

APARATO CORTANTE GIRATORIO PARA REDUCIR EL TAMAÑO DE OBJETOS SÓLIDOS EN UN FLUIDO

5 CAMPO TÉCNICO

Un aparato cortante giratorio y un método para reducir el tamaño de objetos sólidos contenidos en un fluido.

10 ANTECEDENTES

Los objetos sólidos contenidos en un fluido, tal como un fluido de perforación, pueden ser dañinos para las operaciones de perforación llevadas cabo con un sistema de perforación, dado que tales objetos sólidos pueden tapar o interferir de otro modo con los componentes del sistema de perforación. Por ejemplo, una
15 barrena de perforación puede incluir puertos que pueden taparse mediante objetos sólidos, tales como piezas de elastómero que se separan de una sección de potencia de un motor de perforación del interior del pozo.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

20

A continuación, se describirán modalidades con referencia a las figuras adjuntas, en las cuales:

La Figura 1 es una vista gráfica de corte parcial de componentes de un sistema de perforación para su uso en la perforación de un pozo, que incluye una sarta de perforación, un motor de perforación y una barrena
25 de perforación.

La Figura 2 es una vista de sección longitudinal de componentes de un sistema de perforación para su uso en la perforación de un hueco, que incluye componentes de un motor de perforación del interior del pozo con pliegue ajustable y una primera modalidad ilustrativa de un aparato cortante giratorio.

30

La Figura 3 es una vista de sección longitudinal de componentes de un sistema de perforación para su uso

en la perforación de un hueco, que incluye componentes de un motor de perforación del interior del pozo con pliegue fijo y una primera modalidad ilustrativa del aparato cortante giratorio.

5 La Figura 4 es una vista en sección longitudinal de la primera modalidad ilustrativa del aparato cortante giratorio.

La Figura 5 es una vista de un armazón de la primera modalidad ilustrativa del aparato cortante giratorio representado en la Figura 4.

10 La Figura 6 es una vista de sección longitudinal del armazón descrito en la Figura 5 tomada a lo largo de la línea de sección 6-6 en la Figura 5.

La Figura 7 es una vista gráfica de un montaje que comprende un vástago, un primer cortante y un segundo cortante en la primera modalidad ilustrativa del aparato cortante giratorio representado en la Figura 4.

15 La Figura 8 es una vista de sección transversal del montaje que se muestra en la Figura 7.

La Figura 9 es una vista de sección longitudinal del montaje descrito en la Figura 4 tomada a lo largo de la línea de sección 9-9 en la Figura 8.

20 La Figura 10 es una vista de sección transversal de un vástago en la primera modalidad ilustrativa del aparato cortante giratorio representado en la Figura 4.

La Figura 11 es una vista de sección longitudinal del vástago descrito en la Figura 10 tomada a lo largo de la línea de sección 11-11 en la Figura 10.

La Figura 12 es una vista gráfica de una chaveta en la primera modalidad ilustrativa del aparato cortante giratorio representado en la Figura 4.

30 La Figura 13 es una vista gráfica de una chaveta a prueba de fallos en la primera modalidad ilustrativa del aparato cortante giratorio representado en la Figura 4.

La Figura 14 es una vista gráfica de un cortante helicoidal en la primera modalidad ilustrativa del aparato cortante giratorio representado en la Figura 4.

- 5 La Figura 15 es una vista de extremo del cortante helicoidal que se muestra en la Figura 14.

La Figura 16 es una vista gráfica de un cortante lateral en la primera modalidad ilustrativa del aparato cortante giratorio representado en la Figura 4.

- 10 La Figura 17 es una vista de extremo del cortante lateral que se muestra en la Figura 16.

La Figura 18 es una vista gráfica de un separador ilustrativo en la primera modalidad ilustrativa del aparato cortante giratorio representado en la Figura 4.

- 15 La Figura 19 es una vista gráfica de una arandela de Belleville en la primera modalidad ilustrativa del aparato cortante giratorio representado en la Figura 4.

La Figura 20 es una vista lateral de la arandela de Belleville que se muestra en la Figura 20.

- 20 La Figura 21 es una vista gráfica de una tuerca de bloqueo en la primera modalidad ilustrativa del aparato cortante giratorio representado en la Figura 4.

La Figura 22 es una vista de sección longitudinal de la tuerca de bloqueo que se muestra en la Figura 22.

- 25 La Figura 23 es una vista en sección longitudinal parcial de componentes de una segunda modalidad ilustrativa de un aparato cortante giratorio.

La Figura 24 es una vista en sección longitudinal parcial de componentes de una tercera modalidad ilustrativa de un aparato cortante giratorio.

La presente descripción se refiere, en parte, a un aparato cortante giratorio y un método para reducir el tamaño de objetos sólidos contenidos en un fluido para evitar o mitigar los efectos dañinos al equipamiento, tal como un motor del interior del pozo, que puedan surgir de otro modo de la presencia de tales objetos sólidos en el fluido.

El aparato cortante giratorio y el método se pueden utilizar en cualquier entorno adecuado en el cual sea necesario o deseable reducir el tamaño de objetos sólidos contenidos en un fluido.

10 A modo de ejemplo no taxativo, el aparato cortante giratorio puede incluirse como un componente de un aparato que se configura para insertarse en un hueco, en cuyo caso el aparato puede ser cualquier aparato adecuado que pueda insertarse en un hueco para cualquier propósito. A modo de ejemplos no taxativos, el aparato puede ser un aparato para su uso en la perforación, terminación, mantenimiento, adquisición de registros o levantamiento de un hueco.

15 A modo de ejemplo no taxativo, el aparato puede ser un sistema de perforación para su uso en la perforación de un hueco. A modo de ejemplos no taxativos, un sistema de perforación puede comprender una columna de perforación, un motor de perforación del interior del pozo, un aparato de perforación direccional giratorio, una turbina, un martillo alternante y/o cualquier otra estructura, dispositivo o aparato
20 que pueda utilizarse en la perforación de un pozo.

A modo de ejemplo no taxativo, un sistema de perforación puede tener un extremo proximal y un extremo distal. Se puede ubicar una barrena de perforación de manera axial en el extremo distal del sistema de perforación. Se puede ubicar un motor de perforación del interior del pozo de manera axial entre el
25 extremo proximal y el extremo distal del sistema de perforación. El motor de perforación del interior del pozo puede comprender una sección de potencia. Durante el uso, un fluido, tal como un fluido de perforación, puede hacerse circular a través del sistema de perforación desde el extremo proximal hasta el extremo distal. El aparato cortante giratorio puede incluirse como un componente del sistema de perforación para reducir el tamaño de objetos sólidos que puedan estar contenidos en el fluido que se hace
30 circular a través del sistema de perforación.

En un ejemplo particular no taxativo, la sección de potencia de un motor de perforación del interior del pozo puede comprender un estator o un rotor. El aparato cortante giratorio puede ubicarse de manera axial entre la sección de potencia del motor de perforación del interior del pozo y la barrena de perforación, de manera que se pueda reducir el tamaño de objetos sólidos, tales como piezas de elastómero que se separan de la sección de potencia, antes de que alcancen la barrena de perforación. En tales circunstancias, el aparato cortante giratorio puede ubicarse axialmente en cualquier posición entre la sección de potencia del motor de perforación del interior del pozo y la barrena de perforación. A modo de primer ejemplo no taxativo, el aparato cortante giratorio puede ubicarse de manera axial inmediatamente distal respecto a la sección de potencia. A modo de un segundo ejemplo no taxativo, el motor de perforación del interior del pozo puede comprender, además, una sección de transmisión que se ubica de forma axialmente distal respecto a la sección de potencia y el aparato cortante giratorio se puede ubicar de forma distal respecto a la sección de transmisión. A modo de un tercer ejemplo no taxativo, el motor de perforación del interior del pozo puede comprender, además, una sección de cojinetes que se ubica de forma axialmente distal respecto a la sección de potencia y/o la sección de transmisión, y el aparato cortante giratorio se puede ubicar de forma axialmente distal respecto a la sección de cojinetes.

El aparato cortante giratorio puede incluirse como un componente de un aparato, tal como un sistema de perforación de cualquier manera adecuada. A modo de un primer ejemplo no taxativo, el aparato cortante giratorio puede ser un componente separado que se incorpora en un sistema de perforación. El aparato cortante giratorio como un componente separado puede incorporarse en el sistema de perforación de cualquier manera adecuada, que incluye como ejemplos no taxativos, mediante una o más conexiones roscadas, mediante soldadura, mediante sujetadores y/o mediante un ajuste de interferencia. A modo de segundo ejemplo no taxativo, el aparato cortante giratorio puede ser integral con el sistema de perforación o con un componente del sistema de perforación.

El aparato cortante giratorio comprende un armazón, un vástago y al menos un cortante.

El armazón tiene un extremo proximal, un extremo distal y una superficie interior del armazón. La superficie interior del armazón define un hueco del armazón que se extiende a través del armazón desde el extremo proximal hasta el extremo distal. El hueco del armazón tiene un diámetro de hueco del armazón. El armazón puede comprender, consistir en o consistir esencialmente en cualquier estructura que pueda

proporcionar el hueco del armazón. El armazón puede comprender un componente de armazón unitario individual o el armazón puede comprender una pluralidad de componentes de armazón que se conectan entre sí.

- 5 El vástago tiene un extremo proximal y un extremo distal. El vástago se extiende a través del hueco del armazón, de manera que se proporcione un espacio anular en el hueco del armazón entre la superficie interior del armazón y el vástago. El vástago tiene un eje del vástago. El vástago puede girar en relación con el armazón alrededor del eje del vástago en una dirección de rotación del vástago. El vástago puede comprender, consistir en o consistir esencialmente en cualquier estructura que pueda realizar las funciones
- 10 del vástago. El vástago puede comprender un componente de vástago unitario individual o el vástago puede comprender una pluralidad de componentes de vástago que se conectan entre sí. El vástago puede ser sólido o el vástago puede definir un hueco del vástago. El armazón y el vástago se configuran de manera que al menos una parte del fluido que pasa a través del armazón pasa a través del espacio anular.
- 15 El vástago tiene un diámetro del vástago. El diámetro del vástago puede ser constante o puede variar de forma axial entre el extremo proximal y el extremo distal del vástago.

- 20 Al menos un cortante se encuentra en el vástago. El cortante o pluralidad de cortantes pueden girar en relación con el armazón alrededor del eje del vástago. El cortante o pluralidad de cortantes se encuentran en el vástago, de manera que el cortante o pluralidad de cortantes se extienda de forma radial hacia la superficie interior del armazón.

