

## **APARATO Y MÉTODO DE CRIBA EXPANSIBLE**

---

### **CAMPO**

La presente divulgación se refiere a un aparato de criba situado en el fondo del pozo, en particular un aparato de criba expansible para su uso en un pozo.

### **ANTECEDENTES**

Muchas operaciones de la industria del petróleo y gas requieren el uso de cribas para facilitar ciertas operaciones, por ejemplo, para proporcionar un mecanismo de filtrado durante la producción de fluidos a partir de un depósito subterráneo. Por ejemplo, en ciertas geologías suele ser deseable implementar cribas de arena en un pozo para evitar o minimizar la producción de arena (u otras partículas no deseadas) con los fluidos producidos.

Un tipo de criba que puede utilizarse para tales operaciones es una criba expansible, en donde al menos parte del mecanismo de filtración de la criba es un material expansible. Dichas cribas pueden introducirse en el fondo del pozo con el material expansible en una configuración comprimida, y luego expandirse hasta entrar en contacto con la pared del pozo cuando alcanzan su ubicación deseada. Esto permite un mecanismo de criba que puede ser más fácil de introducir en el fondo del pozo (debido a que la criba tiene forma comprimida) y que puede ajustarse a la geometría de la superficie del pozo cuando se encuentra en su estado expandido.

### **COMPENDIO**

Un primer aspecto de la presente divulgación se refiere a un aparato expansible situado en el fondo del pozo para restringir la entrada de sólidos en un pozo, que comprende:

un tubo de base;

un material de espuma expansible permeable al fluido montado en el tubo de base configurable entre una configuración no expandida y una configuración expandida; y

un manguito degradable y configurable entre una primera configuración en la que el manguito degradable retiene el material de espuma expansible en la configuración no

expandida, y una segunda configuración en la que el manguito degradable se ha degradado al menos parcialmente para permitir que el material de espuma expansible se expanda radialmente hacia la configuración expandida y entre en contacto con una superficie del pozo.

5 El aparato expansible puede instalarse en el pozo e iniciarse la degradación del manguito degradable durante su uso. Después de que el manguito degradable se haya degradado al menos parcialmente y se haya permitido que el material de espuma se expanda hacia su configuración expandida, el material de espuma puede funcionar para proporcionar un efecto de filtración dentro del pozo. Es decir, el material de espuma puede  
10 permitir el paso de fluidos (por ejemplo, aceite, agua, gas, etc.) a través del mismo, al tiempo que impide o restringe el paso de sólidos, tales como material en partículas, por ejemplo, arena. El aparato expansible puede tener varios usos posibles. Por ejemplo, el aparato expansible puede utilizarse para evitar la incursión de arena a través de una abertura en un tubo, elemento tubular, tubería de revestimiento, criba o similar durante las operaciones de  
15 producción o de inyección. En otro ejemplo, el aparato expansible puede evitar la liberación de residuos (por ejemplo, arena, roca, esquisto o similares) desde un yacimiento y hacia un pozo.

El uso de un manguito degradable de este tipo sirve para mantener el material de espuma expansible en un estado no expandido, al tiempo que proporciona un mecanismo  
20 eficaz mediante el cual se puede eliminar el efecto de retención del manguito. Esto puede ofrecer ventajas frente a mecanismos tales como traslación mecánica del manguito axialmente desde el material de espuma expansible, que de otro modo podría requerir herramientas adicionales, procedimientos operativos, intervención en el pozo, etc. Además, ya que el manguito es degradable, no es necesario que el manguito sea extraído del aparato  
25 cuando se requiere expansión del material de espuma expansible. Por lo tanto, no es necesario superar las fuerzas de fricción entre el manguito y el material de espuma expansible para retirar el manguito.

El manguito degradable puede degradarse, al menos parcialmente, para permitir la expansión del material de espuma expansible, por cualquier medio adecuado. Por ejemplo,  
30 la degradación al menos parcial del manguito puede producirse por al menos una de corrosión, disolución, fusión, hidrólisis y biodegradación.

En ejemplos en donde el manguito puede degradarse al menos parcialmente por corrosión, dicha corrosión puede ser al menos una de corrosión química o corrosión

atmosférica. La corrosión química puede iniciarse cuando al menos uno de un gas o líquido, no nativo del entorno del pozo, se proporciona en el fondo del pozo. La corrosión ambiental puede iniciarse por un gas o líquido nativo del entorno del pozo. La degradación, al menos parcial, del manguito degradable por corrosión puede producirse mediante una combinación

5 de corrosión química y ambiental. La corrosión del manguito degradable sólo puede iniciarse, o puede acelerarse, cuando al menos uno del entorno local del pozo y la sustancia utilizada para iniciar la corrosión se encuentra a una temperatura predefinida.

El manguito degradable puede degradarse, al menos parcialmente, por fusión. Por ejemplo, al menos una parte del manguito puede transformarse de sólido a líquido,

10 eliminando así dicha parte del manguito del aparato. La fusión del manguito puede iniciarse con una temperatura predefinida del pozo. La fusión del manguito puede iniciarse al aumentar la temperatura atmosférica del pozo, por ejemplo, mediante un calentador situado en el fondo del pozo. La fusión del manguito puede iniciarse al proporcionar un fluido calentado en el fondo del pozo, en donde el fluido se calienta a una temperatura suficiente

15 para fundir al menos una parte del manguito degradable.

El manguito degradable puede degradarse, al menos parcialmente, mediante descomposición por bacterias u otros organismos vivos, lo que hace que el manguito degradable sea biodegradable. El manguito degradable puede ser degradado, al menos parcialmente, por bacterias u otros organismos vivos nativos del entorno del pozo. El

20 manguito degradable puede ser degradado, al menos parcialmente, por bacterias u otros organismos vivos situados en el fondo del pozo y que no sean nativos del entorno del pozo.

El manguito degradable puede degradarse al menos parcialmente mediante hidrólisis, en donde el manguito se degrada tras la interacción con agua. El agua utilizada para hidrolizar el manguito degradable puede proporcionarse del entorno del pozo. El agua

25 utilizada para hidrolizar el manguito degradable puede ser transportada o bombeada al fondo del pozo desde la superficie.

