

MINI AMORTIGUADORES EN BOMBA COMBINADOS CON UN AMORTIGUADOR DE PULSACIONES DE SISTEMA

CAMPO TÉCNICO

5 La presente solicitud se refiere en general a la operación de sistemas recíprocos de transferencia de fluidos y, más específicamente, a proporcionar uno o más productos y/o dispositivos de control de pulsaciones antes y después de estructuras de agregación de flujo de fluidos, como después de la consolidación de corrientes de fluidos de flujo múltiple.

10

ANTECEDENTES

 El control de pulsaciones en los sistemas de transferencia de fluidos está en constante necesidad de mejora. Entre las mejoras deseables se encuentran la reducción de las amplitudes de pulsación de las bombas al sistema aguas abajo y el aumento de la flexibilidad en la integración de amortiguadores de pulsaciones con otros elementos de un sistema de bombeo global, al tiempo que se optimiza el rendimiento del amortiguamiento de pulsaciones y se utiliza de manera eficiente el espacio disponible dentro de la región del sistema de bombeo.

20

SUMARIO

 Un sistema de suministro de fluido de flujo múltiple incluye un amortiguador de pulsaciones de sistema acoplado antes o después de la consolidación de la corriente de fluido de flujo múltiple para una red de tuberías alimentada por bombas múltiples, junto con mini amortiguadores en la salida de al menos una de las bombas. El sistema y los dispositivos "mini" amortiguadores de pulsaciones pueden proporcionar cada uno un volumen de fluido para amortiguar los pulsos de presión del fluido sin necesidad de mantenimiento. Cada uno de los dispositivos amortiguadores de pulsaciones de sistema y los dispositivos mini amortiguadores está dimensionado de modo que el rendimiento de amortiguamiento de la presión colectiva, incluidos los amortiguadores accesorios existentes, esté alineado con las características de la red de bombas en particular.

30

 Antes de abordar la DESCRIPCIÓN DETALLADA a continuación, puede ser ventajoso establecer definiciones de ciertas palabras y frases utilizadas a lo largo de este documento de patente: los términos "incluye" y "comprende", así como sus derivados, significan inclusión sin limitación; el término "o" es inclusivo, lo que significa y/o; y las frases "asociado con" y "asociado con el mismo", así como sus derivados, pueden

35

significar incluir, estar incluido dentro, interconectarse con, contener, estar contenido dentro, conectarse a o con, acoplarse a o con, poderse comunicar con, cooperar con, intercalar, yuxtaponer, estar próximo a, estar vinculado a o con, tener, tener una propiedad de, o similares. Las definiciones para ciertas palabras y frases se proporcionan a lo largo de este documento de patente, los expertos en la técnica deben entender que, en muchos, si no en la mayoría de los casos, tales definiciones se aplican a usos anteriores y futuros de dichas palabras y frases definidas.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Para una comprensión más completa de la presente divulgación y sus ventajas, ahora se hace referencia a la siguiente descripción tomada junto con los dibujos adjuntos, en los que números de referencia similares representan partes similares:

La Figura 1 ilustra una vista esquemática de un sistema de perforación que incluye un amortiguador de pulsaciones instalado entre un colector de tubo vertical y un tubo vertical de acuerdo con varias realizaciones de la presente divulgación.

La Figura 2 ilustra una vista esquemática de una parte de un sistema de suministro de fluido, perforación o ambos que incluye una pluralidad de bombas de lodo de acuerdo con varias realizaciones de la presente divulgación, que pueden usarse en realizaciones de un sistema de perforación que incluyen un amortiguador de pulsaciones de sistema instalado entre un colector de tubo vertical y un tubo vertical como se muestra en la Figura 1.

La Figura 3 ilustra una vista esquemática de una parte de un sistema de suministro de fluido, perforación o ambos que incluyen una combinación de colector de tubo vertical y amortiguador de pulsaciones en un dispositivo del sistema, el amortiguador de sistema de colector de tubo vertical de acuerdo con varias realizaciones de la presente divulgación, que también se puede usar en realizaciones de un sistema de perforación que incluyen un amortiguador de pulsaciones de sistema instalado entre la(s) bomba(s) de lodo y un tubo vertical como se muestra en la Figura 1.

La Figura 4 ilustra una combinación de colector de tubo vertical y amortiguador de pulsaciones de sistema de acuerdo con diversas realizaciones de la presente divulgación.

La Figura 5 es una vista esquemática de un sistema de perforación que incluye un mecanismo amortiguador de pulsaciones alternativo que puede instalarse en, próximo o aguas abajo de un tubo vertical de acuerdo con diversas realizaciones de la presente divulgación.

Las Figuras 6A a 6E son vistas esquemáticas ampliadas de varios diseños para el

o los dispositivos amortiguadores de pulsaciones de sistema que implementan la o las partes del conjunto de orificios de amortiguamiento de pulsaciones de la Figura 5, utilizado como el o los dispositivos de amortiguamiento de pulsaciones de sistema.

La Figura 7 es una vista esquemática de un diseño alternativo, con redundancia, para el o los dispositivos amortiguadores de pulsaciones de sistema que pueden instalarse en, cerca o aguas abajo de un tubo vertical de acuerdo con varias realizaciones de la presente divulgación para implementar la o las partes del conjunto de orificios de amortiguamiento de pulsaciones de la Figura 5.

La Figura 8 ilustra una vista esquemática de un sistema de perforación o de suministro de fluido que incluye accesorios que combinan múltiples corrientes de flujo de fluido de acuerdo con varias realizaciones de la presente divulgación, que también se puede usar en realizaciones de un sistema de perforación que incluyen un amortiguador de pulsaciones de sistema instalado después de que los accesorios combinan múltiples corrientes de flujo de fluido.

La Figura 9 es un diagrama de flujo de alto nivel de un proceso de suministro de fluido y de amortiguamiento de pulsaciones de un sistema de suministro de fluido de acuerdo con diversas realizaciones de la presente divulgación.

Las Figuras 10A a 10C representan un amortiguador de pulsaciones cargado con gas.

Las Figuras 11A y 11B representan los componentes de un amortiguador de pulsaciones sin carga disponible comercialmente.

Las Figuras 12A y 12B son ilustraciones recortadas y esquemáticas, respectivamente, de un amortiguador de pulsaciones de sistema reactivo libre de mantenimiento de acuerdo con realizaciones de la presente divulgación.

La Figura 13 ilustra la instalación de un amortiguador de pulsaciones de sistema de acuerdo con realizaciones de la presente divulgación.

Las Figuras 14A a 14D representan realizaciones de una red de tuberías dentro de la cual se instala un amortiguador de pulsaciones de sistema y dos o más "mini" amortiguadores de pulsaciones de salida de acuerdo con las realizaciones de la presente divulgación.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

Las Figuras 1 a 14D, discutidas a continuación, y las diversas realizaciones utilizadas para describir los principios de la presente divulgación en este documento de patente son solo a modo de ilustración y no deben interpretarse de ninguna manera para

limitar el ámbito de la divulgación. Los expertos en la técnica comprenderán que los principios de la presente divulgación pueden implementarse en cualquier amortiguador de colector de tubo vertical o amortiguador de sistema adecuadamente dispuesto que pueda usarse para controlar o controlar parcialmente las amplitudes de pulsación.

5 Los sistemas recíprocos, tales como los sistemas de bombeo recíprocos y equipos similares, operan en muchos tipos de aplicaciones hidráulicas cíclicas. Por ejemplo, los sistemas de bombeo de lodo recíprocos se utilizan para hacer circular el lodo o el fluido de perforación en una plataforma de perforación. Los picos de presión dentro del fluido bombeado aceleran, con cada pulsación, el deterioro de la bomba, las piezas
10 prescindibles del extremo de fluido de la bomba y el equipo aguas abajo de la bomba, como el equipo de medición utilizado para determinar los parámetros de perforación y la tubería de lavado y el empaque de la tubería de lavado. Si no se controlan dichos picos de presión, inevitablemente se afectará el rendimiento operativo y la vida útil de la bomba, las piezas prescindibles del extremo de fluido de la bomba y todos los componentes
15 aguas arriba o aguas abajo. Los picos de presión también pueden interferir con la detección de señales del instrumento, de modo que la falta de control de los picos de presión también puede afectar la detección de señales y/o la calidad de la detección de señales en (por ejemplo) la medición durante las operaciones de perforación.