- 25 Un cortante puede ayudar a reducir el tamaño de objetos sólidos que están contenidos en un fluido que pasa a través del espacio anular mediante el movimiento giratorio del cortante contra los objetos sólidos a medida que los objetos sólidos pasan a través del espacio anular. Este movimiento giratorio del cortante puede ayudar a reducir el tamaño de objetos sólidos al impartir un corte, cizallamiento, molido u otra acción de separación adecuada a los objetos sólidos.

- 30 Un cortante se puede encontrar en el vástago de cualquier manera que permita que el cortante gire en relación con el armazón. Un cortante puede ser integral con el vástago o un cortante puede conectarse y/o montarse con el vástago de cualquier manera adecuada. Un cortante puede comprender un componente de

cortante unitario individual o un cortante puede comprender una pluralidad de componentes de cortante que se conectan entre sí.

Un cortante puede comprender, consistir en o consistir esencialmente en cualquier estructura, dispositivo o aparato y puede tener cualquier forma y/o configuración que pueda proporcionar una acción de separación adecuada a medida que gira. Un cortante puede tener una dimensión radial y una dimensión axial. A modo de ejemplos no taxativos, un cortante puede tener generalmente la forma de un disco, un cilindro, un cono, un cono truncado o cualquier otra forma adecuada.

10 Un cortante puede proporcionar una acción de separación adecuada de cualquier manera adecuada. A modo de ejemplos no taxativos, un cortante puede comprender un cortante abrasivo y/o un cortante dentado.

15 Un cortante abrasivo puede comprender cualquier material o combinación de materiales abrasivos que pueda facilitar una acción de separación adecuada del cortante. A modo de ejemplo no taxativo, un cortante abrasivo puede comprender granos abrasivos adecuados. El material abrasivo puede configurarse de cualquier manera adecuada para facilitar una acción de separación adecuada del cortante sobre los objetos sólidos que están contenidos en el fluido. A modo de ejemplo no taxativo, los granos abrasivos pueden unirse en un material de matriz adecuado. Los ejemplos no taxativos de materiales de grano
20 abrasivo incluyen diamante, óxido de aluminio, cerámica, carburo de silicio, óxido de circonio, nitruro de boro cúbico, carburo de tungsteno o cualquier otro material que pueda cortar los objetos sólidos. Los ejemplos no taxativos de materiales de matriz incluyen resina, epoxi, caucho, metal y/o vidrio, o cualquier otro material que pueda proporcionar una matriz adecuada para los granos abrasivos.

25 Un cortante dentado puede comprender un diente cortante o cualquier cantidad de una pluralidad de dientes cortantes. El cortante dentado y/o un diente cortante o pluralidad de dientes cortantes pueden construirse a partir de cualquier material o combinación de materiales que pueda facilitar una acción de separación adecuada del cortante sobre los objetos sólidos que están contenidos en el fluido. A modo de ejemplos no taxativos, el cortante dentado y/o un diente cortante o pluralidad de dientes cortantes pueden
30 construirse a partir de acero, acero inoxidable y/o aleación de acero adecuada. El diente cortante o pluralidad de dientes cortantes pueden configurarse de cualquier manera adecuada para facilitar una acción

de separación adecuada del cortante. A modo de ejemplos no taxativos, el diente cortante o pluralidad de dientes cortantes puede tener cualquier forma, ancho, separación, frecuencia, profundidad, ángulo de inclinación, ángulo de separación, conjunto, ancho de corte, grado y/u otra característica. El diente cortante o pluralidad de dientes cortantes en un cortante dentado puede disponerse de cualquier manera adecuada en el cortante. A modo de ejemplo no taxativo, una pluralidad de dientes cortantes en un cortante dentado se pueden separar de manera circunferencial alrededor del cortante. Una pluralidad de dientes cortantes se pueden separar de manera circunferencial alrededor de un cortante de manera ya sea uniforme o no uniforme.

10 A modo de un primer ejemplo no taxativo, un cortante puede ser un cortante helicoidal. Un cortante helicoidal puede generalmente tener una dimensión radial y una dimensión axial significativa. A modo de ejemplos no taxativos, un cortante helicoidal puede generalmente tener forma de cilindro, cono o cono truncado. Un cortante helicoidal puede comprender un diente cortante helicoidal o cualquier cantidad de una pluralidad de dientes cortantes helicoidales. El diente o pluralidad de dientes cortantes helicoidales puede tener cualquier forma, ancho, separación, frecuencia, profundidad, ángulo de inclinación, ángulo de separación, conjunto, ancho de corte, grado, ángulo de espiral y/u otra característica. El diente o pluralidad de dientes cortantes helicoidales puede formar una espiral hacia el extremo distal del armazón una longitud axial del diente cortante helicoidal. El diente o pluralidad de dientes cortantes helicoidales puede formar una espiral la totalidad o una parte de la dimensión axial del cortante helicoidal. Una pluralidad de dientes cortantes helicoidales se pueden separar de manera circunferencial alrededor del cortante helicoidal de manera ya sea uniforme o no uniforme.

25 El diente o pluralidad de dientes cortantes helicoidales puede formar una espiral en una dirección helicoidal a la izquierda o una dirección helicoidal a la derecha hacia el extremo distal del vástago. La dirección helicoidal del diente cortante helicoidal puede ser la misma que la dirección de rotación del vástago o puede ser opuesta a la dirección de rotación del vástago.

30 A modo de un segundo ejemplo no taxativo, un cortante puede ser un cortante transversal. Un cortante transversal puede generalmente tener una dimensión radial y una dimensión axial mínima. A modo de ejemplo no taxativo, un cortante transversal puede tener en general forma de disco. Un cortante transversal puede comprender un diente cortante transversal o cualquier cantidad de una pluralidad de dientes

cortantes transversales. El diente o pluralidad de dientes cortantes transversales puede tener cualquier forma, ancho, separación, frecuencia, profundidad, ángulo de inclinación, ángulo de separación, conjunto, ancho de corte y/u otra característica. El diente o pluralidad de dientes cortantes transversales pueden disponerse en un plano cortante. El plano cortante puede ser perpendicular o sustancialmente perpendicular al eje del vástago. Una pluralidad de dientes cortantes transversales se pueden separar de manera circunferencial alrededor del cortante transversal de manera ya sea uniforme o no uniforme.

Se puede proporcionar una separación radial del cortante entre un cortante y la superficie interior del armazón. La separación radial del cortante en general facilita la reducción de tamaño de los objetos sólidos que están contenidos en el fluido que pasa a través del espacio anular mientras que permite que el fluido pase a través del espacio anular. La separación radial del cortante puede ser mínima si el cortante comprende espacios o permite de otro modo que el fluido pase por el cortante y a través del espacio anular sustancialmente sin obstáculos.

La separación radial del cortante de un cortante puede ser constante o variable en la dirección axial. La separación radial variable del cortante en la dirección axial se puede proporcionar de cualquier manera adecuada. A modo de un primer ejemplo no taxativo, el diámetro del hueco del armazón adyacente a un cortante puede ser variable en la dirección axial. A modo de un segundo ejemplo no taxativo, un cortante puede tener una dimensión radial variable en la dirección axial.

A modo de ejemplo no taxativo, la separación radial del cortante de un cortante que tiene una dimensión axial significativa puede disminuir de manera axial hacia el extremo distal del armazón a lo largo de al menos una parte de la longitud axial del cortante o el diente cortante hasta una separación radial mínima del cortante. La reducción del tamaño de los objetos sólidos en circunstancias de una separación radial variable del cortante se puede asistir al proporcionar una separación radial variable del cortante que se reduce hasta una separación radial mínima del cortante, que puede funcionar para guiar o dirigir el fluido hacia la separación radial mínima del cortante.

A modo de ejemplo no taxativo particular, una separación radial del cortante para un cortante helicoidal puede disminuir de manera axial hacia el extremo distal del armazón a lo largo de al menos una parte de la longitud axial del diente cortante helicoidal hasta una separación radial mínima del cortante. A modo

de ejemplos no taxativos, la disminución de la separación radial del cortante puede ser provocada por una disminución axial en el diámetro del hueco del armazón adyacente a al menos una parte de la longitud axial de los dientes cortantes helicoidales hacia el extremo distal del armazón y/o mediante un aumento axial en la dimensión radial del cortante helicoidal y/o el diámetro del vástago a lo largo de al menos una parte de la longitud axial del diente cortante helicoidal hacia el extremo distal del armazón.

Se puede proporcionar una o más superficies adyacentes al cortante. Una superficie de cizallamiento puede asistir generalmente la reducción del tamaño de los objetos sólidos que están contenidos en el fluido que pasa a través del espacio anular. Se puede proporcionar una superficie de cizallamiento de cualquier manera adecuada. A modo de ejemplo no taxativo, una superficie de cizallamiento puede ser una superficie que no gire con el cortante, tal como una superficie proporcionada o asociada con el armazón. Una superficie de cizallamiento puede ser paralela o sustancialmente paralela a un plano cortante de un cortante. Se puede proporcionar una separación axial del cortante entre un cortante y la superficie de cizallamiento. La separación axial del cortante puede ser mínima si el cortante comprende espacios o permite de otro modo que el fluido pase por el cortante y la superficie de cizallamiento y a través del espacio anular sustancialmente sin obstáculos.

A modo de ejemplo no taxativo particular, se puede proporcionar una superficie de cizallamiento adyacente a un cortante transversal. La superficie de cizallamiento puede tener un plano de superficie de cizallamiento que sea sustancialmente paralelo al plano de corte del cortante transversal. Se puede proporcionar una separación axial del cortante entre el cortante transversal y la superficie de cizallamiento. El armazón puede comprender uno o cualquier cantidad de una pluralidad de proyecciones del armazón que pueden proporcionar la superficie de cizallamiento. Una pluralidad de proyecciones del armazón se pueden separar circunferencialmente alrededor de la superficie interior del armazón. Se puede proporcionar uno o más espacios en una proyección del armazón o entre proyecciones del armazón adyacentes de una pluralidad de proyecciones del armazón. El o los espacios pueden ayudar para permitir que el fluido se mueva más allá del cortante y la superficie de cizallamiento y a través del espacio anular.

La superficie interior del armazón puede ser generalmente lisa. De manera alternativa, la totalidad o parte de la superficie interior del armazón puede tener un contorno y/o puede comprender o definir uno o cualquier cantidad de una pluralidad de cortantes del armazón. A modo de ejemplos no taxativos, la

totalidad o una parte de la superficie interior del armazón puede comprender una o cualquier cantidad de una pluralidad de discontinuidades del armazón, texturas del armazón, cortantes abrasivos del armazón y/o cortantes dentados del armazón, que pueden configurarse o disponerse de cualquier manera que facilite una acción de separación adecuada de los cortantes en el vástago. A modo de ejemplos no taxativos, una o una pluralidad de discontinuidades del armazón y/o cortantes del armazón puede disponerse de forma transversal al eje del vástago o pueden formar una espiral hacia el extremo distal del armazón en una dirección helicoidal. La dirección helicoidal de las discontinuidades del armazón y/o cortantes del armazón pueden tener la misma dirección o la dirección opuesta a la dirección helicoidal del diente cortante helicoidal de un cortante helicoidal en el vástago. Un contorno de superficie interior del armazón y/o uno o más cortantes del armazón pueden complementar la acción de separación del cortante o pluralidad de cortantes en el vástago.