El manguito degradable puede degradarse, al menos parcialmente, por disolución. Por lo tanto, el manguito degradable puede describirse como soluble.

El manguito degradable puede ser disuelto, al menos parcialmente, por un fluido del

30 pozo. El manguito degradable puede ser disuelto, al menos parcialmente, por un fluido proporcionado desde una fuente externa al pozo, por ejemplo, un fluido transportado o bombeado al fondo del pozo desde la superficie. El manguito degradable puede ser disuelto

por un fluido transportado con el aparato en el fondo del pozo. Por ejemplo, el aparato puede comprender un volumen de fluido, configurado para liberar el disolvente cuando el aparato ha alcanzado su ubicación deseada y el material de espuma expansible se va a expandir hasta acoplarse con la superficie del pozo. El manguito degradable puede disolverse mediante una mezcla de cualquiera de los fluidos antes mencionados.

El manguito degradable puede estar configurado para expandirse temporalmente al entrar en contacto con fluido (por ejemplo, antes de que el manguito degradable se disuelva). El fluido que puede causar la expansión del manguito degradable puede ser el mismo fluido que causa la disolución del manguito degradable. El fluido que puede causar la expansión del manguito degradable puede ser diferente del fluido que causa la disolución del manguito degradable.

El manguito degradable puede ser disuelto por un fluido a una temperatura predeterminada. Por ejemplo, un fluido puede necesitar estar en, o calentarse a, una temperatura predeterminada para iniciar la disolución del manguito degradable.

El manguito degradable puede ser disuelto por un fluido con una acidez o alcalinidad predeterminada. Por ejemplo, la disolución del manguito puede iniciarse mediante un fluido con un pH predeterminado.

Los productos del manguito degradable tras la degradación del manguito pueden ser biodegradables.

Es posible que el manguito degradable sólo necesite degradarse parcialmente para permitir la expansión del material de espuma expansible. Por lo tanto, pueden quedar trazas del manguito degradable cuando el material de espuma expansible se haya expandido en acoplamiento con la superficie interior del pozo.

El manguito degradable puede estar configurado de forma que sólo se degraden, al menos parcialmente, secciones definidas del manguito. Por lo tanto, cuando el manguito degradable se somete a degradación, algunas secciones del manguito pueden permanecer intactas, manteniendo el material de espuma expansible dispuesto bajo las secciones restantes del manguito degradable en su configuración no expandida.

El manguito degradable puede aplicarse con un fluido para controlar la tasa de degradación del manguito degradable. Por ejemplo, el manguito degradable puede aplicarse con un fluido antes, durante o después del transporte al fondo del pozo que controla la tasa

de degradación del manguito, cuando el manguito va a degradarse por cualquiera de los mecanismos mencionados. Por ejemplo, el manguito degradable puede aplicarse con un fluido para retrasar o acelerar la degradación del manguito mediante cualquiera de los mecanismos mencionados.

5           Dicho fluido de control puede proporcionarse dentro de un volumen de fluido proporcionado con el aparato. Por ejemplo, el volumen de fluido puede configurarse para liberar un fluido contenido en su interior antes, durante o después del transporte del aparato al fondo del pozo para controlar la tasa de degradación del manguito; ayudando a retrasar o acelerar la tasa de degradación del manguito degradable mediante cualquiera de los  
10           mecanismos mencionados.

          El manguito degradable puede estar formado o comprender un material textil. El manguito degradable puede estar formado o comprender un material de película. El material puede ser un material tejido. El material puede ser un material no tejido. La elección de si se puede utilizar un material tejido o no tejido para el manguito degradable puede venir  
15           determinada por las propiedades mecánicas requeridas por el manguito degradable. Por ejemplo, la estructura aleatoria de los materiales entrelazados asociados a las fibras no tejidas puede proporcionar un manguito con la resistencia a la tracción y al desgarre suficiente para mantener el manguito de espuma expansible en su estado no expandido. Además, dado el proceso más simplista requerido para crear materiales no tejidos,  
20           proporcionar un manguito de material no tejido puede proporcionar beneficios significativos de costes sobre un manguito formado sobre un material tejido. Alternativamente, un material tejido puede proporcionar mayores resistencias a la tracción y al desgarre que un material no tejido. Por lo tanto, en aplicaciones donde se requiere una gran cantidad de fuerza para mantener el material de espuma expansible en su estado no expandido, y/o el material de  
25           espuma expansible debe mantenerse en su estado no expandido durante un periodo de tiempo prolongado, puede ser necesario un manguito formado por un material tejido.

          El manguito degradable puede estar formado o comprender un material metálico. El uso de un material metálico para el manguito degradable puede proporcionar un manguito con alta resistencia a la tracción, y/o alta resistencia al calor. Estas altas resistencias a la  
30           tracción pueden ser ventajosas cuando se requiere una gran cantidad de fuerza para mantener el material de espuma expansible en su estado no expandido y/o el material de espuma expansible debe mantenerse en su estado no expandido durante un período de tiempo prolongado. Además, un material con alta resistencia al calor puede ser ventajoso en

entornos de alta temperatura en donde debe evitarse la degradación prematura del manguito (por fusión, por ejemplo).

El manguito degradable puede incluir un revestimiento. Dicho revestimiento puede estar dispuesto en al menos una de las superficies interior y exterior del manguito degradable. Dicho revestimiento puede comprender un fluido lubricante o grasa. El fluido lubricante o grasa puede ayudar a controlar la degradación del manguito degradable. Por ejemplo, el fluido lubricante o grasa puede retrasar o acelerar la degradación del manguito degradable, cuando el manguito degradable se degrada a través de cualquiera de los mecanismos mencionados. El fluido lubricante o grasa puede ayudar al transporte del aparato al fondo del pozo, y/o aumentar la resistencia a la abrasión del manguito degradable.

