntalante 18 contenido en el impulsor de apuntalante 22 para el movimiento hacia la tolva mezcladora 20.

La Figura 36 es una vista en corte transversal parcial de un recipiente 18 que dosifica sobre el transportador 122 de un sistema de suministro de apuntalante 10 y el conjunto para la recolección de polvo 12 que se ubica sobre la tolva mezcladora 20, según una forma de realización de la presente invención. El recipiente 18 se ubica sobre el bastidor 16 y dosifica el apuntalante 92 a través de la abertura 94 en la base 96 del recipiente 18. Por ejemplo, el accionador 470 mueve la barrera 114 a la posición abierta para permitir que el apuntalante 92 fluya hacia afuera del recipiente 18. El apuntalante 92 fluye a través de la tolva 472 y sobre la superficie superior 120 del impulsor de apuntalante 22. En la forma de realización que se ilustra, el impulsor apuntalante 22 es el transportador sin fin 122. El transportador 122 recibe el apuntalante 92 y lo arrastra desde los recipientes 18 y a lo largo de una sección inclinada 126 hacia la cámara de apuntalante 144. Tal como se ha descrito anteriormente, el transportador 122 voltea en el

vértice 400 para dirigir el apuntalante 92 a través de la cámara de apuntalante 144 y sobre el canal de descarga 24 para su deposición en la tolva mezcladora 20.

A medida que el apuntalante 92 se desplaza hacia la tolva mezcladora 20, el movimiento y la sedimentación pueden facilitar la formación de las partículas de polvo 264. Por ejemplo, cuando el apuntalante 92 está dirigido hacia la cámara de apuntalante 144, el apuntalante 92 puede entrar en contacto con las paredes laterales de la cámara 144, de manera que se produce polvo. En ciertas formas de realización, las partículas de polvo 264 pueden ingresar en la bandeja de recogida 140 a través de la entrada 352. Como resultado, las partículas de polvo 264 quedarán contenidas dentro del sistema y no serán expulsadas a la atmósfera, donde pueden ser inhaladas por personal operativo.

Por otra parte, las partículas de polvo 264 pueden formarse cuando el apuntalante 92 atraviesa el canal de bajada 24 y hacia la tolva mezcladora 20. Por ejemplo, la sedimentación del apuntalante 92 puede generar partículas de polvo 264 que ingresan en el aire alrededor de la tolva mezcladora 20 y pueden ser inhaladas por el personal operativo. El conjunto de campana 42 está dispuesto sobre la tolva mezcladora 20 y alrededor del canal de bajada 24 para capturar las partículas de polvo 264 y dirigirlas hacia el desplazador de aire 28. En la forma de realización que se ilustra, los depósitos de polvo 174 se extienden a través del conjunto de campana 42 para recibir el flujo de aire 266 generado por el desplazador de aire 28. El flujo de aire 266 es una fuerza de vacío (por ejemplo, presión de succión) que aspira el aire de la trayectoria del flujo 268 alejándolo de la tolva mezcladora 20 y hacia el desplazador de aire 28. El flujo de aire 266 ingresa en el conjunto de campana 42 y se

dirige a los tubos 46 mediante los depósitos de polvo 166, 174, 182. Los tubos 46 están acoplados al colector 48 que dirige el flujo de aire 266 al desplazador de aire 28, de manera que se eliminan las partículas de polvo 264 desde la trayectoria del flujo 268 cerca de la tolva mezcladora 20. Por consiguiente, las partículas de polvo 264 producidas por el movimiento y la sedimentación del apuntalante 92 pueden capturarse para reducir el riesgo de que el personal operativo las inhale.

Las Figuras 37A-D son diagramas de flujo que ilustran los métodos de recogida de las partículas de polvo en operaciones de fracturación hidráulica según formas de realización de la presente invención. Con referencia a la Figura 37A, en algunas formas de realización, un método para capturar polvo 500 incluye el suministro de apuntalante 92 a los equipos de operación de fracturación hidráulica (por ejemplo, la tolva mezcladora 20, el recipiente 18, el pozo de perforación 26, etc.) a través del conjunto para suministro de apuntalante 10 (bloque 502). Por ejemplo, el apuntalante 92 se puede almacenar en uno o más recipientes 10 y dosificarse a través de la abertura 94 en la base 96 de los recipientes 18 y alimentarse por gravedad a lo largo de las superficies inclinadas 98. En algunas formas de realización, uno o más recipientes 10 se ubican en la superficie superior 90 del bastidor 16. Por ejemplo, los recipientes 10 pueden ubicarse sobre la superficie superior 90 desde la configuración apilada verticalmente en el pozo 14 mediante la carretilla elevadora 452. A media que se dosifica el apuntalante 92 desde los recipientes 18, este cae sobre la superficie superior 120 del impulsor de apuntalante 22 y se lo aleja de los recipientes 18 y hacia la tolva mezcladora 20.