Como se indicó anteriormente, el aparato cortante giratorio comprende al menos un cortante en el vástago. El aparato cortante giratorio, por lo tanto, puede comprender uno o una pluralidad de cortantes en el vástago. Una pluralidad de cortantes en el vástago pueden ser idénticos o similares entre sí o algunos o todos en la pluralidad de cortantes pueden ser diferentes entre sí. Se puede disponer una pluralidad de cortantes para que se ubiquen de forma axial en relación con los otros en cualquier orden o configuración.

A modo de ejemplo no taxativo, el aparato cortante giratorio puede comprender un primer cortante y un segundo cortante, donde cada uno del primer cortante y el segundo cortante puede comprender, consistir en o consistir esencialmente en cualquier estructura, dispositivo o aparato y cada uno puede tener cualquier forma y/o configuración que pueda proporcionar una acción de separación adecuada a medida que gira.

En un ejemplo no taxativo particular, el primer cortante puede ser un cortante helicoidal como de describió anteriormente, que comprende uno o cualquier cantidad de una pluralidad de dientes cortantes helicoidales separados de forma circunferencial alrededor del primer cortante y el segundo cortante puede ser un cortante transversal como se describió anteriormente, que comprende uno o cualquiera de una pluralidad de dientes cortantes transversales separados de forma circunferencial alrededor del segundo cortante.

En el ejemplo no taxativo particular, el segundo cortante puede ubicarse de forma axial entre el primer cortante y el extremo distal del armazón o el segundo cortante puede ubicarse axialmente entre el primer

cortante y el extremo proximal del armazón.

En el ejemplo no taxativo particular, el diente o pluralidad de dientes cortantes helicoidales del primer cortante puede formar una espiral hacia el extremo distal del armazón una longitud axial del diente cortante helicoidal. Una pluralidad de dientes cortantes helicoidales del primer cortante se pueden separar de manera circunferencial alrededor del primer cortante de manera ya sea uniforme o no uniforme.

En el ejemplo no taxativo particular, el diente o pluralidad de dientes cortantes transversales del segundo cortante pueden disponerse en un plano cortante. El plano cortante puede ser sustancialmente perpendicular al eje del vástago. Una pluralidad de dientes cortantes transversales del segundo cortante se pueden separar de manera circunferencial alrededor del segundo cortante de manera ya sea uniforme o no uniforme. El diente cortante helicoidal del primer cortante pueden formar un espiral hacia el extremo distal del vástago en una dirección helicoidal que es la misma dirección o la dirección opuesta que la dirección de rotación del vástago.

En el ejemplo no limitante particular, una separación radial del primer cortante se puede proporcionar entre el primer cortante y la superficie interior del cortante. La separación radial del primer cortante puede ser constante o variable. En el caso de una separación radial variable del primer cortante, la separación radial variable del primer cortante puede disminuir de manera axial hacia el extremo distal del armazón a lo largo de al menos una parte de la longitud axial del diente cortante helicoidal del primer cortante hasta una separación radial mínima del primer cortante. El diámetro del hueco del armazón adyacente a al menos una parte de la longitud axial del diente cortante helicoidal del primer cortante puede disminuir axialmente y/o la dimensión radial del primer cortante y/o el diámetro del vástago puede aumentar axialmente hacia el extremo distal del armazón para provocar que la separación radial del primer cortante disminuya hasta la separación radial mínima del primer cortante. Una separación radial variable del primer cortante y una separación radial mínima del primer cortante posiblemente pueden ayudar a reducir el tamaño de objetos sólidos mientras se permite que el fluido pase a través del espacio anular.

En el ejemplo no limitante particular, una separación radial del segundo cortante se puede proporcionar entre el segundo cortante y la superficie interior del cortante. La separación radial del segundo cortante puede ser mínima si el segundo cortante comprende espacios o permite de otro modo que el fluido pase

por el segundo cortante y a través del espacio anular sustancialmente sin obstáculos.

En el ejemplo no taxativo particular, el aparato cortante giratorio puede comprender una superficie de cizallamiento adyacente al segundo cortante. La superficie de cizallamiento puede tener un plano de superficie de cizallamiento que sea sustancialmente paralelo al plano de corte del segundo cortante. Se puede proporcionar una separación axial del segundo cortante entre el segundo cortante y la superficie de cizallamiento. La separación axial del segundo cortante puede ser mínima si el segundo cortante comprende espacios o permite de otro modo que el fluido pase por el segundo cortante y la superficie de cizallamiento y a través del espacio anular sustancialmente sin obstáculos.

En el ejemplo no taxativo particular, el armazón puede comprender una o una cantidad de una pluralidad de proyecciones del armazón separadas circunferencialmente alrededor de la superficie interior del armazón. Se puede proporcionar una pluralidad de espacios en una proyección del armazón o entre proyecciones del armazón adyacentes de una pluralidad de proyecciones del armazón. La proyección del armazón o la pluralidad de proyecciones del armazón pueden proporcionar la superficie de cizallamiento.

Se puede realizar un método para reducir el tamaño de objetos sólidos contenidos en un fluido mediante el uso del aparato de cortante giratorio. El método se puede realizar mediante el uso del aparato cortante giratorio descrito en la presente o mediante el uso de cualquier aparato cortante giratorio adecuado que comprenda un armazón, un vástago y al menos un cortante.

En un ejemplo no taxativo, el método para reducir el tamaño de objetos sólidos contenido en un fluido puede comprender introducir el fluido que contiene los objetos sólidos en un espacio anular y girar uno o una pluralidad de cortantes en el espacio anular para reducir el tamaño de los objetos sólidos mientras se permite que el fluido pase a través del espacio anular.

En un ejemplo no taxativo particular, el método para reducir el tamaño de objetos sólidos contenidos en un fluido puede comprender proporcionar un armazón tiene un extremo proximal, un extremo distal y una superficie interior del armazón, donde la superficie interior del armazón define un hueco del armazón que se extiende a través del armazón desde el extremo proximal hasta el extremo distal, proporcionar un vástago que se extiende a través del hueco del armazón, de manera que se proporcione un espacio anular

- en el hueco del armazón entre la superficie interior del armazón y el vástago, donde el vástago tiene un eje del vástago, donde el vástago puede girar en relación con el armazón alrededor del eje del vástago, proporcionar al menos un cortante en el vástago, donde el al menos un cortante puede girar en relación con el armazón alrededor del eje del vástago y donde el al menos un cortante se extiende radialmente hacia
- 5 la superficie interior del armazón, introducir un fluido que contiene objetos sólidos en el espacio anular en el extremo proximal del armazón y hacer girar el vástago y el al menos un cortante para reducir el tamaño de los objetos sólidos mientras pasa el fluido a través del espacio anular hacia el extremo distal del armazón.
- 10 El método para reducir el tamaño de objetos sólidos en un fluido puede utilizarse en cualquier circunstancia en al cual sea necesario o deseable reducir el tamaño de objetos sólidos. Los objetos sólidos pueden ser preexistentes en un fluido o suspensión que comprende un fluido y los objetos sólidos pueden prepararse para su uso en el método.
- 15 El método para reducir el tamaño de objetos sólidos en un fluido puede utilizarse en cualquier entorno y/o con cualquier configuración adecuada de aparato. El método puede utilizarse para tratar y/o remediar fluidos y/o sólidos. El fluido puede ser cualquier sustancia en un estado fluido, tal como un líquido o un gas. Los objetos sólidos pueden ser cualquier sustancia en un estado sólido o semisólido.
- 20 A modo de ejemplo no taxativo, el método puede utilizarse para reducir el tamaño de objetos sólidos en un fluido que circula a través del sistema de perforación. El sistema de perforación puede comprender un motor de perforación del interior del pozo. El motor de perforación del interior del pozo puede comprender una sección de potencia. La sección de potencia puede comprender un estator o un motor. El estator y/o el rotor puede comprender un elastómero para proporcionar un cierre entre el estator y el rotor. El fluido
- 25 puede comprender un fluido de perforación que se hace circular a través del sistema de perforación. Los objetos sólidos pueden comprender piezas de elastómero que se separan de la sección de potencia del motor de perforación del interior del pozo durante el uso del sistema de perforación. De manera adicional o alternativa, los objetos sólidos pueden comprender otros desechos que pueden estar contenidos en el fluido de perforación.
- 30 Se puede ubicar una barrena de perforación de manera axial en un extremo distal del sistema de

perforación. El método puede utilizarse para reducir el tamaño de los objetos sólidos que se separan de la sección de potencia del motor de perforación del interior del pozo antes de que los objetos sólidos alcancen la barrena de perforación. Como resultado de esto, el método puede realizarse después de que se hace circular el fluido a través de la sección de potencia, pero antes de que se hace circular el fluido a través de la barrena de perforación.

Las Figuras 1-24 son solamente ilustrativas. El aparato cortante giratorio y el método se pueden utilizar en cualquier aparato adecuado y en cualquier aplicación adecuada.

En la descripción de las modalidades ilustrativas que figura a continuación, se identifican con los mismos números de referencia los elementos de la invención que son idénticos o equivalentes en los ejemplos de modalidades.

Haciendo referencia a la Figura 1, se muestran componentes de un sistema de perforación (10) para su uso en la perforación de un hueco (no se muestra), que incluye un motor de perforación del interior del pozo (20), en una vista gráfica parcial de corte. El motor de perforación comprende una sección de conducción o sección de potencia (22) y una sección de cojinetes (26). La sección de cojinetes (26) se ubica de forma axialmente distal con respecto a la sección de potencia (22). Una o más secciones del motor de perforación (20) se pueden disponer axialmente de forma interpuesta entre la sección de potencia (22) y la sección de rodadura (26). Como se ilustra en la Figura 1, el motor de perforación (20) comprende, además, una sección de transmisión (24) que está interpuesta de forma axial entre la sección de potencia (22) y la sección de rodadura (26). Estas secciones del motor de perforación (20) constituyen componentes de un mecanismo de transmisión que utiliza energía del fluido para hacer girar una barrena de perforación (28). Una sarta de perforación (70) se conecta de forma directa o indirecta con el extremo proximal de la sección de potencia (22).