El aparato puede definirse como un aparato de filtración situado en el fondo del pozo. El filtro del aparato de filtración puede estar formado, al menos parcialmente, por el material de espuma expansible permeable al fluido. El material de espuma expansible puede proporcionar capacidades de filtración tanto en su configuración no expandida como expandida. Alternativamente, el material de espuma expansible sólo puede proporcionar capacidades de filtración en su configuración expandida.

El filtro del aparato de filtración puede estar formado parcialmente por el manguito degradable. Por ejemplo, el manguito degradable puede ser permeable al fluido antes de ser expuesto a las condiciones en las que se somete al menos a una degradación parcial. Un manguito de material no tejido puede proporcionar una mayor capacidad de filtrado en comparación con una alternativa tejida. Por lo tanto, si también se requiere que el manguito degradable proporcione funcionalidad de filtrado, puede preferirse un manguito degradable formado por un material no tejido. Alternativamente, si se desea evitar sustancialmente que los fluidos del pozo alcancen el material de espuma expansible hasta que se inicie la degradación del manguito degradable, puede preferirse un manguito degradable formado por un material tejido. Además, dada la mayor resistencia/durabilidad mecánica de los materiales tejidos frente a los materiales no tejidos, un manguito degradable formado de material tejido puede ser preferible cuando el aparato se implementa en un pozo que puede tener características superficiales que supongan un riesgo de desgarre del manguito.

El manguito degradable puede proporcionar un mecanismo de filtración para filtrar fluidos antes de que dichos fluidos lleguen al material de espuma expansible del aparato. Alternativamente, el manguito degradable puede ser no permeable al fluido.

La tasa de degradación del manguito degradable puede determinarse por el grado (es decir, gramos por metro cuadrado (GSM)) del material que forma el manguito degradable. Por ejemplo, aumentar el GSM de un material también puede aumentar el tiempo que tarda el manguito degradable en degradarse hasta un punto en el que el material de espuma expansible puede empezar a expandirse. Por lo tanto, variar el grado de material del manguito degradable puede ayudar a personalizar el tiempo que tarda el aparato en asentarse en el pozo (con la espuma expansible en acoplamiento con la superficie interior del pozo) tras la exposición a las condiciones que inician la degradación del manguito degradable.

10           Variar el grado del material del manguito también puede variar la resistencia al desgaste del manguito degradable. Por ejemplo, aumentar el GSM del material del manguito puede ayudar a mejorar la resistencia al desgaste del manguito degradable, y ayudar a proteger el aparato durante la implementación.

15           El manguito degradable puede estar formado o comprender un material biodegradable. El manguito puede estar formado por uno o más ácido poliláctico (PLA), ácido poliglicólico (PGA), ácido poli(láctico-glicólico) (PLGA), alcohol polivinílico (PVA), polihidroxialcanoato (PHA), tereftalato de adipato de polibutileno (PBAT) y succinato de polibutileno (PBS), y sus derivados. El material, o combinación de materiales, utilizado para formar el manguito degradable puede seleccionarse en función de la tasa a la que se requiere que el manguito degradable experimente al menos una degradación parcial.

25           En un ejemplo, puede utilizarse un manguito formado o compuesto de PLA. El uso de PLA es ventajoso dada su capacidad para degradarse en ciertas condiciones, principalmente por calor, exposición a un medio acuoso (por ejemplo, agua, una solución con agua o similar) y agitación, con o sin la presencia de organismos biológicos. A lo largo del proceso de degradación, la columna vertebral polimérica de un manguito degradable formado de PLA puede escindirse en dos clases de entidades más pequeñas, solubles en agua, que terminan con grupos terminales carboxilo e hidroxilo respectivamente.

30           Además, las fibras de PLA pueden degradarse rápidamente en las condiciones adecuadas, y al hacerlo forman ácido láctico u oligómeros de ácido láctico que pueden ser consumidos por organismos biológicos y que son solubles en entornos acuosos. Por lo tanto, cuando el manguito degradable se degrada, no quedan materiales tóxicos o no orgánicos en el pozo.

La tasa de degradación de un manguito degradable formado de PLA puede depender de las condiciones locales (es decir, las condiciones del pozo), incluida la temperatura del pozo, el pH de los fluidos presentes dentro del pozo o similares.

La cristalinidad de un manguito degradable formado de PLA puede determinar, al menos en parte, la tasa de degradación del manguito degradable. Por ejemplo, el poli-L-láctico es una forma de PLA que puede degradarse lentamente en una solución acuosa. Como tal, puede utilizarse un manguito degradable formado principalmente de esta forma de PLA si es aplicable una tasa de degradación lenta. Por el contrario, el poli-(D,L-láctico) es una forma de PLA que puede degradarse más rápidamente en solución acuosa. Por ejemplo, un manguito de PLA formado por un 13% de isómero D y un 87% de isómero L puede degradarse durante varias horas en agua hirviendo para formar un líquido viscoso. Sin embargo, un manguito de PLA formado por un 6% del isómero D y un 94% del isómero L podría no degradarse en estas mismas condiciones.

El material de PLA para su uso como manguito degradable puede tener unidades repetitivas de la estructura  $\text{—OC(O)CH(CH}_3\text{)—}$  ("unidades lácticas"). Como tales, las fibras de PLA del manguito degradable pueden contener cada una al menos 90%, por ejemplo al menos 95% o al menos 98%, en peso de estas unidades repetitivas.

Las fibras de material de PLA utilizadas para formar el manguito degradable pueden contener cantidades menores, como hasta 10%, hasta 5% y hasta 2%, en peso, de residuos de un compuesto iniciador y/o unidades repetitivas derivadas de otros monómeros copolimerizables con lactida. Dichos iniciadores adecuados pueden incluir, por ejemplo, agua, alcoholes, éteres de glicol y compuestos polihidroxilados de diversos tipos (como etilenglicol, propilenglicol, polietilenglicol, polipropilenglicol, glicerina, trimetilolpropano, pentaeritritol, polímeros de butadieno terminados en hidroxilo y similares). Ejemplos de monómeros copolimerizables pueden incluir ácido glicólico, ácido hidroxibutírico, otros hidroxiácidos y sus respectivos dímeros dianhídridos; óxidos de alquileo (incluyendo óxido de etileno, óxido de propileno, óxido de butileno, óxido de tetrametileno y similares); lactonas cíclicas; o carbonatos cíclicos.