El equipo de control de pulsaciones se coloca típicamente inmediatamente aguas
20 arriba o aguas abajo de una bomba recíproca, a menudo con un tamaño y una configuración relativos proporcionales al volumen de desplazamiento de fluido deseado por carrera de la bomba y la magnitud máxima asignada de los picos de presión que podrían ser experimentados por el sistema de bombeo durante cada pulsación. Por lo tanto, el equipo de control de pulsaciones ayuda a reducir las cargas de la bomba y
25 minimizar las amplitudes de pulsación de la bomba, las piezas prescindibles del extremo de fluido de la bomba y los equipos aguas arriba o aguas abajo. Como resultado, el equipo de control de pulsaciones aumenta el rendimiento operativo relativo y la vida útil de la bomba, las piezas prescindibles del extremo de fluido de la bomba y cualquier equipo aguas arriba o aguas abajo de la bomba.

30 Sin embargo, también se pueden experimentar pulsaciones aguas abajo de las bombas de lodo, a medida que el fluido viaja a través de la tubería hacia el destino previsto. Estas pulsaciones pueden exacerbarse cuando es necesario desviar el fluido por una trayectoria diferente, o cuando es necesario combinar múltiples corrientes de fluido y redirigirlas en una sola corriente. La mayoría de los sistemas no toman en cuenta estas
35 pulsaciones aguas abajo. Estas pulsaciones aguas abajo pueden dañar los componentes

aguas abajo y aumentar el ruido de los instrumentos y sensores de medición aguas abajo.

Como se usa en la presente memoria, "amortiguador de pulsaciones de sistema" se refiere a un amortiguador de pulsaciones instalado entre un colector de tubo vertical y un tubo vertical como se ilustra en las Figuras 1 y 2; una combinación de colector de tubo vertical y dispositivo amortiguador de pulsaciones como se ilustra en la Figura 3; un
5 colector amortiguador de pulsos ilustrado por la Figura 4; el o los dispositivos de amortiguamiento de pulsaciones del conjunto de orificios ilustrados en las Figuras 5, 6 y 7; y el amortiguador de control de pulsaciones de sistema ubicado después de la ubicación en la que las salidas de múltiples bombas se consolidan en una corriente de flujo como se muestra en las Figuras 8 y 13.
10

La Figura 1 ilustra una vista esquemática de un sistema de perforación 100 que incluye un amortiguador de pulsaciones 102 instalado entre un colector de tubo vertical 104 y un tubo vertical 106 de acuerdo con diversas realizaciones de la presente divulgación. La realización del sistema de perforación 100 ilustrada en la Figura 1
15 únicamente tiene fines de ilustración. La Figura 1 no limita el ámbito de esta divulgación a ninguna implementación particular de un sistema de perforación.

Haciendo referencia ahora a la Figura 1, el sistema de perforación 100 incluye al menos un amortiguador de pulsaciones 102, al menos un colector de tubo vertical 104, al menos un tubo vertical 106, al menos una bomba de lodo 108, al menos un pozo de lodo
20 110, al menos una línea de descarga 112, un amortiguador de pulsaciones 113 ubicado convencionalmente en la salida de la bomba de lodo 108, y al menos una plataforma de perforación 114. El sistema de perforación 100 opera para bombear lodo u otros fluidos hacia un pozo que está siendo perforando actualmente para evitar que la broca de perforación 128 se sobrecaliente, proporcionar lubricación a la broca de perforación y
25 retire los recortes de roca hacia la superficie.

Una bomba de fluido o bomba de lodo 108 puede bombear fluido o lodo desde un pozo de lodo 110 a través de una línea de descarga 112 en la dirección de una plataforma de perforación 114. Se puede utilizar más de una bomba de lodo 108 en un sistema de perforación 100 para continuar la perforación tras el fallo de una sola bomba de lodo 108.
30 También se puede instalar un amortiguador de pulsaciones 102 en la línea de descarga 112 para cada bomba de lodo 108 para reducir aún más las pulsaciones. El pozo de lodo 110 también puede hacer referencia a un depósito de fluido, en el que el depósito de fluido almacena un fluido utilizado durante un proceso de perforación.

Convencionalmente, un amortiguador de pulsaciones 113 está ubicado a lo largo
35 de la línea de descarga 112, en la salida de la bomba de lodo 108 y antes del colector de

tubo vertical 104. El colector de tubo vertical 104 puede instalarse en la línea de descarga 112 y está unido a y/o acoplado en comunicación fluida con la plataforma de perforación 114. El colector de tubo vertical 104 puede recibir una pluralidad de diferentes corrientes de fluido de una pluralidad de bombas de lodo 108. El colector de tubo vertical 104 puede entonces combinar todas las corrientes de fluido juntas para enviar una única corriente de fluido por el tubo vertical 106. Otras funciones que tradicionalmente realiza el colector de tubo vertical son proporcionar una conexión auxiliar para una bomba suplementaria y, en sistemas con múltiples tubos verticales que proporcionan redundancia operativa en caso de falla de un tubo vertical, cambiar las trayectorias de flujo de fluido de un tubo vertical a otro. Sin embargo, los expertos en la técnica entienden que algunos sistemas prescinden del colector de tubo vertical y simplemente unen los flujos de salida de múltiples bombas de lodo en una sola línea en algún lugar cerca de las bombas de lodo o aguas abajo, con el flujo combinado viajando en una sola línea a la subestructura y hacia arriba hacia el tubo vertical,

Cuando se combinan las corrientes de fluido de múltiples bombas de lodo (en un colector de tubo vertical o sin uno), las pulsaciones en el flujo de fluido combinado resultante se pueden ampliar basándose en las diferentes pulsaciones de las bombas de lodo 108 que están siendo utilizadas. Por ejemplo, los diferentes tipos o tamaños de bombas de lodo 108 pueden usarse en un solo sistema de perforación 100, lo que causaría variaciones o pulsaciones en el flujo de fluido a través de la tubería. Las bombas de lodo 108 también podrían estar ubicadas a diferentes distancias del colector de tubo vertical 104. Las bombas de lodo 108 podrían comenzar en diferentes momentos, operando fuera de ciclo desde otras bombas de lodo 108, o simplemente estar operando a diferentes longitudes de carrera. Cualquiera de los parámetros operativos anteriores afectaría el flujo de fluidos o lodo hacia el colector de tubo vertical 104 provocando pulsaciones en el pozo.

El tubo vertical 106 puede instalarse en la plataforma de perforación 114 y viajar hacia arriba por la plataforma de perforación 114 para proporcionar la corriente de fluido a través de una manguera giratoria 116 conectada a un pivote 118, el pivote 118 acoplado a un gancho giratorio 120. El tubo vertical 106 recibe descarga del colector de tubo vertical, que incluye el amortiguador de pulsaciones de sistema 102. El colector de tubo vertical 104 puede incluir múltiples descargas al tubo vertical 106 en caso de falla en parte del colector de tubo vertical 104 o tubería asociada.

El pivote 118 puede servir como un pasaje para la corriente de fluido hacia un impulsor Kelly 122 (o simplemente "Kelly"). El Kelly 122 se conecta a una sarta de

perforación 124. El fluido pasa a través del Kelly 122 y la sarta de perforación 124 por un orificio perforado 126 hasta una broca de perforación 128 dispuesta en un extremo lejano de la sarta de perforación 124. El Kelly 122 se gira típicamente por una mesa giratoria 130. Los sistemas más recientes pueden incluir un accionamiento superior para hacer
5 girar la sarta de perforación 124 como una alternativa a la mesa giratoria y al accionamiento Kelly, y la presente divulgación es aplicable también a tales configuraciones de accionamiento superior.