El motor de perforación (20), la barrena de perforación (28) y la sarta de perforación (70) son componentes del sistema de perforación (10). El sistema de perforación (10) tiene un extremo distal (12). La barrena de perforación (28) se ubica de manera axial en el extremo distal (12) del sistema de perforación (10).

Las secciones del motor de perforación (20) se encuentran dentro de un armazón de motor tubular (30).

Como se ilustra en la Figura 1, el armazón del motor (30) comprende una pluralidad de secciones del armazón de motor conectadas entre sí mediante conexiones roscadas, que incluye un armazón de potencia tubular (32) para la sección de potencia (22), un armazón de transmisión tubular (34) para la sección de transmisión (24) y un armazón de rodadura tubular (36) para la sección de rodadura (26).

El armazón de potencia (32) puede comprender una pluralidad de componentes de armazón de potencia que juntos proporcionan el armazón de potencia (32) o el armazón de potencia (32) puede ser un armazón de potencia (32) unitario que se forma a partir de un único componente de armazón de potencia.

El armazón de transmisión (34) puede comprender una pluralidad de componentes de armazón de transmisión que juntos proporcionan el armazón de transmisión (34) o el armazón de transmisión (34) puede ser un armazón de transmisión (34) unitario que se forma a partir de un único componente de armazón de transmisión.

El armazón de cojinetes (36) puede comprender una pluralidad de componentes de armazón de cojinetes que juntos proporcionan el armazón de cojinetes (36) o el armazón de cojinetes (36) puede ser un armazón de cojinetes (36) unitario que se forma a partir de un único componente de armazón de cojinetes.

La sección de potencia (22) del motor de perforación (20) comprende un estator (50) y un rotor (52). El estator (50) está conectado de forma fija con el armazón de potencia (32), y el rotor (52) puede girar dentro del estator (50) en respuesta a un fluido de perforación (no se muestra) que circula a través del sistema de perforación (10) hacia el extremo distal (12) del sistema de perforación (10), incluso a través de la sección de potencia (22). La barrena de perforación (28) comprende puertos (no se muestran) que permiten que el fluido de perforación se expulse desde el sistema de perforación (10) y circule de vuelta hacia la superficie de la tierra a través de un espacio anular (no se muestra) que se forma entre el hueco y el sistema de perforación (10) durante la perforación del hueco. Los puertos ayudan también a limpiar los desechos desde el extremo del hueco dado que el fluido de perforación se expulsa desde los puertos a una velocidad relativamente alta.

Tal como se describe en la Figura 1, la sección de potencia (22) es una sección de potencia de tipo Moineau

donde el estator (50) y el rotor (52) tienen lóbulos. El rotor (52) tiene un lóbulo menos que el estator (50) y gira excéntricamente dentro del estator (50). Como se muestra en la Figura 1, el estator (50) se reviste con un elastómero (53), que proporciona un cierre entre el estator (50) y el rotor (52) y se ajusta al movimiento excéntrico del rotor (52) dentro del estator (50).

5

La sección de transmisión (24) convierte el movimiento excéntrico del rotor (52) en rotación concéntrica de un árbol de transmisión (54) dentro de la sección de cojinetes (26). La sección de transmisión (24) también transmite energía de impulso giratorio desde la sección de potencia (22) hasta la sección de cojinetes (26).

10

Tal como se ilustra en la Figura 1, la sección de transmisión (24) comprende el armazón de transmisión (34) y un miembro de transmisión o árbol de transmisión (60) que está conectado entre el rotor (52) y el árbol de transmisión (54) de modo que la rotación del rotor (52) dé como resultado la rotación excéntrica del vástago de transmisión (60), y la rotación del vástago de transmisión (60) provoque la rotación del árbol de transmisión (54).

15

Tal como se ilustra en la Figura 1, la sección de cojinetes (26) comprende el armazón de cojinetes (36), el árbol de transmisión (54) y un montaje de cojinetes (no se muestra en la Figura 1) que comprende uno o más cojinetes de empuje que sostienen de forma giratoria el árbol de transmisión (54) dentro del armazón (30). Tal como se ilustra en la Figura 1, la sección de cojinetes (26) también comprende un estabilizador (56) que está conectado de forma roscada con el exterior del armazón de cojinetes (36).

20

Tal como se ilustra en la Figura 1, la barrena de perforación (28) está conectada de forma directa o indirecta con el extremo distal del árbol de transmisión (54) de modo que la rotación del árbol de transmisión (54) provoque la rotación de la broca de perforación (28).

25

El motor de perforación (20) tiene un eje primario (72) y el árbol de transmisión (54) tiene un eje del árbol de transmisión (74). Como se muestra en la Figura 1, el eje del árbol de transmisión (74) es oblicuo al eje primario (72) de manera que hay un “pliegue” en el motor de perforación (20). El pliegue en el motor de perforación (20) se puede proporcionar mediante un pliegue en el exterior del armazón (30), mediante un pliegue en el interior del armazón (30), mediante una articulación del árbol de transmisión (54) dentro del

30

armazón (30) o de cualquier otra manera adecuada. El pliegue en el motor de perforación (20) puede estar fijo (es decir, ser no ajustable) o puede ser ajustable.

Un posible problema con el motor de perforación (20) que se muestra en la Figura 1 es que el elastómero (53) que recubre el estator (50) puede deteriorarse o dañarse durante el uso del motor de perforación (20) y los objetos sólidos que comprenden piezas de elastómero (53) pueden separarse de la sección de potencia (22) del motor de perforación (20). Tales objetos sólidos pueden dispersarse en el fluido de perforación y puede hacerse circular con el fluido de perforación a través del sistema de perforación (10) hacia el extremo distal (12) del sistema de perforación (10) y hacia la barrena de perforación (28). Dependiendo del tamaño de los objetos sólidos, los puertos en la barrena de perforación pueden bloquearse y/o taparse mediante los objetos sólidos, que pueden inhibir la circulación del fluido de perforación a través del sistema de perforación (10), pueden afectar de forma negativa el rendimiento del sistema de perforación (10) y/o pueden provocar el fallo del sistema de perforación (10) o componentes del sistema de perforación (10).

El elastómero (53) puede comprender, consistir en o consistir esencialmente en cualquier material natural o artificial adecuado que presente una elasticidad similar a la del caucho. A modo de ejemplo no taxativo, el elastómero (53) puede comprender, consistir en o consistir esencialmente en un material de caucho de nitrilo, que incluye como ejemplos no taxativos, caucho de nitrilo butadieno (NBR, por sus siglas en inglés) y/o caucho de nitrilo butadieno hidrogenado (HNBR, por sus siglas en inglés). Los materiales de caucho de nitrilo en general son relativamente resistentes a los hidrocarburos y otros químicos, tienen una resistente al desgaste relativamente alta (por ejemplo, de hasta 90 Shore A), tiene resistente superior, pero una flexibilidad relativamente baja. Como resultado de esto, los materiales de caucho de nitrilo tienden a mantener su forma bajo tensión, son relativamente resistentes a la compresión y/o restricción, y son relativamente susceptibles a punción y cortes.

Haciendo referencia a la Figura 2, los componentes de un sistema de perforación (10) incluyen componentes de un motor de perforación del interior del pozo con pliegue ajustable (20) y una primera modalidad ilustrativa de un aparato cortante giratorio (80) se muestran en una vista de sección longitudinal. Como se muestra en la Figura 2, el aparato cortante giratorio (80) se ubica axialmente entre la sección de transmisión (24) y la sección de cojinetes (26) del motor de perforación (20). Tal como se

ilustra en la Figura 2, la sección de cojinetes (26) incluye un montaje de cojinetes (82) que comprende uno o más cojinetes de empuje que sostienen de forma giratoria el árbol de transmisión (54) dentro del armazón (30). La sección de potencia (22) del motor de perforación (20) y la barrena de perforación (28) no se muestran en la Figura 2. Como se muestra en la Figura 2, el pliegue ajustable del motor de perforación (20) se ajusta mediante la rotación de un collar excéntrico (84) en el armazón del motor (30).

Haciendo referencia a la Figura 3, los componentes de un sistema de perforación (10) incluyen componentes de un motor de perforación del interior del pozo con pliegue fijo (20) y la primera modalidad ilustrativa de un aparato cortante giratorio (80) se muestran en una vista de sección longitudinal. Como se muestra en la Figura 3, el aparato cortante giratorio (80) se ubica axialmente entre la sección de transmisión (24) y la sección de cojinetes (26) del motor de perforación (20). Como en los sistemas de perforación (10) que se muestran en las Figuras 1 y 2, el montaje de cojinetes (82) sostiene de forma giratoria el árbol de transmisión (54) dentro del armazón (30). La sección de potencia (22) del motor de perforación (20) y la barrena de perforación (28) no se muestran en la Figura 3. Como se muestra en la Figura 3, el pliegue fijo en el motor de perforación (20) se proporciona mediante un pliegue en un componente del armazón del motor (30) o mediante una conexión excéntrica entre los componentes del armazón del motor (30).

Haciendo referencia a las Figuras 4-22, la primera modalidad ilustrativa del aparato cortante giratorio (80) y sus componentes se muestran en detalle. En la primera modalidad ilustrativa, el aparato cortante giratorio (80) se configura para su uso con un motor de perforación (20) que tiene un diámetro/tamaño nominal de alrededor de 172 milímetros (alrededor de 6,75 pulgadas). En otras modalidades, el aparato cortante giratorio (80) puede adaptarse para su uso con motores de perforación (20) que tengan un diámetro/tamaño nominal menor o mayor.

Haciendo referencia a la Figura 4, la primera modalidad ilustrativa del aparato cortante giratorio (80) comprende un armazón (90), un vástago (92), un primer cortante (94) y un segundo cortante (96).

Haciendo referencia a las Figuras 2-3 y las Figuras 4-6, en una primera modalidad ilustrativa, el armazón (90) se configura como una sección de armazón del motor. Como resultado de esto, el armazón (90) generalmente tiene forma de tubo alargado. En otras modalidades, el armazón (90) puede configurarse

como cualquier tipo de estructura adecuada que pueda realizar las funciones del armazón (90).

En la primera modalidad ilustrativa, el armazón (90) comprende un conector de caja proximal (100) que se conecta por roscas con un conector de perno (102) complementario en el armazón de transmisión (34) y un conector de perno distal (104) que se conecta con un conector de caja (106) complementario en el armazón de cojinetes (36).

El armazón (90) tiene un extremo proximal (108) que se define mediante el conector de caja proximal (100) y un extremo distal (110) que se define mediante el conector de perno distal (104). El armazón (90) tiene una superficie interior de armazón (112). La superficie interior del armazón (112) define un hueco de armazón (114). El hueco del armazón (114) se extiende a través del armazón (90) desde el extremo proximal (108) hacia el extremo distal (110) del armazón (90).