Las fibras del manguito degradable formado de PLA pueden recubrirse con un agente de revestimiento, tal como un epóxido, una carbodiimida o un compuesto de oxazolina, para reducir y/o aumentar la cantidad de grupos carboxilo terminales. Del mismo modo, las fibras de PLA pueden hacerse reaccionar con un compuesto tal como un anhídrido carboxílico, para aumentar la cantidad de grupos terminales carboxílicos. El

aumento de la cantidad de grupos carboxilo terminales puede aumentar las tasas de degradación; por lo tanto, la cantidad de estos agentes de revestimiento puede utilizarse en algunos casos para adaptar la tasa de degradación a un valor deseado.

5 El monómero de ácido láctico existe en dos formas enantioméricas, las llamadas formas "S" (o "L") y "R" (o "D"). "Lactida" es un diéster cíclico formado por dos moléculas de ácido láctico (con pérdida de dos moléculas de agua). La quiralidad del ácido láctico se conserva cuando el ácido láctico se transforma en lactida. Por lo tanto, la lactida existe en varias formas: 3S,6S-3,6-dimetil-1,4-dioxano-2,5-diona (S,S-lactida), 3R,6R-3,6-dimetil-1,4-dioxano-2,5-diona (R,R-lactida), o 3R,6S-3,6-dimetil-1,4-dioxano-2,5-diona (R,S-lactida o meso-lactida). Cuando la lactida puede polimerizarse para formar PLA, la quiralidad puede conservarse de nuevo, y el PLA así producido puede contener unidades lácticas S y R en proporciones cercanas a la proporción de unidades S y R en la lactida.

15 Por lo tanto, las fibras de un manguito degradable formado de PLA pueden contener una mezcla de una primera unidad de polilactida y una segunda unidad de polilactida. La primera polilactida puede contener unidades lácticas S y R en una proporción de 8:92 a 92:8. Es decir, al menos 8% de las unidades lácticas de la primera polilactida pueden ser unidades S, y al menos 8% de las unidades lácticas de la primera polilactida pueden ser unidades R. Puede ser que la proporción de unidades S y R en la primera polilactida sea de 10:90 a 90:10. Una primera polilactida puede contener unidades lácticas S y R en una proporción de 10 a 50% de unidades S o R y de 10 a 50% de las otras unidades. La primera polilactida puede describirse como un grado altamente amorfo que es cristizable con dificultad, y sólo cristizable en pequeña medida.

25 Al menos 97% de las unidades lácticas de la segunda polilactida pueden ser unidades lácticas S o unidades R, es decir, la proporción de unidades S y R es  $\geq 97:3$  o  $\leq 3:97$ . Esta relación puede ser  $\geq 98:2$  o  $\leq 2:98$ ,  $\geq 98,5:1,5$  o  $\leq 1,5:98,5$ , y puede ser tan alta como 100:0 o tan baja como 0:100. La segunda polilactida es un grado semicristalino que por sí mismo puede cristalizar más fácilmente que la primera polilactida.

30 Los pesos moleculares medios de cada una de la primera y segunda polilactidas del material de PLA del manguito degradable pueden estar dentro del intervalo de unos 20000 a 800000 g/mol, medidos típicamente por cromatografía de permeación en gel frente a un estándar de poliestireno.

Al menos una de las primeras polilactidas, y tanto la primera como la segunda

polilactida, pueden contener al menos algunos grupos terminales de ácido carboxílico. Puede ser que la mezcla de polilactidas contenga aproximadamente de 15 a 50, y de 20 a 30 miliequivalentes de grupos terminales carboxilo por kilogramo de fibras de polilactida.

5 La proporción de la primera y segunda polilactida en el PLA que puede formar el manguito degradable de la invención puede ser de 20 a 90% de la primera polilactida, y correspondientemente de 80 a 10% de la segunda polilactida, basándose en el peso total de PLA. En algunas modalidades, esta proporción puede ser de 30 a 90% de la primera polilactida y, correspondientemente, de 10 a 70% de la segunda polilactida.

10 La mezcla de fibras de polilactida del material de PLA en su conjunto puede contener una proporción de unidades lácticas R a unidades lácticas D en el intervalo de 7:93 a 25:75 o de 75:25 a 93:7. Una relación ejemplar puede ser de 8:92 a 20:80 o de 80:20 a 92:8. Un intervalo ejemplar puede ser de 8:92 a 15:85 o de 85:15 a 92:8.

15 El manguito degradable puede estar formado por una pluralidad de capas degradables. Cada una de la pluralidad de capas puede estar configurada de forma idéntica a la otra. Alternativamente, las diferentes capas pueden tener diferentes grados, comprender diferentes materiales, tener diferentes características de filtración, y/o ser tejidas o no tejidas, por ejemplo. Proporcionar múltiples capas puede ser ventajoso por varias razones. Por ejemplo, capas de sacrificio pueden incluirse como las capas más externas del manguito degradable, para proporcionar protección al manguito cuando el aparato está siendo  
20 transportado, o implementado en el fondo del pozo. Además, el uso de capas con características variables puede permitir personalizar la tasa de degradación del manguito, o controlar mejor las condiciones en las que el manguito se degrada hasta un punto en el que el manguito expansible puede expandirse hasta su configuración expandida.