En los sistemas de perforación, los amortiguadores de pulsaciones 113 se pueden instalar cerca de la bomba de lodo 108 para reducir las cargas de la bomba y minimizar
10 las amplitudes de pulsación de las bombas de lodo 108. Sin embargo, como el fluido se combina en el colector de tubo vertical 104 en una sola corriente y se envía al tubo vertical 106, pueden crearse amplitudes de pulsación y energía significativas mediante la combinación de las corrientes de las bombas de lodo 108 o transferirse directamente al tubo vertical 106, que luego se transfiere al resto del sistema aguas abajo descrito en la
15 presente memoria. Las amplitudes de pulsación producidas pueden ser mayores a medida que se utilizan más bombas de lodo 108 para proporcionar fluido que llega al colector de tubo vertical 104, ya que las pulsaciones de múltiples tuberías que reciben fluido de múltiples bombas de lodo 108 se juntan y se acumulan en el colector de tubo vertical, que luego se transfieren al tubo vertical 106. Estas pulsaciones pueden causar
20 desgaste y daño a los componentes, incluidas las conexiones cerca del pivote 118, el Kelly 122, y otros componentes como una tubería de lavado y empaque de la tubería de lavado (sellos) (ambos no mostrados) que sirven como un conducto para fluido a través del pivote 118. Los instrumentos usados para monitorizar y medir operaciones durante la perforación también pueden verse afectados por las pulsaciones residuales de la bomba
25 de lodo 108. Incluso las pulsaciones más pequeñas del colector de tubo vertical pueden afectar las lecturas de medición.

Por lo tanto, se instala un amortiguador de pulsaciones de sistema 102 adicional entre el colector de tubo vertical 104 y el tubo vertical 106 para reducir las pulsaciones residuales de la bomba de lodo 108 y para reducir las pulsaciones de la combinación de
30 corrientes de fluido en el colector de tubo vertical 104. El amortiguador de pulsaciones de sistema 102 reduce las pulsaciones y, al igual que el amortiguador de pulsaciones convencional 113 y todos los demás dispositivos amortiguadores de pulsaciones de sistema descritos en la presente memoria, pueden producir una caída de presión interna o externa dentro del fluido que pasa para reducir aún más las pulsaciones de frecuencia
35 más alta y mejorar el rendimiento general de amortiguación. En algunas realizaciones, el

amortiguador de pulsaciones de sistema 102 puede ser un amortiguador cargado con gas. El amortiguador de pulsaciones de sistema 102, al igual que el amortiguador de pulsaciones convencional 113 y todos los demás dispositivos amortiguadores de pulsaciones de sistema descritos en la presente memoria, puede ser un recipiente a presión hidroneumático o cargado con gas que contiene aire comprimido o nitrógeno y una vejiga (o fuelles) que separa el fluido de proceso de la carga de gas. En algunas realizaciones, el amortiguador de pulsaciones de sistema 102, como el amortiguador de pulsaciones convencional 113 y todos los demás dispositivos amortiguadores de pulsaciones de sistema descritos en la presente memoria, pueden ser un amortiguador de flujo continuo de tipo bola o cilíndrico. En algunas realizaciones, se pueden usar amortiguadores reactivos que se basan en la compresibilidad del fluido de proceso contenido dentro del alojamiento del amortiguador y un dispositivo de resistencia equipado con o dentro del amortiguador de pulsaciones para amortiguar las pulsaciones de la bomba.

El amortiguador de pulsaciones de sistema 102 puede instalarse en el colector de tubo vertical 104 a través de una conexión de manguera. El amortiguador de pulsaciones de sistema 102 puede tener una conexión de salida con brida, y se puede usar un adaptador de unión de brida a martillo para conectar el amortiguador de pulsaciones 102 al colector de tubo vertical 104. El amortiguador de pulsaciones de sistema 102 también puede conectarse al tubo vertical 106 a través de una conexión con manguera.

El amortiguador de pulsaciones de sistema 102 instalado antes del tubo vertical 106 reduce las magnitudes de pulsación de alta y baja frecuencia para permitir que la tubería de lavado y el empaque, así como otros componentes, duren más. Además, el amortiguador de pulsaciones de sistema 102 reduce los niveles de ruido y pulsaciones para permitir una detección de señales más fácil por parte del contratista de Mediciones Durante la Perforación (MWD) y de Registro Durante la Perforación (LWD) ubicado en la plataforma de perforación 114. El amortiguador de pulsaciones de sistema 102 también ayuda con una reducción de la interferencia con los instrumentos de fondo de pozo que pueden captar las pulsaciones residuales y que desvían las detecciones y los datos generados de los instrumentos de fondo de pozo.

La Figura 2 ilustra una vista esquemática de un sistema de perforación o de suministro de fluido 200 que incluye una pluralidad de bombas de lodo 208 de acuerdo con varias realizaciones de la presente divulgación, que pueden usarse en realizaciones de un sistema de perforación 100 que incluyen un amortiguador de pulsaciones de sistema 102 instalado entre un colector de tubo vertical 104 y un tubo vertical 106 como

se muestra en la Figura 1. Es decir, a excepción del reemplazo de los componentes de la Figura 1 con sus homólogos, representados en la Figura 2, el resto del sistema de perforación para realizaciones de acuerdo con la Figura 2 puede ajustarse a las estructuras adicionales representadas en la Figura 1. La realización del sistema de perforación 200 ilustrada en la Figura 2 únicamente tiene fines de ilustración. La Figura 2 no limita el ámbito de esta divulgación a ninguna implementación particular de un sistema de perforación.

Con referencia ahora a la Figura 2, la parte del sistema de perforación y/o de suministro de fluido 200 para el suministro de fluido, perforación o ambos que incluye al menos un amortiguador de pulsaciones de sistema 202, al menos un colector de tubo vertical 204, al menos un tubo vertical 206 y una pluralidad de bombas de lodo 208. Los componentes de la parte del sistema de perforación 200 se pueden usar en lugar de los componentes similares del sistema de perforación 100 ilustrados en la Figura 1.

Se instala un amortiguador de pulsaciones de sistema 202 entre un colector de tubo vertical 204 y un tubo vertical 206. Una pluralidad de bombas de lodo 208 pueden transferir fluido a un colector de tubo vertical 204 simultáneamente, creando vibraciones en el colector de tubo vertical 204. El amortiguador de pulsaciones 202 puede instalarse de una manera similar a la descrita en la presente memoria con respecto al amortiguador de pulsaciones 102, que sirve para aliviar las pulsaciones generadas por la pluralidad de bombas de lodo 208 cuando el fluido entra y se cruza dentro del colector de tubo vertical 204 y se combina en una sola corriente de salida.

La Figura 3 ilustra una vista esquemática de una parte 300 de un sistema de suministro de fluido, perforación o ambos que incluyen una combinación de colector de tubo vertical y dispositivo amortiguador de pulsaciones 302 de acuerdo con varias realizaciones de la presente divulgación, que también se puede usar en realizaciones de un sistema de perforación 100 que incluye un amortiguador de pulsaciones 102 instalado entre la(s) bomba(s) de lodo y un tubo vertical como se muestra en la Figura 1. Es decir, a excepción del reemplazo de los componentes de la Figura 1 con sus homólogos, representados en la Figura 3, el resto del sistema de perforación para realizaciones de acuerdo con la Figura 3 puede ajustarse a las estructuras adicionales representadas en la Figura 1. La realización de la parte 300 del sistema de perforación ilustrada en la Figura 3 únicamente tiene fines de ilustración. La Figura 3 no limita el ámbito de esta divulgación a ninguna implementación particular de un sistema de perforación.

Con referencia ahora a la Figura 3, la parte del sistema de perforación y/o de suministro de fluido 300 incluye al menos una combinación de colector de tubo vertical y

dispositivo amortiguador de pulsaciones 302, una pluralidad de bombas de lodo 304, al menos un tubo vertical 306.

Los colectores de tubo vertical pueden aumentar las pulsaciones experimentadas por un sistema de perforación debido a que los colectores de tubo vertical típicamente tienen conexiones o tuberías que reciben fluido desde múltiples direcciones desde diferentes bombas de lodo. Los colectores de tubo vertical a menudo tienen giros en ángulo por los que debe viajar cada corriente de fluido antes de que el colector de tubo vertical combine las distintas corrientes en una sola corriente. A medida que el fluido ingresa al colector y se transfiere a través de las espiras del colector de tubo vertical, se pueden crear vibraciones adicionales.