A medida que el apuntalante 92 se desplaza hacia la tolva mezcladora 20, las partículas de polvo pueden formarse debido al movimiento y la sedimentación del apuntalante 92 en el impulsor de apuntalante 22 o en la tolva mezcladora 20. Por ejemplo, el impulsor de apuntalante 22 puede llevar el apuntalante 92 al canal de bajada 24, que dirige el apuntalante 92 hacia la tolva mezcladora 20 mediante alimentación por gravedad. Cuando el apuntalante 92 entra en contacto con la tolva mezcladora 20 o el apuntalante 92 que ya se encuentra en la tolva mezcladora 20, las partículas de polvo 264 pueden liberarse e ingresar en el aire que rodea la tolva mezcladora 20. En algunas formas de realización, las partículas de polvo 264 formadas por el movimiento y la sedimentación del apuntalante 92 en la tolva mezcladora 20 (por ejemplo, equipo de operación de fracturación hidráulica) son capturadas por el flujo de aire 266 en la trayectoria del flujo 268 que cubre las partículas de polvo 264 (bloque 504). Por ejemplo, el conjunto para la recolección de polvo 12 puede capturar las partículas de polvo 264 en el flujo de aire 266. En algunas formas de realización, el desplazador de aire 28 produce una fuerza de succión (por ejemplo, presión de vacío) para extraer el flujo de aire 266 desde la tolva mezcladora 20. El flujo de aire 266 se coloca sobre la tolva mezcladora 20 a través del conjunto de campana 42. En ciertas formas de realización, el conjunto de campana 42 incluye uno o más depósitos de polvo 166, 174, 182 para dirigir el flujo de aire 266 al conducto 44 y de nuevo al desplazador de aire 28. Es decir, las partículas de polvo del apuntalante 264 se eliminan desde el equipo de operación de fracturación hidráulica (por ejemplo, la tolva mezcladora 20) al dirigir el flujo de aire 266 desde los equipos de operación de fracturación hidráulica (bloque 506). Por ejemplo, la fuerza de succión generada por

el desplazador de aire 28 extrae el flujo de aire 266 hacia arriba, alejándolo de la tolva mezcladora 20 y a través de los depósitos de polvo 166, 174, 182. Los depósitos de polvo 166, 174, 182 están acoplados al conducto 44 para dirigir el flujo de aire 266 desde la tolva mezcladora 20 y en la dirección del flujo de aire 284. De esta manera, las partículas de polvo 264 pueden extraerse del equipo de operación de fracturación hidráulica para reducir el riesgo de que el personal operativo inhale las partículas de polvo 264 en el aire.

La Figura 37B es un diagrama de flujo que ilustra el paso -que se muestra en el bloque 502- de suministrar el apuntalante 92 al equipo de operación de fracturación hidráulica. En algunas formas de realización, uno o más recipientes 18 se ubican en la superficie superior 90 del bastidor 16 (bloque 510). Por ejemplo, la carretilla elevadora 452 puede levantar los contenedores 18 desde la configuración apilada y transportarlos sobre el bastidor 16. Dado que los recipientes 18 están colocados en la superficie superior 90, pueden alinearse con uno o más accionadores 470 que interactúan con las barreras 114 ubicadas en la base 96 de los recipientes 18. Las respectivas barreras 114 permiten que el apuntalante 92 fluya hacia afuera de los recipientes 18 cuando están en posición abierta, e impiden que el apuntalante 92 fluya fuera de los recipientes 18 cuando está en la posición cerrada. Por ejemplo, para liberar el apuntalante 92, las barreras 114 dispuestas en las respectivas bases 96 de uno o más recipientes 18 pueden moverse a la posición abierta para permitir que el apuntalante 92 fluya hacia afuera de uno o más recipientes 18 (bloque 512). En algunas formas de realización, el apuntalante 92 que fluye hacia afuera de uno o más recipientes 18 se recibe sobre la superficie superior 120 del impulsor de apuntalante 22. Por ejemplo, el impulsor de

apuntalante 22 puede ser el transportador 122 que recibe el apuntalante 92. El impulsor de apuntalante 22 se sitúa por debajo de la superficie superior 90 para recibir el apuntalante desde uno o más recipientes 18 mediante alimentación por gravedad. Como resultado, el apuntalante 92 puede ser alejado de uno o más recipientes (bloque 514). Por ejemplo, se puede mover el apuntalante 92 a la tolva mezcladora 20.