25 La expansión del material de espuma puede ser, al menos en parte, en virtud de un efecto de recuperación elástica del material de espuma, como resultado del hinchamiento del material de espuma, como resultado de la descompresión del material de espuma, o similares, o una combinación de cualquiera de estos efectos. El material de espuma puede expandirse en una región anular entre el tubo de base y la pared del pozo y puede, por ejemplo, rellenar al menos una parte de la zona anular de forma que el material de espuma  
30 expandida se presione contra una superficie del pozo, por ejemplo, la pared rocosa del propio pozo cuando el aparato expansible se instala en una sección abierta del pozo, o la superficie de una tubería de revestimiento, tubería, tubo, criba de arena o similar cuando el aparato se instala en una sección revestida/entubada del pozo. Como el material de espuma

es permeable al fluido, se permite el flujo de fluidos a través de la espuma y hacia (y desde) el tubo de base, mientras que se restringe la progresión de los sólidos hacia el tubo de base. Cuando la espuma expansible está en contacto con la superficie de una tubería de revestimiento, tubería, tubo o similar, las aberturas, grietas u otros defectos de la misma que  
5 estén obturados por el material de espuma seguirán permitiendo el flujo de fluidos a través de ellos, al tiempo que se impide el flujo de materia sólida. De este modo, la espuma excluye eficazmente cualquier partícula del flujo de fluido que la atraviesa.

El aparato expansible puede permitir la producción y/o inyección de un fluido en un pozo. El aparato expansible puede facilitar la producción de hidrocarburos del pozo. Por  
10 ejemplo, el tubo de base del aparato expansible puede transportar directamente hidrocarburos desde el pozo. Además, o alternativamente, el tubo de base puede transportar fluidos del pozo que no sean hidrocarburos (por ejemplo, agua) para permitir adicionalmente la producción de hidrocarburos del pozo, aunque éstos no puedan producirse directamente en el tubo de base.

El aparato expansible puede utilizarse para eliminar partículas de un pozo. El aparato expansible puede permitir la inyección de un fluido (por ejemplo, agua) en un pozo con el fin de crear fracturas en el yacimiento circundante, o para fomentar la producción de hidrocarburos en un pozo vecino. El aparato expansible puede permitir la inyección de fluido (por ejemplo, agua) en un pozo con el fin de eliminar las partículas del pozo. Por ejemplo, el  
20 aparato expansible puede permitir la inyección de un fluido en el exterior de una tubería de revestimiento en el pozo para provocar un flujo turbulento en el interior del pozo (por ejemplo, la tubería de revestimiento). El flujo turbulento puede perturbar la materia en partículas (por ejemplo, arena) que se ha asentado en el pozo y/o en la tubería de revestimiento (por ejemplo, como resultado de la entrada de partículas a través de una  
25 abertura en la tubería de revestimiento) de manera que se suspenda la materia en partículas en el fluido inyectado. A continuación, el aparato expansible puede utilizarse para hacer circular el fluido inyectado fuera del pozo, reduciendo así el volumen de partículas presentes en una sección del pozo. Como tal, el aparato expansible puede permitir la preparación de una sección del pozo antes de la instalación del aparato en el pozo.

El aparato puede comprender un canal de flujo que se extiende axialmente a lo largo de la longitud del aparato. El canal de flujo puede permitir un flujo de fluido a través del mismo. El canal de flujo puede estar definido por el tubo de base del aparato.

El tubo de base puede estar formado por un único componente. Alternativamente, el

tubo de base puede comprender una pluralidad de componentes que se fijan juntos para formar el tubo de base. Cada uno de la pluralidad de componentes puede proporcionar al aparato expansible una función adicional.

5 El tubo de base puede incluir una abertura en una de sus paredes. El tubo de base puede comprender una pluralidad de aberturas situadas en una pared del mismo. La  
abertura, o pluralidad de aberturas, puede ayudar en la producción y/o inyección de un fluido  
utilizando el aparato expansible. La abertura, o pluralidad de aberturas, puede estar ubicada  
en el tubo de base para facilitar la producción y/o inyección a través del tubo de base. Por  
ejemplo, la pluralidad de aberturas puede estar espaciada axialmente a lo largo del tubo de  
10 base, por ejemplo espaciada axialmente de manera uniforme, tal como espaciada  
axialmente de manera sustancialmente uniforme. La pluralidad de aberturas puede estar  
espaciada circunferencialmente a lo largo del tubo de base, por ejemplo espaciada  
circunferencialmente de manera uniforme, como espaciada circunferencialmente de manera  
sustancialmente uniforme. Alternativamente, puede haber una acumulación de aberturas  
15 ubicadas en una ubicación particular del tubo de base, por ejemplo hacia una porción  
axialmente central del tubo de base, o un extremo axial del tubo de base, y/o pueden estar  
restringidas a un segmento circunferencial, como un solo lado del tubo de base.

Las aberturas, o la pluralidad de aberturas, pueden ser de persianas. Las aberturas  
con persianas pueden ser deseables para proporcionar un soporte adicional al material de  
20 espuma expansible, evitando que el material de espuma expansible se extruya dentro del  
tubo de base a través de las aberturas (dentro del canal de flujo) durante la expansión radial;  
sin comprometer la capacidad del tubo de base para admitir fluidos filtrados del pozo. Las  
aberturas del tubo de base pueden ser de persianas de cualquier manera entendida por un  
experto en la técnica.

25 Si el tubo de base comprende una pluralidad de aberturas, la pluralidad de aberturas  
puede comprender una combinación de aberturas de persianas y sin persianas.

La abertura, o al menos una de la pluralidad de aberturas, puede incluir una válvula,  
por ejemplo una válvula de retención unidireccional. En un ejemplo, todas las aberturas  
pueden incluir una válvula. Tener una pluralidad de aberturas puede ayudar a permitir que el  
30 aparato expansible sea utilizado eficientemente en la inyección y/o producción de un fluido  
en el pozo.

La abertura, o al menos una de la pluralidad de aberturas, puede incluir un

dispositivo de control del flujo de entrada. El dispositivo de control de flujo de entrada puede ser un dispositivo autónomo de control de flujo de entrada. En este caso, el dispositivo de control de flujo de entrada es un componente pasivo instalado con el aparato para ayudar a optimizar la producción del pozo igualando el flujo de entrada del reservorio a lo largo del pozo. Por ejemplo, cada dispositivo de control de flujo de entrada puede estar configurado para estar en una configuración abierta cuando hay hidrocarburos presentes dentro del pozo, y para estar en una configuración cerrada cuando hay un fluido indeseable (por ejemplo, uno que no es necesario recuperar en la superficie, como el agua).