La combinación de colector de tubo vertical y dispositivo amortiguador de pulsaciones 302 se puede usar en lugar de un colector de tubo vertical. En lugar de desviar las corrientes de fluido separadas en una sola corriente con giros bruscos, los fluidos pueden recibirse y manipularse dentro del cuerpo de la combinación de colector de tubo vertical y dispositivo amortiguador de pulsaciones 302. Los amortiguadores de pulsaciones a menudo tienen un volumen de espacio, o depósito, dentro del amortiguador en el que una cierta cantidad de fluido se puede acumular y las pulsaciones se reducen antes de salir del amortiguador de pulsaciones. La combinación de colector de tubo vertical y dispositivo amortiguador de pulsaciones 302 puede recibir corrientes de fluido separadas de una pluralidad de bombas de lodo 304. La combinación de colector de tubo vertical y dispositivo amortiguador de pulsaciones 302 pueden tener tuberías montadas en el exterior de la superficie de la combinación de colector de tubo vertical y dispositivo amortiguador de pulsaciones 302. En el caso de un amortiguador de pulsaciones de tipo bola o cilíndrico, la tubería puede montarse en un lugar seleccionado en el cuerpo esférico o cilíndrico del amortiguador de pulsaciones. El fluido recibido por la combinación de colector de tubo vertical y dispositivo amortiguador de pulsaciones 302 puede depositarse en el volumen interior de la combinación de colector de tubo vertical y dispositivo amortiguador de pulsaciones 302 y el fluido dentro del volumen interior de la combinación de colector de tubo vertical y dispositivo amortiguador de pulsaciones 302 saldría de la combinación de colector de tubo vertical y dispositivo amortiguador de pulsaciones 302 para viajar al tubo vertical 306. La combinación de colector de tubo vertical y dispositivo amortiguador de pulsaciones 302 pueden alinear los diferentes fluidos recibidos para controlar las pulsaciones que se reducirán en la combinación, por ejemplo, creando una rotación dentro de una cámara.

Dado que la combinación de colector de tubo vertical y dispositivo amortiguador de

pulsaciones 302 incluye un volumen interior, se pueden evitar los problemas de utilizar un colector de tubo vertical. La combinación de colector de tubo vertical y dispositivo amortiguador de pulsaciones 302 no tiene espiras como un colector de tubo vertical, lo que reduce las vibraciones creadas cuando las corrientes separadas se cruzan, y la combinación de colector de tubo vertical y dispositivo amortiguador de pulsaciones 302 también proporciona efectos de amortiguamiento de pulsaciones a medida que recibe las corrientes de fluido separadas. Las corrientes de fluido separadas pueden combinarse de este modo dentro del volumen de la combinación de colector de tubo vertical y dispositivo amortiguador de pulsaciones 302 y luego la única corriente combinada puede salir de la combinación de colector de tubo vertical y dispositivo amortiguador de pulsaciones de sistema 302 para viajar al tubo vertical 306 con una reducción o mínima la energía se transfiere al tubo vertical 306 y al resto de los componentes aguas abajo.

La Figura 4 ilustra una combinación de colector de tubo vertical y dispositivo amortiguador de pulsaciones 400 de acuerdo con varias realizaciones de la presente divulgación, que se puede usar en realizaciones de un sistema de perforación 100 que incluye un amortiguador de pulsaciones 102 instalado entre la(s) bomba(s) de lodo y un tubo vertical como se muestra en las Figuras 1 a 3 o en realizaciones de un sistema de perforación 100 que incluye un amortiguador de pulsaciones 302 instalado después de los accesorios que combinan múltiples corrientes de flujo de fluido como se muestra en la Figura 8. La realización de la combinación de colector de tubo vertical y dispositivo amortiguador de pulsaciones 400 ilustrada en la Figura 4 únicamente tiene fines de ilustración. La Figura 4 no limita el ámbito de esta divulgación a ninguna implementación particular de un amortiguador de pulsaciones o un procedimiento de amortiguamiento de pulsaciones.

Con referencia ahora a la Figura 4, la combinación de colector de tubo vertical y dispositivo amortiguador de pulsaciones 400 puede usarse en los sistemas 100, 200 y 300 descritos en la presente memoria. El colector amortiguador de pulsos incluye un cuerpo 402. El cuerpo 402 ilustrado en la Figura 4 es un cuerpo esférico o cilíndrico de acuerdo con varios amortiguadores de pulsos que tienen un cuerpo de tipo bola o de tipo cilíndrico. Sin embargo, pueden usarse diferentes formas de cuerpo para permitir diferentes formas de cuerpo del amortiguador de pulsaciones, como las que se muestran en las Figuras 1-3.

El colector amortiguador de pulsaciones 400 también puede incluir un depósito 404 dentro del interior del cuerpo 402. El depósito 404 puede recolectar un volumen de fluido 406 de las bombas de lodo o fluido que residen aguas arriba, a través de una pluralidad de conexiones aguas arriba 408, en un sistema de suministro de fluido o de perforación,

como los descritos con respecto a las Figuras 1-3. El fluido recibido de cada una de las conexiones aguas arriba 408 se combina como el volumen de fluido 406. Al menos una parte del volumen de fluido 406 puede entonces salir del colector amortiguador de pulsos 400 como una sola corriente de fluido a través de una conexión aguas abajo 410. La combinación de colector de tubo vertical y dispositivo amortiguador de pulsaciones 400 pueden reemplazar completamente un colector de tubo vertical, reduciendo las vibraciones creadas por múltiples corrientes de fluido que viajan a través de un colector de tubo vertical y proporcionando amortiguamiento de pulsaciones para todas las corrientes que ingresan a la combinación de colector de tubo vertical y dispositivo amortiguador de pulsaciones 400.

La Figura 5 es una vista esquemática de un sistema de perforación que incluye mecanismo o mecanismos amortiguadores de pulsaciones de sistema alternativos que pueden instalarse en, cerca o aguas abajo de un tubo vertical de acuerdo con varias realizaciones de la presente divulgación. La realización del sistema de perforación 500 ilustrada en la Figura 5 únicamente tiene fines de ilustración. La Figura 5 no limita el ámbito de esta divulgación a ninguna implementación particular de un sistema de perforación. Aunque la Figura 5 no representa un amortiguador de pulsaciones convencional ubicado en la salida de la(s) bomba(s) de lodo o un amortiguador de pulsaciones de sistema entre el colector de tubo vertical y el tubo vertical, los expertos en la técnica reconocerán que uno o más de los amortiguadores de pulsaciones de sistema representados esquemáticamente en la Figura 5 puede usarse sin tales amortiguadores de pulsaciones, con cualquiera de los amortiguadores de pulsaciones convencionales o de sistema descritos anteriormente, o con ambos amortiguadores de pulsaciones convencionales y de sistema.

En el sistema de la Figura 5, el amortiguamiento de pulsaciones se proporciona o mejora mediante uno de varios tipos diferentes de diseños de orificios colocados en una o varias ubicaciones en o cerca del tubo vertical 506 o en la trayectoria del flujo de fluido después del tubo vertical. El uno o más conjuntos de orificios 502a, 502b, 502c, 502d, ..., 502n que cada uno comprende dispositivos de amortiguamiento de pulsaciones de sistema que pueden estar ubicados en diferentes puntos dentro de la trayectoria del flujo de fluido. El conjunto de orificios de amortiguamiento de pulsaciones puede estar ubicado dentro o conectado a la tubería de entrada para el accionamiento superior o pivote (dependiendo del tipo utilizado por cualquier plataforma dada) como se ilustra por el conjunto de orificios 502a. El conjunto de orificios de amortiguamiento de pulsaciones puede estar ubicado entre la manguera 516 y el extremo de la tubería de entrada para el