La Figura 37C es un diagrama de flujo del paso del método de captura de partículas de polvo 264, representado por el bloque 504. En algunas formas de realización, el conjunto de campana 42 está dispuesto cerca del equipo de operación de fracturación hidráulica (por ejemplo, la tolva mezcladora 20) para dirigir el flujo de aire 266 hacia la trayectoria del flujo 268 (bloque 520). Por ejemplo, el conjunto de campana 42 está dispuesto sobre la tolva mezcladora 20, de manera tal que el área de captura 190 está dentro del área de la superficie de la tolva mezcladora 192. Como un resultado, los volúmenes primero, segundo y tercero 168, 170, 204 se ubican cerca de la tolva mezcladora 20 para facilitar la captura de las partículas de polvo 264. El conjunto de campana 42 se acopla de manera fluida al impulsor de aire 28 para facilitar la captura de partículas de polvo 48. Por ejemplo, en algunas formas de realización, el flujo de aire 266 se extrae en sentido ascendente y a través del conjunto de campana 42 (bloque 522). Como se describió anteriormente, los depósitos de polvo 166, 174, 182 se extienden a través del conjunto de campana 42 para acoplarse a los tubos 46 que se extienden entre el conjunto de campana 42 y el colector 48. La presión de succión generada por el impulsor de aire 28 extrae el flujo de aire 266 a través del conjunto de campana 42, de manera que se elimina el aire presente en la trayectoria del flujo 268 de

las proximidades de la tolva mezcladora 20. De esta manera, las partículas de polvo 264 formadas próximas a la tolva mezcladora 20 pueden ser capturadas en el conjunto de campana 42.

La Figura 37D es un diagrama de flujo que ilustra el paso que se muestra en el bloque 506 de extraer las partículas de polvo 264 del equipo de operación de fracturación hidráulica. En algunas formas de realización, el conducto 44 acopla de manera fluida el desplazador de aire 28 al conjunto de campana 42 para facilitar la extracción de las partículas de polvo 264 (bloque 530). Por ejemplo, se puede utilizar un tubo flexible, un conducto rígido o similares para formar la trayectoria del flujo 268 entre el desplazador de aire 28 y el conjunto de campana 42. Así, el flujo de aire 266 se retira de la zona próxima a la tolva mezcladora 20 (bloque 532). Por ejemplo, la presión de succión generada por el desplazador de aire 28 extrae el flujo de aire 266 a través de los depósitos de polvo 166, 174, 182 y hacia el conducto 44. Es decir, el desplazador de aire 28 continuamente aplica la fuerza de vacío en los depósitos de polvo 166, 174, 182, con lo cual retira -al menos- una porción del aire en la trayectoria del flujo 268. El flujo de aire 266 se desplaza a lo largo de la trayectoria del flujo 268 hasta el desplazador de aire (bloque 534). Por ejemplo, la presión de succión generada por el desplazador de aire 28 extrae el flujo de aire 266 a lo largo de la trayectoria del flujo 268 a través del conducto 44. En algunas formas de realización, el flujo de aire 266 es suficiente para capturar las partículas de polvo 264 sin que se eliminen los granos de apuntalante 92 de la tolva mezcladora 20. En otras palabras, la presión de succión se selecciona especialmente para capturar las partículas de polvo 264 y tiene un impacto limitado sobre el apuntalante 92. Las partículas de polvo 264

se recogen en el desplazador de aire 28 (bloque 536). En algunas formas de realización, el desplazador de aire 28 incluye el elemento filtrante ubicado a lo largo de la trayectoria del flujo 268 para separar las partículas de polvo 264 del aire. Las partículas de polvo 264 son recogidas y dirigidas hacia la descarga 424. En la descarga 424, uno o más conjuntos de descarga de residuos 430 pueden acoplarse a la descarga 424 para recibir las partículas de polvo 264 recogidas por el desplazador de aire 28. Por ejemplo, el conjunto de descarga de residuos 430 puede incluir el tambor 436 que está acoplado de manera fluida a la descarga 424 para recibir las partículas de polvo 264. De esta manera, las partículas de polvo 264 pueden ser recogidas y eliminadas del sistema.

La Figura 38 es un diagrama de flujo de un método 540 de recolección apuntalante residual 354 y partículas de polvo 264 en el conjunto para suministro de apuntalante 10. Como se describió anteriormente, en ciertas formas de realización el apuntalante residual 354 puede permanecer en el impulsor de apuntalante 22 después de que el impulsor de apuntalante 22 voltea en el vértice 400. Por ejemplo, en formas de realización donde el impulsor de apuntalante 22 es el transportador 122, la superficie superior 102 del transportador puede voltear y convertirse en la superficie inferior 354 después del vértice 400. El apuntalante residual puede permanecer en el transportador 122, junto con las partículas de polvo 264 formadas cuando el apuntalante 92 se traspasa al canal de bajada 24. En algunas formas de realización, la bandeja de recogida 140 se encuentra ubicada aguas abajo del equipo de operación de fracturación hidráulica entre el impulsor de apuntalante 22 y el equipo de operación de fracturación hidráulica (bloque 542). Por ejemplo, la