La abertura, o al menos una de la pluralidad de aberturas, puede estar situada axialmente en línea con una sección del material de espuma expansible. La abertura, o al menos una de la pluralidad de aberturas, puede estar colocada en una sección del tubo de base sobre el que está montado el material de espuma expansible. En un ejemplo, todas las aberturas pueden estar colocadas en la sección del tubo de base sobre la que está montado el material de espuma expansible. Como tal, la abertura, o la pluralidad de aberturas, puede colocarse en el tubo de base, debajo del material de espuma expansible. El material de espuma expansible puede extenderse a través de al menos una (o algunas o todas) de la pluralidad de aberturas (por ejemplo, el material de espuma expansible puede cubrir una (o algunas o todas) de la pluralidad de aberturas). Un fluido puede fluir a través del material de espuma y a través de al menos una de (por ejemplo, cada una de) la pluralidad de aberturas, y dentro de un interior del tubo de base (por ejemplo, en el canal de flujo, por ejemplo durante la producción de hidrocarburos) de tal manera que la comunicación hacia / desde un interior del tubo de base (por ejemplo, el canal de flujo) es a través del material de espuma expansible. Un fluido puede fluir desde el interior del tubo de base (por ejemplo, desde el canal de flujo), a través de la abertura o de al menos una de (por ejemplo, cada una de) la pluralidad de aberturas y a través del material de espuma expansible (por ejemplo, desde el canal de flujo, por ejemplo durante la inyección) de tal manera que la comunicación hacia / desde un interior del tubo de base (por ejemplo, el canal de flujo) se realiza a través del material de espuma expansible. Tal posicionamiento de la pluralidad de aberturas puede impedir, o restringir, que la materia en partículas del yacimiento adyacente al pozo fluya a través de al menos una de, o todas de, la pluralidad de aberturas del tubo de base.

El aparato expansible puede comprender un puerto de flujo para la introducción y/o extracción de un fluido del pozo. El aparato expansible puede comprender una boquilla o surtidor. La boquilla o surtidor pueden estar ubicados en el puerto de flujo. La boquilla o

surtidor pueden ayudar a provocar un flujo turbulento en el pozo, por ejemplo, con el fin de preparar el aparato para su instalación en el mismo mediante la eliminación de partículas del pozo, como la arena. La boquilla o surtidor pueden dirigir un flujo de fluido desde el canal de flujo hacia el interior del pozo. Por ejemplo, puede inyectarse un flujo de fluido en el pozo para suspender la materia en partículas en el pozo en el flujo de fluido. Posteriormente, el flujo de fluido puede circular hacia la superficie del pozo, por ejemplo, circular hacia la superficie del pozo a través de una zona anular, tal como una zona anular entre el aparato expansible y el pozo.

En un ejemplo, puede utilizarse una sarta de terminación u otro aparato situado en el fondo del pozo en el que se monta el aparato expansible para inyectar un flujo de fluido en el pozo con el fin de suspender materia en partículas en el mismo. Como tal, un puerto de flujo puede estar ubicado en la sarta de terminación/aparato situado en el fondo del pozo para este propósito.

El manguito degradable puede facilitar la circulación de un flujo de fluido hacia la superficie del pozo. Antes de la degradación, el manguito degradable puede impedir o restringir un flujo de fluido a través de las aberturas del tubo de base. Por lo tanto, el manguito degradable puede impedir o restringir un flujo de fluido a través de la pluralidad de aberturas del tubo de base cuando se encuentra en la primera configuración (no degradada). Al impedir o restringir un flujo de fluido a través de la pluralidad de aberturas, el manguito degradable puede dirigir el flujo de fluido hacia otro lugar con el fin de hacer circular un flujo de fluido, por ejemplo, hacia y a través del puerto de flujo del aparato expansible. Al restringir o impedir un flujo de fluido a través de la pluralidad de aberturas, el manguito degradable puede ayudar a la circulación de un flujo de fluido hacia el fondo del pozo a través del canal de flujo del aparato expansible y hacia el pozo, y pozo arriba mediante una zona anular entre el aparato expansible y el pozo. En la primera configuración, el manguito degradable puede, por tanto, impedir o restringir el flujo de un fluido desde la zona anular y nuevamente al aparato expansible a través de la pluralidad de aberturas.

El flujo de fluido a través del material de espuma expansible puede impedirse o restringirse cuando el material de espuma expansible está en la configuración no expandida. Como tal, cuando el manguito degradable está en la primera configuración (no degradada) y está reteniendo el material de espuma expansible en la configuración no expandida, el flujo de un fluido a través de la pluralidad de aberturas puede ser restringido o impedido por el material de espuma expansible, que puede actuar para bloquear un flujo de fluido a través

del mismo.

El material de espuma expansible puede montarse en el tubo de base de modo que circunscriba completamente el tubo de base (por ejemplo, una sección del tubo de base). Como tal, el material de espuma expansible puede ser adecuado para cubrir una gran área del pozo, tubería de revestimiento, etc. cuando se instala en el mismo, y puede ser utilizable, por ejemplo, para evitar la entrada de partículas en el pozo en más de un lugar. En la configuración expandida, el material de espuma expansible puede entrar en contacto con toda una sección circunferencial de una superficie externa, por ejemplo, de un pozo, una tubería de revestimiento, etc. El material de espuma expansible puede montarse directamente sobre el tubo de base (por ejemplo, pegado o adherido al tubo de base). El material de espuma expansible puede montarse en forma anular alrededor del tubo de base. El material de espuma expansible puede montarse en el tubo de base de modo que circunscriba parcialmente el tubo de base. Por ejemplo, una sección (por ejemplo, una porción circunferencial y/o axial) del tubo de base puede estar ausente del material de espuma expansible (por ejemplo, puede no comprender ningún material de espuma expansible). En este ejemplo, sólo las porciones del tubo de base que se sabe están ubicadas en la proximidad de un defecto conocido en el fondo del pozo pueden comprender un material de espuma expansible.