accionamiento superior o pivote como se ilustra por el conjunto de orificios 502b. El conjunto de orificios de amortiguamiento de pulsaciones puede estar ubicado en un punto justo después del tubo vertical 506, entre el extremo del tubo vertical 506 y el comienzo de la manguera 516 que conecta el tubo vertical 506 al accionamiento superior o pivote (dependiendo del tipo utilizado por cualquier plataforma dada) como se ilustra en el conjunto de orificios 502c. Alternativamente, el conjunto de orificios de amortiguamiento de pulsaciones puede ubicarse más a lo largo del sistema de manguera/tubería, como se ilustra mediante el conjunto de orificios 502d. En otra alternativa adicional, el conjunto de orificios de amortiguamiento de pulsaciones puede estar ubicado en el tubo vertical 506 ubicado en el costado de la torre de perforación, posiblemente en o cerca de un extremo del tubo vertical 506 (aunque puede colocarse en cualquier lugar a lo largo del tubo vertical 506), como se ilustra en el conjunto de orificios 502n. Puede emplearse un único conjunto de orificios de amortiguamiento de pulsaciones, o pueden usarse múltiples conjuntos de orificios de amortiguamiento de pulsaciones en diferentes ubicaciones a lo largo de la trayectoria del flujo de fluido, incluyendo una en cada una de las ubicaciones representadas en la Figura 5 o conjuntos de orificios de amortiguamiento de pulsaciones múltiples dentro de la tubería de entrada de accionamiento superior o pivote (en la región del conjunto de orificios 502a), entre la manguera y la tubería de entrada de accionamiento superior o pivote (en la región del conjunto de orificios 502b), entre el tubo vertical 506 y la manguera 516 (en la región del conjunto de orificios 502c), conjuntos de orificios de amortiguamiento de pulsaciones múltiples en la manguera 516 (en la región del conjunto de orificios 502d) y/o conjuntos de orificios de amortiguamiento de pulsaciones múltiples en el tubo vertical 506 (en la región de conjunto de orificios 502n). Los expertos en la técnica reconocerán que diversas permutaciones del número y ubicación de los conjuntos de orificios de amortiguamiento de pulsaciones pueden ser adecuadas para diferentes aplicaciones. Los conjuntos de orificios de amortiguamiento de pulsaciones también se pueden colocar en otras ubicaciones que las mostradas en la Figura 5, como en el extremo (salida) del tubo vertical o en la conexión al accionamiento superior o pivote para la manguera conectada al tubo vertical. Como se indicó anteriormente, cada conjunto de orificios de amortiguamiento de pulsaciones puede producir una caída de presión interna o externa en el fluido que pasa, para mejorar el amortiguamiento de pulsaciones de frecuencia más alta. Estos conjuntos de orificios pueden incluir o no volúmenes de líquido para mejorar aún más el rendimiento.

En una realización ventajosa, el amortiguador de pulsaciones de sistema evita la necesidad de recargar un amortiguador de pulsaciones cargado con gas o reemplazar el

material de compresión dentro de amortiguadores de pulsaciones libres de carga disponibles comercialmente. El sistema 500 retiene al menos el alojamiento 1001 y la cubierta 1002 de un amortiguador de pulsaciones cargado con gas 501 del tipo representado en las Figuras 10A a 10C. En particular, los amortiguadores de pulsaciones cargados con gas se colocan típicamente por encima de la tubería a través de la cual pasa el fluido bombeado usando una cruz, aunque no se muestra de esa manera para el amortiguador de pulsaciones de sistema 501 en la Figura 5. Las secciones transversales de un amortiguador de pulsaciones cargado con gas se representan en las Figuras 10A a 10C. Como se muestra en la Figura 10A, el amortiguador de pulsaciones cargado con gas 1000 incluye un cuerpo de alojamiento 1001 que tiene una abertura superior que recibe y se sella por una cubierta 1002, que se combinan para formar una cavidad interna 1003 conectada a la tubería de fluido del sistema de bombeo (no mostrada) a través de una abertura inferior 1004. Una vejiga interna flexible 1005 dentro de la cavidad interna 1003 se llena con un gas compresible. El fluido de la tubería conectada entra y/o sale de la cavidad 1003 a través de la abertura inferior 1004. La presión de ese fluido y la presión del gas compresible dentro de la vejiga 1005 provocarán que se desplace la superficie inferior de la vejiga 1005, que está en contacto con el fluido del sistema de bombeo, y que cambie el volumen ocupado por el gas dentro de la vejiga 1005. La alta presión del fluido de la bomba hará que la vejiga 1005 y el gas en la misma se compriman sustancialmente en un volumen más pequeño, mientras que la presión de rango medio, o la transición de alta presión a baja presión, hará que la vejiga y su gas se expandan a un volumen mayor y la baja presión de fluido permitirá que la vejiga 1005 y su gas se expandan esencialmente hasta un volumen máximo permitido por la cavidad interna 1003 del cuerpo de alojamiento 1001 y la cubierta 1002. El gas comprimido dentro de la vejiga 1005 actúa de este modo para absorber los pulsos de presión dentro del fluido de la bomba y reducir la presión máxima que pueda ocurrir. Sin embargo, el gas comprimido debe recargarse periódicamente (por ejemplo, de manera mensual, bimestral, trimestral o semestral). Volviendo a la Figura 5, en lugar de recargar la vejiga 1005, simplemente se quita la vejiga 1005. Uno o más amortiguadores de pulsaciones de sistema están instalados en la ubicación o ubicaciones y de la manera descrita anteriormente, obviando la necesidad del amortiguador de pulsaciones cargado con gas 501 y el mantenimiento adicional del mismo. En muchos, si no en la mayoría de los casos, el rendimiento de amortiguamiento de pulsaciones puede mejorarse mediante esa sustitución.

Alternativamente, el sistema 500 retiene al menos el alojamiento 1001 del amortiguador de pulsaciones sin carga 501 disponible comercialmente del tipo

representado en las Figuras 11A y 11B. De nuevo, los amortiguadores de pulsaciones sin carga se colocan típicamente por encima de la línea de flujo a través de la cual pasa el fluido bombeado, aunque no se muestran de esa manera para el amortiguador de pulsaciones de sistema 501 en la Figura 5. Los amortiguadores de pulsaciones sin carga a menudo no son tan efectivos para atenuar pulsaciones de presión como los amortiguadores de pulsaciones cargados con gas. Los componentes para los amortiguadores de pulsaciones sin carga disponibles comercialmente se representan en las Figuras 11A y 11B. El amortiguador de pulsaciones representado en las Figuras 11A y 11B no utilizan una vejiga cargada con gas. Como se muestra en la Figura 11A, el amortiguador de pulsaciones sin carga incluye un alojamiento 1100. El alojamiento tiene una parte superior extraíble con entradas y salidas para el paso de fluido dentro y fuera del alojamiento. Una jaula 1101 representada (dos veces) en la Figura 11B está suspendida dentro del alojamiento y tiene un labio superior que está sellado contra el interior del alojamiento 1100. La jaula 1101 incluye una parte superior abierta junto con aberturas a través de la pared lateral y las superficies inferiores de la misma (formando así una "jaula" o canasta). La jaula 1101 contiene material de compresión 1102 dentro de un interior de la jaula. El material de compresión en el ejemplo mostrado comprende un sistema estratificado de discos de compresión, cada uno de los cuales está segmentado en cuatro cuñas de cuartos circulares. A medida que el fluido entra en el alojamiento del amortiguador de pulsaciones 1100 y pasa a través de la parte superior abierta y/o las aberturas en la pared lateral y la superficie inferior de la jaula 1101, el fluido se distribuye a través del material de compresión con la presión operativa del sistema de bombeo aplicada a través de las diversas superficies del material de compresión, lo que hace que el material de compresión se comprima bajo presión y, por lo tanto, atenúe los picos de presión.

Aunque no tiene carga (es decir, no requiere la recarga de un medio gaseoso como es necesario con las vejigas llenas de gas), el amortiguador de pulsaciones de las Figuras 11A y 11B no está libre de mantenimiento. Después de algún tiempo en operación (por ejemplo, 12 meses), el material de compresión 1102 puede obstruirse y/o deformarse por el lodo y, por lo general, será necesario reemplazarlo debido a la pérdida de elasticidad y/o la acumulación de partículas dentro del amortiguador de pulsaciones, por lo que sería necesaria la desconexión del sistema de bombeo. Además, los materiales de compresión se fabrican y seleccionan típicamente para operar dentro de un intervalo de presión especificado o predeterminado. Los cambios en la presión operativa nominal del sistema, ya sean intencionales o como resultado de un cambio en las condiciones

operativas, pueden requerir un cambio del material de compresión, requiriendo asimismo que se desconecte el sistema de bombeo. Volviendo a la Figura 5, cuando sea necesario el mantenimiento del amortiguador de pulsaciones sin carga 501 disponible comercialmente, en lugar de reemplazar el material de compresión 1102, el sello se
5 puede reemplazar con una junta y el material de compresión 1102 (y opcionalmente también la jaula 1101) simplemente se puede retirar. Se instalan uno o más amortiguadores de pulsaciones de sistema verdaderamente libres de mantenimiento en la ubicación o ubicaciones y de la manera descrita anteriormente, obviando la necesidad del amortiguador de pulsaciones sin carga 501 disponible comercialmente y el mantenimiento
10 adicional del mismo. En muchos, si no en la mayoría de los casos, el rendimiento de amortiguamiento de pulsaciones puede mejorarse mediante esa sustitución.