bandeja de recogida 140 puede ubicarse en la superficie inferior 356 de la sección inclinada 126 del impulsor de apuntalante 22. La entrada 352 se ubica aguas abajo del vértice 400 para proporcionar una trayectoria del flujo para el apuntalante residual 354 y las partículas de polvo 264 para que ingresen en la bandeja de recogida 140. De esta manera, la bandeja de recogida 140 captura el apuntalante residual 354 y las partículas de polvo 264 (bloque 544). Por ejemplo, la bandeja de recogida 140 incluye un volumen interior 350 que tiene un lado inclinado 312 para dirigir el apuntalante residual 354 y las partículas de polvo 264 en sentido descendente y hacia la bandeja de recogida 140. El apuntalante residual 354 y las partículas de polvo 264 se eliminan de la bandeja de recogida 140 por la salida 316 (bloque 546). Por ejemplo, los tubos 46 se pueden acoplar a la salida 316, de manera tal que el flujo de aire 266 generado por el desplazador de aire 28 también captura el apuntalante residual 354 y las partículas de polvo en la bandeja de recogida 140. Por otra parte, en las formas de realización donde el flujo de aire 266 se selecciona de manera que sea particularmente insuficiente para mover el apuntalante residual 354, el apuntalante residual 354 puede retirarse de alguna manera de la bandeja de recogida 140. De esta manera, puede reducirse el riesgo de exposición al apuntalante 294 o las partículas de polvo 264.

Como se describió anteriormente, las formas de realización de la presente revelación incluyen el conjunto para la recolección de polvo 12 utilizado para capturar partículas de polvo 265 generadas por el movimiento y la sedimentación de apuntalante 92. En algunas formas de realización, se dispone un conjunto para la recolección de polvo cerca de -y por lo menos parcialmente acoplado a- un

conjunto para suministro de apuntalante 10. El conjunto para suministro de apuntalante 10 incluye el bastidor 16 para recibir y sostener uno o más recipientes 18 en una superficie superior 90. Uno o más recipientes 18 almacenan apuntalante 92 que se puede dosificar a través de la abertura 94 en la base 96. A medida que el apuntalante 92 fluye hacia afuera de uno o más recipientes 18, se estaciona en la superficie superior 120 del impulsor de apuntalante 22. En algunas formas de realización, el impulsor de apuntalante 22 es el transportador sin fin 122 que lleva el apuntalante 92 desde uno o más recipientes 18. El transportador 122 lleva el apuntalante 92 al canal de bajada 24 ubicado en el extremo distal 32 del bastidor 16 para la deposición en la tolva mezcladora 20. En algunas formas de realización, como el apuntalante 92 fluye hacia la tolva mezcladora 20, pueden formarse partículas de polvo 264, las cuales -en algunas formas de realización- pueden ser inhaladas por el personal del sitio de operaciones de fracturación hidráulica. Para reducir el riesgo de inhalación, el conjunto para la recolección de polvo 12 incluye el conjunto de campana 42 acoplado al canal de bajada 24 y dispuesto cerca de -y superpuesto a- la tolva mezcladora 20. En algunas formas de realización, el conjunto de campana 42 incluye uno o más depósitos de polvo 168, 174, 182 que se extienden a través del conjunto de campana 42 para permitir que las partículas de polvo 264 salgan del conjunto de campana 42 y se muevan hacia el desplazador de aire 28. Por ejemplo, los tubos 46 acoplan uno o más depósitos de polvo 168, 174, 182 al colector 48 para dirigir el flujo de aire 266 generado por la presión de succión del desplazador de aire 28 en la dirección del flujo de aire 284. El flujo de aire 266 captura las partículas de polvo 264 presentes en la trayectoria del flujo 268, de manera tal que -al menos- un volumen de aire

próximo a la tolva mezcladora 20 se retira y se lo lleva hacia el desplazador de aire 28. De esta manera, las partículas de polvo 264 pueden eliminarse de las cercanías de la tolva mezcladora 20 para reducir el riesgo de exposición del personal del sitio de las operaciones de fracturación hidráulica.

La presente solicitud reivindica la prioridad de la solicitud de patente provisional de EE.UU. n.º 62/275.377, depositada el 6 de enero de 2016, titulada "*Conveyor with Integrated Dust Collector System*", que se incorpora a la presente por referencia en su totalidad.

La revelación y la descripción de la invención indicadas previamente son ilustrativas y explicativas de las formas de realización de la invención. Se pueden introducir varios cambios en los detalles de las formas de realización que se ilustran dentro del alcance de las siguientes reivindicaciones, sin apartarse del verdadero espíritu de la invención. Las formas de realización de la presente invención solo deben estar limitadas por las siguientes reivindicaciones y sus equivalentes legales.