El material de espuma expansible puede montarse en el tubo de base por cualquier medio apropiado, por ejemplo, por unión química, como pegamento, o por medios mecánicos, como abrazaderas. El material de espuma expansible puede proporcionarse en forma de manguito. El manguito puede pegarse o sujetarse (por ejemplo, mediante anillos extremos) al tubo de base. De este modo, la espuma puede fijarse de forma segura al tubo de base, sin que ello afecte en gran medida a la permeabilidad al fluido de la espuma y sin obstruir la pluralidad de aberturas.

El material de espuma expansible puede ser comprimible. Para configurar el material de espuma expansible a la configuración no expandida, el material de espuma expansible puede comprimirse bajo el manguito degradable. El material de espuma expansible puede proporcionarse en el tubo de base en una configuración inicialmente comprimida. El material de espuma expansible puede comprimirse mediante la instalación del manguito degradable, para deformar elásticamente el material de espuma expansible. El material de espuma expansible puede comprimirse al vacío para deformar elásticamente el material de espuma. El material de espuma expansible puede comprimirse mediante vacío después de su

instalación en el aparato, pero antes de la instalación del manguito degradable. El material de espuma expansible puede comprimirse mediante vacío tras la instalación del manguito degradable (el vacío provoca la compresión del material de espuma expansible y del manguito degradable).

5            Cuando el manguito degradable se encuentra en la primera configuración, el material de espuma expansible no expandido puede mantenerse en su estado comprimido. Una vez que el manguito degradable se ha degradado al menos parcialmente, el material de espuma expansible puede configurarse desde la configuración no expandida a la configuración expandida en virtud de un efecto de recuperación elástica. Las propiedades materiales del material de espuma expansible pueden ayudar a configurar el material de espuma expansible desde la configuración no expandida a la expandida. La recuperación elástica puede ser una propiedad inherente al material de espuma expansible. Por ejemplo, cuando el material de espuma expansible es deformado elásticamente por el manguito degradable en la primera configuración, la degradación al menos parcial del manguito degradable por sí sola puede permitir la expansión del material de espuma (por ejemplo, la expansión de la porción libre del material de espuma expansible), como resultado de la eliminación de la causa de la deformación elástica del material de espuma expansible. En este escenario, el material de espuma expansible puede expandirse sin ningún otro estimulante externo.

20            En un ejemplo, el material de espuma expansible puede aumentar de volumen cuando se expande (por ejemplo, cuando se configura desde la configuración no expandida a la configuración expandida). El material de espuma expansible puede aumentar de volumen cuando se configura en la configuración expandida hasta el punto en que el material de espuma expansible entra en contacto con una superficie externa en el pozo. La expansión del material de espuma expansible en la configuración expandida puede estar limitada por una superficie externa en el pozo (por ejemplo, una superficie de una criba de arena, o una superficie de un pozo abierto o sin revestimiento). El material de espuma expansible puede expandirse (por ejemplo, configurarse en la configuración expandida) para que se adapte a una superficie externa (por ejemplo, la superficie de una criba de arena o la superficie de un pozo). Por ejemplo, varias porciones del pozo pueden expandirse en diferentes cantidades dependiendo de la geometría de una superficie externa. De este modo, puede maximizarse el área de contacto entre el material de espuma expansible y el pozo.

El material de espuma expansible puede requerir un estimulante para configurarse

entre la configuración no expandida y la configuración expandida, por ejemplo, de la configuración no expandida a la configuración expandida. El estimulante puede ser un fluido. Por ejemplo, el material de espuma expansible puede requerir la interacción con dicho fluido estimulante (por ejemplo, agua) para configurarse entre la configuración no expandida y la configuración expandida. En un ejemplo, el material de espuma expansible puede montarse en el tubo de base en una configuración no expandida, y estimularse en un pozo de manera que se encuentre en la configuración expandida. En tal configuración, un usuario puede tener un mayor control de la expansión del material de espuma expansible en el pozo.

El fluido estimulante que provoca la expansión del material de espuma expansible puede ser el mismo fluido utilizado para degradar, al menos parcialmente, el manguito degradable. El fluido estimulante que provoca la expansión del material de espuma expansible puede ser diferente del necesario para degradar, al menos parcialmente, el manguito degradable.

En un ejemplo, el material de espuma expansible puede comprender un material que se puede hinchar. Puede integrarse un material que se puede hinchar en el material de espuma expansible. El material de espuma expansible puede comprender una capa de material que se puede hinchar integrada en el mismo. El material que se puede hinchar puede hincharse al entrar en contacto con un estimulante. Por ejemplo, el material que se puede hinchar puede hincharse al entrar en contacto con agua y/o hidrocarburos (como el petróleo). El material que se puede hinchar puede ayudar a expandir el material de espuma expansible. Por ejemplo, el material que se puede hinchar puede hincharse al entrar en contacto con un estimulante, de forma que provoque la expansión del material de espuma expansible.

El material de espuma expansible puede ser o comprender un material de espuma de celdas abiertas. Tal material de espuma de celdas abiertas puede ayudar a permitir el flujo de un fluido a través de ella, al tiempo que impide el flujo de partículas suspendidas en dicho flujo de fluido, ayudando así al efecto de filtración de la espuma.

El material de espuma expansible puede comprender un material que se puede hinchar en una celda del material de espuma de celdas abiertas (por ejemplo, algunas o todas las celdas del material de espuma de celdas abiertas).

El material de espuma expansible puede estar hecho de cualquier tipo apropiado de espuma. Por ejemplo, el material de espuma expansible puede estar hecho de espuma de

poliuretano, por ejemplo espuma reticulada de poliuretano como la espuma reticulada de poliuretano de 60 PPI (poros por centímetro (por pulgada)).