Las Figuras 6A a 6E son vistas en sección lateral y en sección transversal, respectivamente, de un conjunto de orificios de amortiguamiento de pulsaciones 502x que se puede utilizar como cualquiera de los conjuntos de orificios 502a, 502b, 502c, 502d y/o
15 502n para implementar uno o más dispositivos de amortiguamiento de pulsaciones de sistema. Como se ilustra en la Figura 6A, un conjunto de orificios de amortiguamiento de pulsaciones ejemplar 502x incluye un pequeño volumen ampliado, que puede formarse (por ejemplo) insertando un segmento de tubería 622 que tiene un diámetro interno mayor (tan poco como 1-2 pulgadas más grande) que la tubería para la trayectoria de flujo de
20 fluido antes y después del conjunto de orificios de amortiguamiento de pulsaciones. Al final del volumen ampliado hay una característica de resistencia al flujo de fluido o caída de presión, como una placa de orificios o un tubo de caída. En el ejemplo representado en las Figuras 6A y 6B, se proporciona una placa de orificios 624 o 626 (véase la Figura 6E). Sin embargo, los expertos en la técnica reconocerán que en su lugar se puede utilizar un
25 tubo de caída. De acuerdo con la técnica conocida, el área agregada de las aberturas a través de la placa de orificios 624 o 626 se selecciona, en combinación con el volumen ampliado, para amortiguar las pulsaciones dentro del flujo de fluido a través del tubo vertical 506 y la manguera 516. Como se muestra en la Figura 6C, la placa de orificios 624 o 626 puede estar ubicada en el extremo opuesto (con respecto a la dirección del
30 flujo de fluido) del volumen ampliado formado por el segmento de tubería 622. Alternativamente, la placa de orificios 624 o 626 puede ubicarse en el medio del volumen ampliado, o en cualquier punto intermedio. Pueden disponerse múltiples placas de orificios dentro de un único volumen ampliado. Como se ilustra en la Figura 6D, en una forma simple, el conjunto de orificios de amortiguamiento de pulsaciones 502x
35 simplemente comprende una placa de orificios 624 o 626 sin ninguna resistencia al flujo

de fluido producida por un volumen ampliado adyacente o circundante de la trayectoria de flujo de fluido. Como se ilustra en la Figura 6D, la placa de orificios 624 puede tener una pluralidad de orificios. Como se ilustra en la Figura 6E, el conjunto de orificios de amortiguamiento de pulsaciones 502x puede comprender una placa de orificios 626 con un solo orificio. Como se indicó anteriormente, los conjuntos de orificios pueden incluir o no volúmenes de líquido para mejorar aún más el rendimiento. Las Figuras 6A y 6C muestran un segmento expandido 622 dentro del cual puede estar contenido un volumen de líquido.

La Figura 7 es una vista esquemática de un diseño alternativo, con redundancia, para el o los dispositivos amortiguadores de pulsaciones de sistema que pueden instalarse en, cerca o aguas abajo de un tubo vertical de acuerdo con varias realizaciones de la presente divulgación para implementar la(s) parte(s) del conjunto de orificios de amortiguamiento de pulsaciones de la Figura 5. En la realización de la Figura 7, un conjunto de orificios de amortiguamiento de pulsaciones 502x incluye un primer conjunto 701 y un segundo conjunto 702, cada uno de los cuales incluye un volumen ampliado y una placa de orificios, que se proporcionan dentro de cada una de dos trayectorias de flujo de fluido paralelas con válvulas de control 703, 704, 705 y 706 (manualmente controladas, o bajo control automatizado) que controlan cuál de las dos trayectorias de flujo se está utilizando. Este diseño proporciona redundancia en caso de falla de un conjunto de orificios de amortiguamiento de pulsaciones y, en algunas aplicaciones de alto flujo, se puede utilizar como un dispositivo de bajo flujo.

La Figura 8 ilustra una vista esquemática de un sistema de suministro de fluido o de perforación 800 que incluye accesorios que combinan múltiples corrientes de flujo de fluido de acuerdo con varias realizaciones de la presente divulgación, que también se puede usar en realizaciones de un sistema de perforación 100 que incluye un amortiguador de pulsaciones 102 instalado después de los accesorios que combinan múltiples corrientes de flujo de fluido. La realización del sistema de perforación 800 ilustrada en la Figura 8 únicamente tiene fines de ilustración. La Figura 8 no limita el ámbito de esta divulgación a ninguna implementación particular de un sistema de perforación.

No siempre hay un colector de tubo vertical dentro de las corrientes de flujo de fluido de una plataforma de perforación. Algunas plataformas unen las distintas corrientes de fluido de descarga de la bomba de lodo mediante accesorios simples que unen varias corrientes de fluido en una sola corriente. Refiriéndonos ahora a la Figura 8, el sistema de perforación 800 incluye al menos un accesorio 802 y/o 804, una pluralidad de bombas de

lodo 304 y una tubería 806 que recibe las corrientes de flujo de fluido combinado.

El dispositivo amortiguador de pulsaciones de sistema 102, 202, 302, 402 o 502x (dispositivo amortiguador de pulsaciones de sistema 302 representado en la Figura 6) se puede utilizar dentro de la tubería 806 después de los accesorios 802 y/o 804.

5 Amortiguadores de pulsaciones tales como pulsaciones del sistema El dispositivo amortiguador 102, 202, 302, 402 o 502x a menudo tiene un volumen de espacio, o depósito, dentro del amortiguador donde una cierta cantidad de fluido puede acumularse y las pulsaciones se reducen antes de salir del amortiguador de pulsaciones. El dispositivo amortiguador de pulsaciones de sistema 102, 202, 302, 402 o 502x puede recibir las

10 corrientes combinadas de fluido de descarga de la bomba de lodo. El fluido recibido por el dispositivo amortiguador de pulsaciones de sistema 102, 202, 302, 402 o 502x puede ser depositado en el volumen interior del amortiguador de pulsaciones 102 o 202, la combinación de colector de tubo vertical y dispositivo amortiguador de pulsaciones 302, un colector amortiguador de pulsaciones 400 o los dispositivos amortiguadores de

15 pulsaciones de conjunto de orificios 502x. El fluido dentro del volumen interior del dispositivo amortiguador de pulsaciones de sistema saldría del dispositivo amortiguador de pulsaciones de sistema para viajar a la plataforma de perforación 114 a través de la tubería 806. El dispositivo amortiguador de pulsaciones de sistema puede controlar las pulsaciones que se reducirán en la combinación, por ejemplo, creando una rotación

20 dentro de una cámara.

Dado que el dispositivo amortiguador de pulsaciones de sistema incluye un volumen interior, se pueden evitar los problemas de utilizar un colector de tubo vertical. El dispositivo amortiguador de pulsaciones de sistema no tiene espiras como un colector de tubo vertical, lo que reduce las vibraciones creadas cuando las corrientes separadas se

25 cruzan, y el dispositivo amortiguador de pulsaciones de sistema también proporciona efectos de amortiguamiento de pulsaciones cuando recibe las corrientes de fluido combinadas. Las corrientes de fluido combinadas pueden salir de este modo del dispositivo amortiguador de pulsaciones de sistema para viajar a la plataforma de perforación 114 con una energía reducida o mínima que se transfiere al resto de los

30 componentes aguas abajo.

La Figura 9 ilustra un diagrama de flujo de un proceso de suministro de fluido y de amortiguamiento de pulsaciones 900 de un sistema de suministro de fluido 100 o 500 de acuerdo con diversas realizaciones de la presente divulgación. Por ejemplo, el proceso 900 de la Figura 9 puede realizarse mediante un sistema 100 ilustrado en la Figura 1 o un

35 sistema 500 ilustrado en la Figura 5, o los sistemas modificados de acuerdo con la Figura

2, 3 o 4 (sin, en su caso, las etapas relativas a un colector).