El hueco del armazón (114) tiene un diámetro de hueco del armazón (116). En la primera modalidad ilustrativa, el diámetro de hueco del armazón (116) disminuye axialmente hacia el extremo distal (110) del armazón (90) una parte de la distancia entre el extremo proximal (108) y el extremo distal (110) del armazón (90). En la primera modalidad ilustrativa, el diámetro del hueco del armazón (116) disminuye linealmente con una pendiente de alrededor de cinco grados, unos 75 milímetros (alrededor de 3 pulgadas) de manera axial. En otras modalidades, el diámetro del hueco del armazón (116) puede ser constante o puede disminuir de forma no lineal, a una tasa diferente, una distancia diferente y/o en una extensión diferente.

En otras modalidades, el armazón (90) puede tener cualquier forma adecuada que pueda proporcionar el hueco del armazón (114). En tales otras modalidades, el extremo proximal (108) y el extremo distal (110) pueden representar los extremos del hueco del armazón (114) y el hueco del armazón (114) no tiene por qué extenderse a lo largo de una dimensión o eje principal del armazón (90). Como ejemplos no taxativos, el hueco del armazón (114) puede extenderse a través de una dimensión menor del armazón (90) o puede extenderse a través de una sección de una estructura de armazón mayor.

Haciendo referencia a las Figuras 2-3, Figura 4 y Figura 9-11, en la primera modalidad ilustrativa, el vástago (92) se configura como un componente del árbol de transmisión del motor de perforación (20).

En otras modalidades, el vástago (92) puede configurarse como cualquier tipo de estructura adecuada que pueda realizar las funciones del vástago (92).

5 El vástago (92) se extiende a través del hueco del armazón (114), de manera que se proporcione un espacio anular (120) en el hueco del armazón (114) entre la superficie interior del armazón (112) y el vástago (92). El vástago (92) tiene un eje del vástago (122). El vástago (92) gira alrededor del armazón (90) en una dirección de rotación del vástago alrededor del eje del vástago (122). En la primera modalidad ilustrativa, el vástago (92) se sostiene en el armazón (90) mediante cojinetes en la sección de cojinetes (26) del motor de perforación (20). En otras modalidades, los cojinetes (no se muestran) pueden proporcionarse entre el
10 armazón (90) y el vástago (92) para sostener de forma giratoria el vástago (92) dentro del armazón (90).

En la primera modalidad ilustrativa, el vástago (92) se configura para interponerse axialmente entre el vástago de transmisión (60) y el árbol de transmisión (54) del motor de perforación (20). El vástago (92) comprende un conector de caja proximal (124) que se conecta por roscas con un conector de perno (126)
15 asociado con el vástago de transmisión (60) y un conector de perno distal (128) que se conecta con un conector de caja (130) asociado con el árbol de transmisión (54).

El vástago (92) tiene un extremo proximal (132) que se define mediante el conector de caja proximal (124) y un extremo distal (134) que se define mediante el conector de perno distal (128). En la primera
20 modalidad ilustrativa, el vástago (92) se encuentra sólido entre el conector de caja proximal (124) y el conector de perno distal (128) de manera que el vástago (92) no define un hueco de vástago (no se muestra). Como resultado de esto, en la primera modalidad ilustrativa, sustancialmente la totalidad de un fluido (no se muestra) que pasa a través del hueco del armazón (114) pasa a través del espacio anular (120). En otras modalidades, el vástago (92) puede definir un hueco del vástago para proporcionar una
25 derivación de fluido del espacio anular (120) para la totalidad o una parte del fluido.

Haciendo referencia a las Figuras 9-13, en la primera modalidad ilustrativa, el vástago (92) define una ranura de chaveta (140) para colocar una chaveta (142) y una ranura para chaveta a prueba de fallos (144) para colocar una chaveta a prueba de fallos (146). Cada una de las ranuras de chaveta (140, 144) y las
30 chavetas (142, 146) se proporciona con una serie de tres huecos roscados para facilitar el montaje de las chavetas (142, 146) en las ranuras de chaveta (140, 144) con sujetadores adecuados (148).

La ranura de chaveta (140) y la chaveta (142) tienen diferentes tamaños (es decir, son más grandes) que la ranura de chaveta a prueba de fallos (144) y la chaveta a prueba de fallos (146). Además, la ranura de chaveta (140) y la chaveta (142) están separadas circunferencialmente en relación con la ranura de chaveta a prueba de fallos (144) y la chaveta a prueba de fallos (146) en el vástago (92) alrededor de 120 grados. El tamaño y configuración de las ranuras de chaveta (140, 144) y sus chavetas respectivas (142, 146) disminuye la posibilidad de que el aparato cortante giratorio (80) se monte de manera inapropiada.

En la primera modalidad ilustrativa, la ranura de chaveta (140) y la chaveta (142) tienen alrededor de 95 milímetros (alrededor de 3,7 pulgadas) de largo y alrededor de 11 milímetros (alrededor de 0,43 pulgadas) de ancho, y la ranura de chaveta a prueba de fallos (144) y la chaveta a prueba de fallos (146) tienen alrededor de 95 milímetros (alrededor de 3,7 pulgadas) de largo y alrededor de 6 milímetros (alrededor de 0,24 pulgadas) de ancho.

Haciendo referencia a la Figura 4 y las Figuras 10-11, el vástago (92) tiene un diámetro de vástago (150). En la primera modalidad ilustrativa, el diámetro de vástago (150) varía entre el extremo proximal (132) y el extremo distal (134) del vástago (92) para complementar la configuración del hueco del armazón (114) y para ajustarse a los cortantes (94, 96) y otros componentes del aparato cortante giratorio (80).

Haciendo referencia a las Figuras 2-3, la Figura 4 y las Figuras 7-9 y Figuras 14-17, en la primera modalidad ilustrativa, el aparato cortante giratorio (80) comprende el primer cortante (94) y el segundo cortante (96). En otras modalidades, el aparato giratorio cortante (80) puede comprender un cortante o puede comprender cualquier cantidad de más de dos cortantes. En la primera modalidad ilustrativa, el segundo cortante (96) se ubica de forma axial entre el primer cortante (94) y el extremo distal (110) del armazón (90). En otras modalidades, el segundo cortante (96) se puede ubicar de forma axial entre el primer cortante (94) y el extremo proximal (108) del armazón (90).

Haciendo referencia a las Figuras 2-3, Figura 4, Figuras 7-9 y Figuras 14-15, el primer cortante (94) se encuentra en el vástago (92) de manera que el primer cortante (94) se extienda radialmente hacia la superficie interior del armazón (112). El primer cortante (94) puede girar con respecto al armazón (90). En la primera modalidad ilustrativa, el primer cortante (94) se encuentra en el vástago (92), de manera

que el primer cortante (94) gire con el vástago (92) alrededor de del eje del vástago (122).

Más particularmente, en la primera modalidad ilustrativa, el primer cortante (94) define una ranura de chaveta (156) y una ranura de chaveta a prueba de fallos (158) que coinciden con las ranuras de chaveta (140, 144) correspondientes en el vástago (92). Como resultado de esto, el primer cortante (94) gira con el vástago (92) como resultado del contacto respectivo de la chaveta (142) y la chaveta a prueba de fallos (146) tanto con las ranuras de chaveta (140, 144) en el vástago (92) como las ranuras de chaveta (156, 158) en el primer cortante (94).

En la primera modalidad ilustrativa, el primer cortante (94) es un cortante helicoidal que comprende una pluralidad de dientes cortantes helicoidales (160). El primer cortante (94) tiene una dimensión axial significativa (162) que es la distancia entre los extremos del primer cortante (94) y una dimensión radial (164) que es el radio o diámetro del primer cortante (94). En la primera modalidad ilustrativa, la dimensión radial (164) del primer cortante (94) es sustancialmente constante, de manera que el primer cortante (94) tiene una forma generalmente de cilindro. El diente cortante helicoidal (160) forma una espiral una longitud axial (166) del diente cortante helicoidal (160) hacia el extremo distal (110) del armazón (90) y se separan de forma circunferencial alrededor del primer cortante (94). En la primera modalidad ilustrativa, el diente cortante helicoidal (160) forma una espiral sustancialmente en la dimensión axial total (162) del primer cortante (94). En la primera modalidad ilustrativa, el diente cortante helicoidal (160) se separan sustancialmente de forma uniforme alrededor del primer cortante (94).

El diente cortante helicoidal (160) del primer cortante (94) forma una espiral en una dirección helicoidal que es la dirección en la cual el diente cortante helicoidal (160) forma una espiral hacia el extremo distal (134) del vástago (92). La dirección helicoidal puede ser la misma dirección que la dirección de rotación del vástago o puede ser la dirección opuesta a la dirección de rotación del vástago. En la primera modalidad ilustrativa, la dirección helicoidal del diente cortante helicoidal (160) es opuesta a la dirección de rotación del vástago. Más particularmente, en la primera modalidad ilustrativa, la dirección de rotación del vástago es a la derecha cuando se mira hacia el extremo distal (134) del vástago (92) y la dirección helicoidal es a la izquierda cuando se mira hacia el extremo distal (134) del vástago (92).

30

Una separación radial del primer cortante (170) se proporciona entre el primer cortante (94) y la superficie

interior del armazón (112). En la primera modalidad ilustrativa, la separación radial del primer cortante (170) disminuye axialmente hacia el extremo distal (110) del armazón (90) sustancialmente la longitud axial total del diente cortante helicoidal (160) hasta una separación radial mínima del primer cortante (172).

5

En la primera modalidad ilustrativa, separación radial del primer cortante (170) disminuye dado que el diámetro del hueco del armazón (116) adyacente al diente de corte helicoidal (160) disminuye axialmente hacia el extremo distal (110) del armazón (90), mediante lo cual provoca que la separación radial del primer cortante (170) disminuya hasta la separación radial mínima del primer cortante (172). En otras modalidades, la separación radial del primer cortante (170) puede ser constante, puede disminuir porque el diámetro del hueco del armazón (116) disminuye y/o porque el diámetro del vástago (150) aumenta, o puede disminuir porque el diámetro del armazón (116) aumenta y/o porque el diámetro del vástago (150) disminuye.

10

15

En la primera modalidad ilustrativa, el primer cortante (94) se construye a partir de acero para herramientas de alta velocidad PM-M4 HRc60-62 y comprende 30 dientes cortantes helicoidales (160) y el diente cortante helicoidal (160) tiene una dirección de corte hacia la derecha, un ángulo de inclinación de 13 grados, un ángulo de espiral de 30 grados, un ángulo de separación de alrededor de 14 grados y una profundidad de ranura de alrededor de 6,35 milímetros (alrededor de 0,25 pulgadas).