Con referencia ahora a la Figura 9, el proceso comienza en la etapa 902. En la etapa 902, una o más bombas reciben fluido de uno o más depósitos de fluido, como el pozo de lodo 110 descrito en la presente memoria. En la etapa 904, una o más bombas
5 de fluido envían una o más corrientes de fluido aguas abajo a través del sistema de suministro de fluido. En la etapa 906, un colector recibe una o más corrientes de fluido y combina una o más corrientes de fluido en una única corriente de fluido. En la etapa 908, el amortiguador de pulsaciones recibe la única corriente de fluido del colector.

En la etapa 910, el amortiguador de pulsaciones de sistema instalado amortigua
10 las pulsaciones residuales producidas por el colector. En algunas realizaciones, el amortiguador de pulsaciones de sistema puede realizar las operaciones de amortiguamiento cuando una o más corrientes se reciben en el amortiguador de pulsaciones, como si el amortiguador de pulsaciones es una combinación de colector de tubo vertical y dispositivo amortiguador de pulsaciones que reemplaza un colector de tubo
15 vertical en el sistema de suministro de fluido. En la etapa 912, la tubería recibe la salida de fluido del amortiguador de pulsaciones de sistema. En algunas realizaciones, la tubería puede ser un tubo vertical, tal como el tubo vertical 106. En la etapa 914, la tubería transfiere el fluido aguas abajo. En la etapa 916, uno o más amortiguadores de pulsaciones de sistema instalados adicionales amortiguan cualquier pulsación residual
20 dentro del flujo de fluido.

Las Figuras 12A y 12B son ilustraciones recortadas y esquemáticas, respectivamente, de un amortiguador de pulsaciones de sistema reactivo libre de mantenimiento de acuerdo con realizaciones de la presente divulgación. Solo se utilizan unos pocos componentes sencillos y de larga duración, lo que permite un
25 reacondicionamiento sencillo y ciclos de trabajo prolongados sin ajustes. Se elimina la carga de gas (es decir, vejiga y válvulas/medidores) o el uso de materiales de compresión, de modo que el mantenimiento es mínimo (por ejemplo, inspección periódica), sin necesidad de quitar la cubierta. El amortiguador de pulsaciones de sistema reactivo libre de mantenimiento 1200 no tiene partes móviles y utiliza el fluido bombeado
30 para amortiguar las pulsaciones. El fluido 1201 con pulsaciones de bomba de alta magnitud se recibe a través de la entrada y el fluido 1202 con pulsaciones de bomba de baja magnitud se descarga a través de la salida, en donde el fluido 1203 dentro del cuerpo amortigua reactivamente la magnitud de pulsación de la bomba; es decir, el medio bombeado reacciona con la masa de fluido del sistema para la reducción de pulsaciones.
35 Un conjunto de caída de presión extraíble opcional 1204 puede contribuir a la atenuación

de las pulsaciones de presión del fluido de la bomba.

La Figura 13 ilustra la instalación de un amortiguador de pulsaciones de sistema de acuerdo con realizaciones de la presente divulgación. En el ejemplo ilustrado, dos bombas de tres cilindros que tienen salidas conectadas incluyen cada una un estabilizador de succión 1301 conectado a la entrada y un amortiguador de pulsaciones 1302 cargado con gas (o sin carga) en la salida. En tales configuraciones, el espacio y el soporte son clave y se requiere de una tubería de paso flujo de entrada/salida. Para tales unidades de gas montadas en los accesorios 1301, 1302, los patines de la bomba y las tuberías deben modificarse y se requiere de un espacio dentro de la sala de bombas. El espacio y el coste de tales requisitos pueden eliminarse utilizando un solo amortiguador de pulsaciones de sistema 501 instalado adecuadamente.

Para modernizar el sistema de la Figura 13, cualquier cartucho de gas dentro de los recipientes de los estabilizadores de succión 1301 se retira y (opcionalmente) se reemplaza con un tubo celular mejorado para una operación sin carga, sin necesidad de cambios de tubería. De manera similar, cualquier cámara de aire cargada con gas dentro de los amortiguadores de gas montados en los accesorios 1302 se retira y se deja que los recipientes se llenen de fluido durante la operación, para proporcionar un control de amortiguamiento inicial (de nuevo, sin cambios de tubería). De manera opcional, se pueden instalar placas de orificios o dispositivos similares dentro de la trayectoria de flujo después de los recipientes de los amortiguadores de gas montados en los accesorios 1302 existentes. Se agrega un amortiguador de pulsaciones de sistema reactivo independiente 501 en la línea de descarga del sistema de bombeo, conectado mediante una conexión simple utilizando conectores de descarga de alta presión, para eliminar las pulsaciones persistentes. El amortiguador de pulsaciones de sistema 501 se dimensiona a través del análisis de diseño y se ubica aguas abajo de las bombas y del equipo de amortiguamiento de legado. El amortiguador de pulsaciones de sistema 501 está ubicado preferentemente donde se acumulan las pulsaciones de presión (por ejemplo, dentro de un flujo de red después de que se agregan las salidas de las bombas individuales), y preferentemente lo más cerca posible de la(s) bomba(s).

Las Figuras 14A a 14D representan realizaciones de una red de tuberías dentro de la cual se instalan un amortiguador de pulsaciones de sistema y dos o más mini amortiguadores de pulsaciones de salida de acuerdo con las realizaciones de la presente divulgación. Como se muestra en la Figura 14A, una parte de un sistema de bombeo 1400 incluye al menos dos bombas 1401 y 1402, cada una de las cuales bombea fluidos, y opcionalmente bombas adicionales (no mostradas). El sistema de bombeo 1400 puede

describirse como un sistema de "bombas múltiples" en el que las corrientes de fluido de las bombas 1401 y 1402 se combinan en algún punto aguas abajo de al menos una de las dos bombas para formar una única corriente de fluido dentro de la tubería, otras bombas o componentes funcionales de manipulación de fluidos (por ejemplo, filtro o colector de tubo vertical) y/o amortiguadores de pulsaciones, a diferencia de las instalaciones de bombas que simplemente acumulan flujos de fluido separados de múltiples bombas dentro de un tanque de almacenamiento o similar.

De acuerdo con la realización descrita en relación con las Figuras 11A-11B, 12A-12B y 13, el uso de un amortiguador de pulsaciones de sistema y dos o más mini amortiguadores de pulsaciones de salida ("mini amortiguadores") se pueden emplear opcionalmente para modernizar un sistema de bombeo que tenga amortiguadores de pulsaciones accesorios existentes que requieran de mantenimientos regulares o esporádicos. Las bombas 1401 y 1402 pueden opcionalmente estar equipadas en sus salidas con amortiguadores de pulsaciones efímeros 1403 y 1404, respectivamente, típicamente de tipos que utilizan un accesorio en lugar de una unión de flujo a una corriente de flujo de fluido. Los amortiguadores de pulsaciones 1403 y 1404 son "efímeros" en el sentido de que cada uno requiere un mantenimiento periódico o esporádico durante la vida útil del sistema de bombeo 1400 dentro del cual se instalan las bombas 1401 y 1402. Es decir, el ciclo operativo sin mantenimiento de los amortiguadores de pulsaciones efímeros 1403 y 1404 es más corto que el período operativo esperado para el sistema de bombeo 1400. Por ejemplo, los amortiguadores de pulsaciones cargados con gas deben recargarse periódicamente y los amortiguadores de pulsaciones de material de compresión sin carga usualmente requieren un reemplazo esporádico o intermitente del material de compresión en su interior debido a la acumulación de material particulado, deformación y/o degradación de la elasticidad (y por lo tanto del rendimiento de amortiguamiento de pulsaciones). Como se describió anteriormente, el sistema de bombeo 1400 se puede modernizar simplemente quitando porciones de los amortiguadores de pulsaciones efímeros 1403 y 1404 (la vejiga en un amortiguador de pulsaciones con carga de gas o el material de compresión en un diseño sin carga) y dejando el recipiente (cuerpo o alojamiento) del amortiguador de pulsaciones para llenarse con líquido. El modelado del comportamiento del fluido para el sistema de bombeo 1400 puede tener en cuenta los amortiguadores de pulsaciones efímeros modificados 1403 y 1404.