20

A modo de ejemplo no taxativo, en la primera modalidad ilustrativa, al aparato cortante giratorio (80) puede configurarse de manera que la separación radial mínima del primer cortante (172) sea de alrededor de 4 milímetros (alrededor de 0,165 pulgadas), que se puede lograr con un hueco de armazón (116) de alrededor de 131 milímetros (alrededor de 5,17 pulgadas) y una dimensión radial (164) del primer cortante (94) de alrededor de 123 milímetros (alrededor de 4,843 pulgadas).

25

Haciendo referencia a las Figuras 2-3, Figura 4, Figuras 7-9 y Figuras 16-17, el segundo cortante (96) se encuentra en el vástago (92) de manera que el segundo cortante (96) se extienda radialmente hacia la superficie interior del armazón (112). El segundo cortante (96) puede girar con respecto al armazón (90).

30

En la primera modalidad ilustrativa, el segundo cortante (96) se encuentra en el vástago (92), de manera que el segundo cortante (96) gire con el vástago (92) alrededor de del eje del vástago (122).

Más particularmente, en la primera modalidad ilustrativa, el segundo cortante (96) define una ranura de chaveta (180) y una ranura de chaveta a prueba de fallos (182) que coinciden con las ranuras de chaveta (140, 144) correspondientes en el vástago (92). Como resultado de esto, el segundo cortante (96) gira con
5 el vástago (92) como resultado del contacto respectivo de la chaveta (142) y la chaveta a prueba de fallos (146) tanto con las ranuras de chaveta (140, 144) en el vástago (92) como las ranuras de chaveta (180, 182) en el segundo cortante (96).

En la primera modalidad ilustrativa, el segundo cortante (96) es un cortante transversal que comprende
10 una pluralidad de dientes cortantes transversales (184). El segundo cortante (96) tiene una dimensión axial mínima (186) que es el espesor del segundo cortante (96) y una dimensión radial (188) que es el radio o diámetro del segundo cortante (96). En la primera modalidad ilustrativa, el segundo cortante (96) tiene generalmente forma de disco. Los dientes cortantes transversales (184) se separan circunferencialmente alrededor de del segundo cortante (96) en un plano cortante (190). En la primera modalidad ilustrativa,
15 los dientes cortantes transversales (184) se separan sustancialmente de manera uniforme alrededor del segundo cortante (96) y el plano cortante (190) es sustancialmente perpendicular al eje del vástago (122).

Una separación radial del segundo cortante (192) se proporciona entre el segundo cortante (96) y la superficie interior del armazón (112). En la primera modalidad ilustrativa, la separación radial del segundo
20 cortante (192) es menor que la separación radial mínima del primer cortante (172). En otras modalidades, la separación radial del segundo cortante (192) puede ser mayor o igual que la separación radial mínima del primer cortante (172).

En la primera modalidad ilustrativa, el aparato cortante giratorio (80) comprende, además, una superficie
25 de cizallamiento (210) adyacente al segundo cortante (96). La superficie de cizallamiento (210) tiene un plano de superficie de cizallamiento (212) que sea sustancialmente paralelo al plano de corte (190) del segundo cortante (96). La superficie de cizallamiento (210) puede ayudar a proporcionar una acción de separación a los objetos sólidos a medida que pasan por el segundo cortante (96).

30 Una separación axial del segundo cortante (214) se proporciona entre el segundo cortante (96) y la superficie de cizallamiento (210). En la primera modalidad ilustrativa, la separación axial del segundo

cortante (214) se selecciona para que sea lo suficientemente grande para reducir la probabilidad de que las partículas de arena, roca y/u otros desechos se atasquen entre el segundo cortante (96) y la suficiente de cizallamiento (210) y para inhibir o prevenir la rotación del segundo cortante (96) con respecto al armazón (90).

5

En la primera modalidad ilustrativa, el armazón (90) comprende una pluralidad de proyecciones del armazón (216) que se separan circunferencialmente alrededor de la superficie interior del armazón (112) y las proyecciones del armazón (216) proporcionan la superficie de cizallamiento (210). En la primera modalidad ilustrativa, se proporcionan espacios (218) entre proyecciones del armazón (214) adyacentes para permitir que el fluido pase a través del espacio anular (120) sustancialmente sin obstáculos.

10

En la primera modalidad ilustrativa, el segundo cortante (96) se construye a partir de acero para herramientas de alta velocidad PM-M4 HRC60-62 y comprende 30 dientes cortantes helicoidales (160) y el diente cortante helicoidal (160) tiene una dirección de corte hacia la derecha, un ángulo de inclinación de 13 grados, un ángulo de separación de alrededor de 14 grados y una profundidad de ranura de alrededor de 6,35 milímetros (alrededor de 0,25 pulgadas).

15

A modo de ejemplo no taxativo, en la primera modalidad ilustrativa, al aparato cortante giratorio (80) puede configurarse de manera que la separación radial del segundo cortante (192) sea de alrededor de 2,3 milímetros (alrededor de 0,09 pulgadas), que se puede lograr con un hueco de armazón (116) de alrededor de 130 milímetros (alrededor de 5,13 pulgadas) y una dimensión radial (164) del segundo cortante (96) de alrededor de 125 milímetros (alrededor de 4,945 pulgadas).

20

En la primera modalidad ilustrativa, el armazón (90), el vástago (92), el primer cortante (94) y el segundo cortante (96) representan los componentes principales del aparato cortante giratorio (80). En la primera modalidad ilustrativa, el aparato cortante giratorio (80) comprende, además, uno o más separadores (230), una o más arandelas de Belleville (232) y una tuerca de bloqueo (234) que facilitan el montaje del aparato cortante giratorio (80).

25

Haciendo referencia a las Figuras 2-3, Figura 4, Figuras 7-9 y Figura 18, se muestra un separador (230) ilustrativo para su uso en el aparato cortante giratorio (80). En la primera modalidad ilustrativa, el

30

separador (230) define una ranura de chaveta (240) y una ranura de chaveta a prueba de fallos (242) que coinciden con las ranuras de chaveta (140, 144) correspondientes en el vástago (92). Como resultado de esto, el separador (230) gira con el vástago (92) como resultado del contacto respectivo de la chaveta (142) y la chaveta a prueba de fallos (146) tanto con las ranuras de chaveta (140, 144) en el vástago (92) como las ranuras de chaveta (240, 242) en el separador (230).

Haciendo referencia a las Figuras 4 y 9, en la primera modalidad ilustrativa, el aparato cortante giratorio (80) comprende cinco separadores (230) finos, que cada uno tiene un espesor de alrededor de 3,8 milímetros (alrededor de 0,15 pulgadas), un separador (230) mediano que tiene un espesor de alrededor de 6,4 milímetros (alrededor de 0,25 pulgadas) y un separador (230) grueso que tiene un espesor de alrededor de 12,7 milímetros (alrededor de 0,50 pulgadas). Los separadores (230) facilitan la ubicación axial deseada del primer cortante (94) y el segundo cortante (96) en el vástago (92) en relación con el armazón (90). En otras modalidades, el aparato cortante giratorio (80) puede no comprender separadores, una cantidad diferente de separadores (230) y/o espesores diferentes de separadores (230).

Haciendo referencia a las Figuras 2-3, Figura 4, Figuras 7-9 y Figuras 19-20, se muestra una arandela de Belleville (232) para su uso en el aparato cortante giratorio (80). En la primera modalidad ilustrativa, se utiliza una arandela de Belleville (232) en el aparato cortante giratorio (80) para proporcionar una fuerza axial para ayudar a mantener la ubicación del primer cortante (94) y el segundo cortante (96) en el vástago (92). En otras modalidades, el aparato cortante giratorio (80) puede no comprender arandelas de Belleville (232) o una cantidad diferente de arandelas de Belleville (232).

Haciendo referencia a las Figuras 2-3, Figura 4, Figuras 7-9 y Figuras 21-22, se muestra una tuerca de bloqueo (234) para su uso en el aparato cortante giratorio (80). En la primera modalidad ilustrativa, la tuerca de bloqueo (234) sostiene el primer cortante (94), el segundo cortante (96), los separadores (230) y las arandelas de Belleville (232) en su lugar en el vástago (92). La tuerca de bloqueo (234) se conecta con el vástago (92) mediante una conexión roscada (250) entre la tuerca de bloqueo (234) y el vástago (92). En otras modalidades, la tuerca de bloqueo (234) puede sustituirse con algún otro mecanismo o mecanismos de retención, que incluye como ejemplos no taxativos, uno o más anillos de retención (no se muestran) o tornillos de fijación (no se muestran).

La primera modalidad ilustrativa del aparato cortante giratorio (80) puede montarse de la siguiente manera:

1. se pueden montar la chaveta (142) y la chaveta a prueba de fallos (146) en la ranura de chaveta (140) y la ranura de chaveta a prueba de fallos (144), respectivamente, en el vástago (92) con los sujetadores (148);
2. se pueden instalar el separador (230) grueso y el separador (230) fino en el vástago (92) desde el extremo distal (134) del vástago (92) al alinear las ranuras de chaveta (240, 242) en los separadores (230) con las chavetas (142, 146) en el vástago (92);
3. se puede instalar el primer cortante (94) en el vástago (92) desde el extremo distal (134) del vástago (92) al alinear las ranuras de chaveta (156, 158) en el primer cortante (94) con las chavetas (142, 146) en el vástago (92), lo cual asegura que el diente cortante helicoidal (160) del primer cortante (94) se configuran para una dirección de corte a la derecha y una dirección helicoidal a la izquierda cuando se mira hacia el extremo distal (134) del vástago (92);
4. se pueden instalar dos separadores (230) finos en el vástago (92) desde el extremo distal (134) del vástago al alinear las ranuras de chaveta (240, 242) en los separadores (230) con las chavetas (142, 146) en el vástago (92);
5. se puede instalar el segundo cortante (96) en el vástago (92) desde el extremo distal (134) del vástago (92) al alinear las ranuras de chaveta (180, 182) en el segundo cortante (96) con las chavetas (142, 146) en el vástago (92), lo cual asegura que el diente cortante transversal (184) en el segundo cortante (96) se configuran para una dirección de corte a la derecha cuando se mira hacia el extremo distal (134) del vástago (92);
6. se pueden instalar el separador (230) mediano y dos separadores (230) finos en el vástago (92) desde el extremo distal (134) del vástago (92) al alinear las ranuras de chaveta (240, 242) en los separadores (230) con las chavetas (142, 146) en el vástago (92);
7. se puede instalar la arandela de Belleville (232) en el vástago (92) desde el extremo distal (134) del vástago (92) al deslizar la arandela de Belleville (232) en el vástago (92) hasta que entra en contacto con el separador (230) fino más cercano;
8. se puede instalar la tuerca de bloqueo (234) en el vástago (92) desde el extremo distal (134) del vástago (92) al enroscar la tuerca de bloqueo (234) en el vástago (92) desde el extremo distal (134) del vástago (92);

9. se puede conectar el vástago (92) con la sección de transmisión (24) de un motor de perforación (20) al conectar el conector de caja proximal (124) en el vástago (92) con el conector de perno (126) que se asocia con el vástago de transmisión (60);
10. se puede conectar el armazón (90) con la sección de transmisión (24) del motor de perforación (20) al conectar el conector de caja proximal (100) en el armazón (90) con el conector de perno (102) en el armazón de transmisión (34); y
11. se puede conectar la sección de cojinetes (26) del motor de perforación (20) con el aparato cortante giratorio (80) al conectar el conector de perno distal (128) en el vástago (92) con el conector de caja (130) asociado con el árbol de transmisión (54) y al conectar el conector de perno distal (104) en el armazón (90) con el conector de caja (106) en el armazón de cojinetes (36).

La primera modalidad ilustrativa del aparato cortante giratorio (80) puede utilizarse durante la perforación del hueco mediante un sistema de perforación (10) como un componente del sistema de perforación (10) y/o el motor de perforación (20). Durante la perforación, un fluido, tal como un fluido de perforación, puede hacerse circular a través del sistema de perforación (10) y el motor de perforación (20), lo cual provoca que el vástago de transmisión (60) y, por lo tanto, el vástago (92), el árbol de transmisión (54) y la barrena de perforación (28) giren hacia la derecha cuando se mira hacia el extremo distal (12) del sistema de perforación (10).

El fluido circulante pasará desde la sección de potencia (22) del motor de perforación (20) hacia la sección de transmisión (24) del motor de perforación (20), desde la sección de transmisión (24) del motor de perforación (20) hacia el aparato cortante giratorio (80), desde el aparato cortante giratorio (80) hacia la sección de cojinetes (26) del motor de perforación (20), y desde la sección de cojinetes (26) del motor de perforación (20) hacia la barrena de perforación (28).

A medida que el fluido circulante pasa a través de la sección de potencia (22) del motor de perforación (20), piezas de elastómero (53) pueden separarse de la sección de potencia (22). Si tales piezas de elastómero (53) son suficientemente grandes para bloquear los puertos de fluido en la barrena de perforación (28), la circulación del fluido puede bloquearse parcial o completamente, lo cual da como resultado un aumento de la presión dentro del sistema de perforación (10) y el bloqueo y/o daño potencial de los componentes del sistema de perforación (10).

Haciendo referencia a la Figura 4, a medida que el fluido circulante pasa a través del aparato cortante giratorio (80), el fluido circulante pasará a través del espacio anular (120) entre la superficie interior del armazón (112) y el vástago (92). En el extremo proximal (108) del armazón (90), el pasaje del fluido esencialmente no tendrá obstáculos. A medida que el fluido se mueve hacia el extremo distal (110) del armazón (90), el fluido encuentra el primer cortante (94) y el distal del hueco del armazón (116) disminuye de forma lineal para proporcionar la separación radial mínima del primer cortante (172) en el extremo distal de la longitud axial (166) del diente cortante helicoidal (160) en el primer cortante (94). Se puede reducir el tamaño de piezas de elastómero (53) y/u otros desechos contenidos en el fluido mediante el primer cortante (94) mediante la acción de separación resultante a partir de la rotación del primer cortante (94) y la configuración del primer cortante (94) y el armazón (90).

A medida que el fluido circulante se mueve hacia el extremo distal (110) del armazón (90), el fluido encuentra el segundo cortante (96) y las proyecciones del armazón (216) en el armazón (90) adyacentes al segundo cortante (96). Si bien la separación radial del segundo cortante (192) es menor que la separación radial mínima del primer cortante (172), el pasaje del fluido esencialmente no tendrá obstáculos dado que las ranuras entre los dientes cortantes transversales (184) adyacentes y debido a los espacios (218) entre proyecciones del armazón (216) adyacentes. Se puede reducir el tamaño de piezas de elastómero (53) y/u otros desechos contenidos en el fluido mediante el segundo cortante (96) mediante la acción de separación resultante a partir de la rotación del segundo cortante (96) y la configuración del segundo cortante (96) y el armazón (90).

Al proporcionar diferentes tipos y/o tamaños de cortantes para el primer cortante (94) y el segundo cortante (96) y al proporcionar que la separación radial del segundo cortante (192) sea menor que la separación radial mínima del primer cortante (172), posiblemente se puede reducir el tamaño de piezas del elastómero (53) y/u otros desechos que están contenidos en el fluido en mayor medida que si se incluyera un único cortante en el aparato cortante giratorio (80).

Además, la configuración del aparato cortante giratorio (80), que incluye el armazón (90), el vástago (92) y los cortantes (94, 96) puede dar como resultado un filtrado de objetos sólidos al prevenir que los objetos sólidos con un tamaño mayor que un tamaño deseado pasen a través del aparato cortante giratorio (80) sin

reducirlos hasta el tamaño deseado mediante el aparato cortante giratorio (80).

A modo de ejemplo no taxativo, un puerto típico en una barrena de perforación puede oscilar entre alrededor de 6,4 milímetros (alrededor de 0,25 pulgadas) hasta alrededor de 24 milímetros (alrededor de 0,94 pulgadas) de diámetro. Para pasar a través del puerto sin obstruir el puerto, un objeto sólido debe tener al menos una dimensión que sea menor que el diámetro del puerto. Un tamaño típico de un objeto sólido que consiste en una pieza de elastómero (53) que se separa de una sección de potencia (22) de un motor de perforación puede ser de alrededor de 51 milímetros (alrededor de 2 pulgadas) de longitud por alrededor de 12,7 milímetros (alrededor de 0,5 pulgadas) de espesor por alrededor de 12,7 milímetros (alrededor de 0,5 pulgadas) de ancho. Asumiendo un diámetro de puerto de alrededor de 14 milímetros (alrededor de 0,56 pulgadas), el primer cortante (94) puede configurarse para reducir el tamaño de objetos sólidos a no más que alrededor de 25 milímetros (alrededor de 1 pulgada) de largo por alrededor de 8 milímetros (alrededor de 0,31 pulgadas) de espesor por alrededor de 8 milímetros (alrededor de 0,31 pulgadas) de ancho y el segundo cortante (96) puede configurarse para reducir el tamaño de objetos sólidos a no más que alrededor de 8 milímetros (alrededor de 0,31 pulgadas) de largo por alrededor de 8 milímetros (alrededor de 0,31 pulgadas) de espesor por alrededor de 8 milímetros (alrededor de 0,31 pulgadas) de ancho.

Haciendo referencia a la Figura 23, se muestran componentes de una segunda modalidad ilustrativa de un aparato cortante giratorio (80). La descripción de la segunda modalidad ilustrativa se restringe a las características de la segunda modalidad ilustrativa que son diferentes de las características de la primera modalidad ilustrativa.

En la segunda modalidad ilustrativa, el aparato cortante giratorio (80) comprende un cortante individual (260). El cortante individual (260) es un cortante helicoidal que tiene una configuración similar al primer cortante (94) en la primera modalidad ilustrativa. En la segunda modalidad ilustrativa, el diente cortante helicoidal (160) del cortante individual (260) forma un espiral en una dirección helicoidal a la derecha hacia el extremo distal (134) del vástago (92) de manera que la dirección helicoidal del diente cortante helicoidal (160) del cortante individual (260) es igual que la dirección de rotación del vástago.

30

En la segunda modalidad ilustrativa, el diámetro del hueco del almacén (116) disminuye de manera lineal

a lo largo de solamente una parte de la longitud axial (166) del diente cortante helicoidal (160) del cortante individual (260) para proporcionar la separación radial mínima del cortante (172) y mantiene la separación radial mínima del cortante (172) para la parte restante de la longitud axial (166) del diente cortante helicoidal (160).

5

En la segunda modalidad ilustrativa, el aparato cortante giratorio (80) se ubica axialmente entre la sección de potencia (22) y la sección de transmisión (24) del motor de perforación (20). Más particularmente en la segunda modalidad ilustrativa, un conector de perno proximal (262) en el armazón (90) se configura para conectarse con un conector de caja (no se muestra en la Figura 23) en el armazón de potencia (32), un conector de caja distal (264) en el armazón (90) se configura para conectarse con un conector de perno (no se muestra en la Figura 23) en el armazón de transmisión (34), un conector de perno proximal (266) en el vástago (92) se configura para conectarse con un conector de caja (no se muestra en la Figura 23) asociado con el rotor (52) y un conector distal (no se muestra en la Figura 23) en el vástago (92) se configura para conectarse con un conector complementario (no se muestra en la Figura 23) asociado con el vástago de transmisión (60).

10

15

Como resultado de esto, en la segunda modalidad ilustrativa, el vástago (92) gira de forma excéntrica dentro del armazón (90) como resultado de la rotación excéntrica del rotor (52) dentro del estator (50) de la sección de potencia (22). La rotación excéntrica del vástago (92) dentro del armazón (90) puede ayudar a proporcionar una acción de separación a los objetos sólidos que están contenidos en el fluido que pasa a través del aparato cortante giratorio (80), al variar la separación radial mínima del cortante (172) a medida que el vástago (92) gira dentro del armazón (90).

20

25

Haciendo referencia a la Figura 24, se muestran componentes de una tercera modalidad ilustrativa de un aparato cortante giratorio (80). La descripción de la tercera modalidad ilustrativa se restringe a las características de la tercera modalidad ilustrativa que son diferentes de las características de la primera modalidad ilustrativa.

30

En la tercera modalidad ilustrativa, el aparato cortante giratorio (80) comprende un primer cortante (94) y un segundo cortante (96). El primer cortante (94) en la tercera modalidad ilustrativa es un cortante helicoidal que tiene una configuración similar al primer cortante (94) en la primera modalidad ilustrativa.

En la tercera modalidad ilustrativa, el diente cortante helicoidal (160) del primer cortante (94) forma un espiral en una dirección helicoidal a la derecha hacia el extremo distal (134) del vástago (92) de manera que la dirección helicoidal del diente cortante helicoidal (160) del primer cortante (94) es igual que la dirección de rotación del vástago. El segundo cortante (96) en la tercera modalidad ilustrativa es similar al segundo cortante (96) en la primera modalidad ilustrativa.

En la tercera modalidad ilustrativa, el diámetro del hueco del armazón (116) disminuye de manera lineal a lo largo de solamente una parte de la longitud axial (166) del diente cortante helicoidal (160) del primer cortante (94) para proporcionar la separación radial mínima del cortante (172) y mantiene la separación radial mínima del cortante (172) para la parte restante de la longitud axial (166) del diente cortante helicoidal (160).