De manera más general, e independientemente de cualquier necesidad de modernizar un sistema de bombeo, incluidos los amortiguadores de pulsaciones

existentes, el rendimiento de amortiguamiento de pulsaciones en el sistema de bombeo de múltiples bombas 1400 puede mejorarse mediante el uso de un amortiguador de pulsaciones de sistema 1405 (que puede colocarse fuera del patín de la bomba) y una pluralidad de mini amortiguadores de pulsaciones 1406 y 1407. Como se muestra en el ejemplo de la Figura 14A, el mini amortiguador 1406 está acoplado entre la salida de la bomba 1401 y un tubo colector 1408, mientras que el mini amortiguador 1407 está acoplado entre la salida de la bomba 1407 y el tubo colector 1408. El tubo colector 1408 puede recibir opcionalmente salida de fluido de otras bombas (no mostradas). El tubo colector 1408 alimenta fluido al amortiguador de pulsaciones de sistema 1405. La corriente de fluido 1410 desde la salida del amortiguador de pulsaciones de sistema 1405 puede fluir a un tubo vertical como se describió anteriormente. Las bombas 1401 y 1402 reciben corrientes de fluido desde tubos de entrada separados 1411 y 1412, respectivamente.

La Figura 14B es una variante de la Figura 14A, y representa una parte de un sistema de bombeo de múltiples bombas 1420 que incluye una pluralidad de bombas 1401 y 1402, cada una de las cuales bombea fluidos y, opcionalmente. Una diferencia principal entre las Figuras 14A y 14B es que el amortiguador de pulsaciones de sistema 1425 de la Figura 14B (correspondiente en general al amortiguador de pulsaciones de sistema 1405 en la Figura 14A) recibe corrientes de fluido de los mini amortiguadores 1426 y 1427 de la Figura 14B (correspondiente generalmente a los mini amortiguadores 1406 y 1407 en la Figura 14A) a través de tubos colectores separados 1428a y 1428b en lugar de a través de un solo tubo colector 1408 como en la Figura 14A. Similar al sistema de bombeo 1400, realizaciones alternativas del sistema de bombeo 1420 en la Figura 14B puede incluir otras bombas (no mostradas) además de las bombas 1401 y 1402, con tubos colectores separados (tampoco mostrados) que alimentan el amortiguador de pulsaciones de sistema 1425 o con salidas del mismo acopladas a uno de los tubos colectores 1428a o 1428b.

Las Figuras 14C y 14D son variantes 1430 y 1440 de, respectivamente, los sistemas de bombeo 1400 y 1420 en las Figuras 14A y 14B en los que el amortiguador de pulsaciones de sistema 1425 no está incluido dentro del sistema de bombeo 1430 o 1440. En su lugar, los mini amortiguadores 1426 y 1427 se utilizan solos, sin el amortiguador de pulsaciones de sistema.

La estructura completa de los sistemas de bombeo 1400, 1420, 1430 y 1440 no se representa en las Figuras 14A hasta 14D. Por ejemplo, aunque no se muestra en ninguna de las Figuras 14A a 14D, se puede acoplar un estabilizador de succión a la entrada de

una o ambas bombas 1401 y 1402, y puede usar tecnología celular mejorada del tipo disponible de Performance Pulsation Control, Inc. (www.performance-pulsation.com/products/vertical-cellular-stabilizer-retrofit y www.performance-pulsation.com/products/suction-stabilizers). Alternativamente, en una aplicación de modernización del tipo descrito anteriormente, el cartucho de gas o el material de compresión celular puede retirarse de los estabilizadores de succión existentes y reemplazarse con material celular mejorado o simplemente dejarse vacío. Además, se puede acoplar un colector de tubo vertical entre las bombas 1401 y 1402 y el amortiguador de pulsaciones de sistema 1405 como se describió anteriormente. En lugar de representar y describir la estructura completa y todas las variantes posibles, por simplicidad y claridad, solo la cantidad de los sistemas de bombeo 1400, 1420, 1430 y 1440 que sea necesaria para comprender los principios de las realizaciones contempladas por las Figuras 14A-14D se muestran y describen, junto con variantes significativas.

Una variante de los sistemas de bombeo 1400, 1420, 1430 y 1440 que resultará evidente a partir de la discusión siguiente es que no es necesario que cada bomba 1401 y 1402 esté equipada con un mini amortiguador 1406/1426 o 1407/1427. En cambio, las realizaciones del sistema de bombeo de múltiples bombas que incluyen un amortiguador de pulsaciones de sistema 1405/1425 y un mini amortiguador 1406/1426 o 1407/1427 acoplados a la salida de al menos una de las bombas 1401 y 1402, sin un mini amortiguador acoplado entre la salida de la otra de las bombas 1401 y 1402 y el tubo colector 1408/1428a/1428b, se contemplan en la presente divulgación.

Cada uno de los amortiguadores de pulsaciones de sistema 1405/1425 y los mini amortiguadores 1406/1426 y 1407/1427 son preferentemente amortiguadores reactivos que emplean un volumen y opcionalmente un dispositivo de resistencia al flujo como se describió anteriormente. Para sistemas de bombas múltiples, un solo amortiguador de pulsaciones de sistema 1405/1425 puede no proporcionar un rendimiento de amortiguamiento aceptable debido a la complejidad de la tubería y la complejidad resultante del flujo de fluido y las variaciones de presión en el mismo. Además, el hecho de personalizar el tamaño y los dispositivos de resistencia al flujo específicos para un amortiguador de pulsaciones de sistema 1405/1425 para una aplicación particular de bombas múltiples puede ser un proceso con, más allá de cierto nivel, rendimientos decrecientes. Como resultado, es potencialmente más rentable desarrollar ciertos tamaños estándar del recipiente para el amortiguador de pulsaciones de sistema 1405/1425, junto con diferentes configuraciones de dispositivo de resistencia al flujo para

cada tamaño, para permitir permutaciones de tamaño y configuración del dispositivo de resistencia al flujo para aproximar el rendimiento de amortiguamiento óptimo para la aplicación específica. Sin embargo, incluso con la gama de soluciones disponibles a través de tales permutaciones, es posible que no se logre el rendimiento de amortiguamiento deseado o aceptable con un solo amortiguador de pulsaciones de sistema 1405/1425. Por consiguiente, al menos una y opcionalmente ambas bombas 1401 y 1402 están acopladas a los mini amortiguadores 1406/1426 y 1407/1427.

Los amortiguadores 1406/1426 y 1407/1427 son "mini" (o equivalentemente "pequeños") en el sentido de que, tomados solos, tienen un tamaño insuficiente y/o de otra manera están configurados de forma insuficiente (por ejemplo, en el dispositivo o dispositivos de resistencia al flujo) para proporcionar un amortiguamiento de pulsaciones aceptable para las respectivas bombas 1401 y 1402. Sin embargo, cuando se combinan con el amortiguador de pulsaciones de sistema 1405/1425, los mini amortiguadores 1406/1426 y 1407/1427 reducen las pulsaciones y el amortiguador de pulsaciones de sistema 1405/1425 elimina cualquier pulsación persistente o prolongada. No es necesario optimizar perfectamente el rendimiento de amortiguamiento de pulsaciones mediante la combinación del amortiguador de pulsaciones 1405/1425 y los mini amortiguadores 1406/1426 y 1407/1427. Sin embargo, el mini amortiguador 1406/1426 y/o el mini amortiguador 1407/1427 mejoran el rendimiento de amortiguamiento de pulsaciones sobre el rendimiento proporcionado por el sistema de amortiguamiento de pulsaciones 1405/1425 solo. Cada uno de los amortiguadores de pulsaciones de sistema 1405/1425 y los mini amortiguadores 1406/1426 y 1407/1427 están dimensionados y configurados individualmente, y están dimensionados y configurados colectivamente para amortiguar la magnitud de las pulsaciones de presión del fluido dentro del respectivo sistema de bombeo 1400, 1420, 1430 o 1440 a un nivel aceptable.

Aunque la presente divulgación ha sido descrita con realizaciones ejemplares, se pueden sugerir varios cambios y modificaciones a un experto en la técnica. Se pretende que la presente divulgación abarque los cambios y modificaciones que caigan dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.