En la tercera modalidad ilustrativa, el aparato cortante giratorio (80) se ubica axialmente entre la sección de potencia (22) y la sección de transmisión (24) del motor de perforación (20). Más particularmente en la tercera modalidad ilustrativa, un conector de perno proximal (270) en el armazón (90) se configura para conectarse con un conector de caja (no se muestra en la Figura 24) en el armazón de potencia (32), un conector de caja distal (272) en el armazón (90) se configura para conectarse con un conector de perno (no se muestra en la Figura 24) en el armazón de transmisión (34), un conector de perno proximal (274) en el vástago (92) se configura para conectarse con un conector de caja (no se muestra en la Figura 24) asociado con el rotor (52) y un conector distal (no se muestra en la Figura 24) en el vástago (92) se configura para conectarse con un conector complementario (no se muestra en la Figura 24) asociado con el vástago de transmisión (60).

Como resultado de esto, en la tercera modalidad ilustrativa, el vástago (92) gira de forma excéntrica dentro del armazón (90) como resultado de la rotación excéntrica del rotor (52) dentro del estator (50) de la sección de potencia (22). La rotación excéntrica del vástago (92) dentro del armazón (90) puede ayudar a proporcionar una acción de separación a los objetos sólidos que están contenidos en el fluido que pasa a través del aparato cortante giratorio (80), al variar la separación radial mínima del primer cortante (172) y la separación radial del segundo cortante (192) a medida que el vástago (92) gira dentro del armazón (90).

Un método para reducir el tamaño de objetos sólidos contenidos en un fluido puede comprender proporcionar un aparato cortante giratorio (80) que comprende un armazón (90), un vástago (92) y al menos un cortante, introducir el fluido que contiene objetos sólidos en el aparato cortante giratorio (80), y hacer girar el vástago y el al menos un cortante para reducir el tamaño de los objetos sólidos mientras el
5 fluido pasa a través del aparato cortante giratorio (80).

El método puede comprender más particularmente proporcionar un armazón (90) que tiene un extremo proximal (108), un extremo distal (110) y una superficie interior del armazón (112), donde la superficie interior del armazón (112) define un hueco de armazón (114) que se extiende a través del armazón (90)
10 desde el extremo proximal (108) hasta el extremo distal (110).

El método puede comprender, además, más particularmente proporcionar un vástago (92) que se extiende a través del hueco del armazón (114) de manera que se proporcione un espacio anular (120) en el hueco del armazón (114) entre la superficie interior del armazón (112) y el vástago (92), donde el vástago tiene
15 un eje del vástago (122) y donde el vástago (92) puede girar en relación con el armazón (90) alrededor del eje del vástago (122).

El método puede comprender, además, más particularmente proporcionar al menos un cortante en el vástago (92), donde el al menos un cortante puede girar en relación con el armazón alrededor del eje del vástago (122) y donde el al menos un cortante se extiende radialmente hacia la superficie interior del
20 armazón (112).

El método puede comprender, además, más particularmente introducir el fluido que contenía objetos sólidos en el espacio anular (120) en el extremo proximal (108) del armazón (90) y hacer girar el vástago (92) y el al menos un cortante para reducir el tamaño de los objetos sólidos mientras pasa el fluido a través del espacio anular (120) hacia el extremo distal (110) del armazón (90).
25

DESCRIPCIONES ADICIONALES

30 Las siguientes son modalidades específicas y no taxativas del aparato cortante giratorio descrito en la presente:

Modalidad A. Un aparato cortante giratorio que comprende:

un armazón que tiene un extremo proximal, un extremo distal y una superficie interior del armazón, donde la superficie interior del armazón define un hueco de armazón que se extiende a través del armazón desde el extremo proximal hasta el extremo distal;

un vástago que se extiende a través del hueco del armazón, de manera que se proporcione un espacio anular en el hueco del armazón entre la superficie interior del armazón y el vástago, donde el vástago puede girar en relación con el armazón alrededor de un eje del vástago; y

un cortante en el vástago y que se extiende radialmente hacia la superficie interior del armazón, donde el cortante puede girar en relación con el armazón alrededor del eje del vástago.

Modalidad B. El aparato cortante giratorio de la modalidad A, donde el cortante es un cortante helicoidal que comprende una pluralidad de dientes cortantes helicoidales que se separan circunferencialmente alrededor del cortante helicoidal y forma una espiral hacia el extremo distal del armazón una longitud axial del diente cortante helicoidal.

Modalidad C. El aparato cortante giratorio de la modalidad B, donde se proporciona una separación radial del cortante entre el cortante helicoidal y la superficie interior del armazón, y donde la separación radial del cortante disminuye axialmente hacia el extremo distal del armazón a lo largo de al menos una parte de la longitud axial del diente cortante helicoidal hasta una separación radial mínima del cortante.

Modalidad D. El aparato cortante giratorio de la modalidad C, donde el hueco del armazón tiene un diámetro de hueco del armazón y donde el diámetro de hueco del armazón adyacente a al menos una parte de la longitud axial del diente cortante helicoidal disminuye axialmente hacia el extremo distal del armazón, mediante lo cual se provoca que la separación radial del cortante disminuya hasta la separación radial mínima del cortante.

Modalidad E. El aparato cortante giratorio de cualquiera de las modalidades B a D, donde el vástago puede girar en relación con el armazón en una dirección de rotación del vástago, y donde el diente cortante helicoidal forma una espiral hacia el extremo distal del armazón en una dirección helicoidal que es opuesta a la dirección de rotación del vástago.

Modalidad F. El aparato cortante giratorio de la modalidad A, donde el cortante es un cortante transversal que comprende una pluralidad de dientes cortantes transversales separados circunferencialmente alrededor del cortante en un plano de corte que es perpendicular al eje del vástago.

5

Modalidad G. El aparato de cortante giratorio de la modalidad F, que comprende, además, una superficie de cizallamiento adyacente al cortante transversal, donde la superficie de cizallamiento tiene una superficie de cizallamiento que es paralela al plano de corte.

10 Modalidad H. El aparato cortante giratorio de la modalidad G, donde el armazón comprende una pluralidad de proyecciones del armazón separadas circunferencialmente alrededor de la superficie interior del armazón con espacios entre proyecciones del armazón adyacentes, y donde las proyecciones del armazón proporcionan la superficie de cizallamiento.

15 Modalidad I. El aparato cortante giratorio de la modalidad A, donde el cortante es un primer cortante, donde el primer cortante es un cortante helicoidal que comprende una pluralidad de dientes cortantes helicoidales que se separan circunferencialmente alrededor del primer cortante y forman una espiral hacia el extremo distal del armazón una longitud axial del diente cortante helicoidal, donde el aparato cortante giratorio comprende, además, un segundo cortante, y donde el segundo cortante es un cortante transversal
20 que comprende una pluralidad de dientes cortantes transversales separados circunferencialmente alrededor del segundo cortante en un plano cortante que es perpendicular al eje del vástago.

Modalidad J. El aparato cortante giratorio de la modalidad I, donde el segundo cortante se ubica axialmente entre el primer cortante y el extremo distal del armazón.

25

Modalidad K. El aparato cortante giratorio de cualquiera de las modalidades I o J, donde se proporciona una separación radial del primer cortante entre el primer cortante y la superficie interior del armazón, y donde la separación radial del cortante disminuye axialmente hacia el extremo distal del armazón a lo largo de al menos una parte de la longitud axial del diente cortante helicoidal del primer cortante hasta
30 una separación radial mínima del primer cortante.

Modalidad L. El aparato cortante giratorio de cualquiera de las modalidades I a K, donde el hueco del armazón tiene un diámetro de hueco del armazón y donde el diámetro de hueco del armazón adyacente a al menos una parte de la longitud axial del diente cortante helicoidal del primer cortante disminuye axialmente hacia el extremo distal del armazón, mediante lo cual se provoca que la separación radial del primer cortante disminuya hasta la separación radial mínima del primer cortante.

Modalidad M. El aparato cortante giratorio de cualquiera de las modalidades I a L, donde el vástago puede girar en relación con el armazón en una dirección de rotación del vástago, y donde el diente cortante helicoidal del primer cortante forma una espiral hacia el extremo distal del armazón en una dirección helicoidal que es opuesta a la dirección de rotación del vástago.

Modalidad N. El aparato de cortante giratorio de cualquiera de las modalidades I a M, que comprende, además, una superficie de cizallamiento adyacente al segundo cortante, donde la superficie de cizallamiento tiene una superficie de cizallamiento que es paralela al plano de corte del segundo cortante.

Modalidad O. El aparato cortante giratorio de la modalidad N, donde el armazón comprende una pluralidad de proyecciones del armazón separadas circunferencialmente alrededor de la superficie interior del armazón con espacios entre proyecciones del armazón adyacentes, y donde las proyecciones del armazón proporcionan la superficie de cizallamiento.

Modalidad P. Un sistema de perforación que comprende un aparato cortante giratorio de cualquiera de las modalidades A a O y un motor de perforación del interior del pozo para perforar un hueco, donde el motor de perforación del interior del pozo comprende una sección de potencia.

Modalidad Q. El sistema de perforación de la modalidad P, donde el sistema de perforación comprende una barrena de perforación y donde el aparato cortante giratorio se ubica axialmente entre la sección de potencia y el motor de perforación del interior del pozo y la barrena de perforación.

Modalidad R. Un método para reducir el tamaño de objetos sólidos contenidos en un fluido, que comprende:
proporcionar un aparato cortante giratorio de cualquiera de las modalidades A a O;

introducir el fluido que contiene los objetos sólidos en el espacio anular en el extremo proximal del armazón; y

hacer girar el vástago y el al menos un cortante para reducir el tamaño de los objetos sólidos mientras pasa el fluido a través del espacio anular hacia el extremo distal del armazón.

5

Modalidad S. Un método para reducir el tamaño de objetos sólidos contenidos en un fluido, que comprende:

proporcionar el sistema de perforación de cualquiera de las modalidades P o Q:

introducir el fluido que contiene los objetos sólidos en el espacio anular en el extremo proximal del armazón; y

10

hacer girar el vástago y el al menos un cortante para reducir el tamaño de los objetos sólidos mientras pasa el fluido a través del espacio anular hacia el extremo distal del armazón.

15

En el presente documento, la frase "que comprende" se utiliza en este sentido no taxativo para significar que los artículos que le siguen a la palabra están incluidos, pero los artículos que no se mencionan específicamente no están excluidos. Una referencia a un elemento mediante el artículo indefinido "un/a" no excluye la posibilidad de que más de uno de los elementos esté presente, a menos que el contexto requiera claramente que haya uno y solo uno de los elementos.