La tosquedad del material de espuma expansible puede seleccionarse en función del tamaño de las partículas que el material de espuma expansible pretende excluir de un flujo de fluido. La tosquedad del material de espuma expansible puede expresarse en poros por centímetro (pulgada) (PPI) o poros por milímetro, teniendo un material de espuma más tosco menos poros por centímetro (pulgada) que un material de espuma más fino. El material de espuma expansible puede tener una granulometría uniforme, o sustancialmente uniforme, en toda su extensión.

El material de espuma expansible puede tener una tosquedad variable. Por ejemplo, el material de espuma expansible puede comprender una sección o porción de espesor reducido, por ejemplo, una sección del material de espuma expansible puede ser más fina que el material de espuma expansible circundante. Un material de espuma expansible más fino puede ser aquel que tiene celdas de menor volumen que un material de espuma expansible más grueso o, en otras palabras, un mayor número de poros por milímetro o PPI. Disponer de un material de espuma expansible de espesor variable puede ayudar a que el material de espuma expansible proporcione una filtración más eficaz de las partículas de un fluido.

El material de espuma expansible puede tener una tosquedad graduada. Por ejemplo, una parte del material de espuma expansible puede ser relativamente gruesa, mientras que otra parte del material de espuma expansible puede ser relativamente fina. El material de espuma expansible intermedio entre la porción relativamente gruesa y la porción relativamente fina puede ser de espesor graduado, por ejemplo, puede ser más fino cerca de la porción relativamente más fina y aumentar gradualmente en espesor hacia la porción relativamente más gruesa. La tosquedad del material de espuma expansible puede variar en la dirección radial.

El material de espuma expansible puede construirse como una sola pieza de material de espuma expansible. Alternativamente, el material de espuma expansible puede estar construido de más de una pieza de material de espuma expansible, que pueden estar unidas entre sí, por ejemplo, por adhesión.

El material de espuma expansible puede suministrarse en una sola capa, por ejemplo, que tiene una única tosquedad o con tosquedad variable. Alternativamente, el

material de espuma expansible puede proporcionarse en una pluralidad de capas de material de espuma expansible (que pueden estar unidas y/o aseguradas entre sí, por ejemplo). El material de espuma expansible puede suministrarse como una pluralidad de manguitos, o partes de los mismos. Por ejemplo, el material de espuma expansible puede  
5 suministrarse como una pluralidad de manguitos concéntricos, que pueden disponerse para formar una pluralidad de capas cilíndricas. Cada una de la pluralidad de capas puede tener una tosquedad similar (por ejemplo, la misma), o puede tener diferentes grados de tosquedad (por ejemplo, una tosquedad variable). Al menos una (o algunas o todas) de la pluralidad de capas puede tener una tosquedad graduada. La variación de la tosquedad  
10 puede ser radial, circunferencial o ambas. La variación de la tosquedad puede ser axial.

El material de espuma expansible puede comprender una porción radial interior más fina que una porción radial exterior del material de espuma expansible. Por ejemplo, toda la superficie anular interior del material de espuma expansible puede ser de un material de espuma más fino que una porción radialmente exterior del material de espuma expansible.  
15 El material de espuma expansible puede comprender una porción radial exterior más fina que una porción radial interior del material de espuma expansible. Por ejemplo, toda la superficie exterior del material de espuma expansible puede ser de un material de espuma más fino que una porción radialmente interior del material de espuma expansible. El material de espuma expansible puede comprender una porción radialmente interior y una porción  
20 radialmente exterior, ambas más finas que una porción intermedia del material de espuma expansible. Por ejemplo, toda la superficie interior y exterior (por ejemplo, una parte del material expansible que forma la superficie interior y la superficie exterior) del material de espuma expansible puede ser de un material de espuma expansible más fino que una parte intermedia del material de espuma expansible, que puede ser de un material de espuma  
25 más grueso.

La tosquedad del material de espuma expansible puede seleccionarse en función de los requisitos específicos del material de espuma expansible. Por ejemplo, puede ser deseable que el material de espuma expansible proporcione un efecto de filtración graduado.

30 Cuando el material de espuma expansible comprende un material de espuma expansible más fino y un material de espuma expansible más grueso, la transición entre el material más grueso y el más fino puede ser brusca (es decir, un cambio repentino del material de espuma expansible más fino al más grueso). En algunos ejemplos, la transición

entre el material de espuma expansible más fino y el más grueso puede ser gradual.

La longitud axial del material de espuma expansible puede ser seleccionada por un usuario, antes de la instalación del aparato expansible en el pozo.

El aparato expansible puede incluir un anclaje. El anclaje puede ayudar a colocar el material de espuma expansible en el fondo del pozo. El anclaje puede tener la forma de un dispositivo de deslizamiento convencional. El anclaje puede ser expansible radialmente. El anclaje puede comprender una posición retraída y una posición expandida. En la posición retraída, el anclaje puede estar alineado radialmente con una superficie exterior del aparato expansible. De este modo, el aparato expansible puede introducirse en el pozo sin interferencia del anclaje. En la posición expandida, el anclaje puede expandirse radialmente, de forma que sobresalga de una superficie exterior del aparato expansible. En la posición expandida, el anclaje puede engancharse a una superficie exterior, por ejemplo, una superficie de una criba de arena, una tubería de revestimiento, un tubo, una superficie de roca o de yacimiento, o cualquier otra superficie del pozo. En la posición expandida, el anclaje puede proporcionar un punto de reacción para el aparato expansible, con el fin de mantener el aparato expansible en su lugar tras la aplicación de una fuerza sobre el aparato expansible.

El anclaje puede tener una desviación hacia la posición expandida. Cuando el anclaje está desviado hacia la posición expandida, un miembro de retención (por ejemplo, un manguito degradable) puede retener el anclaje en la posición retraída hasta que se requiera el anclaje del aparato expansible. Una vez que se requiere el anclaje del aparato expansible, el miembro de retención puede ser retirado, de tal manera que el anclaje se mueve a la posición expandida, y se acopla a una superficie en el pozo para anclar el aparato expansible en el pozo. Un anclaje de este tipo puede permitir que el aparato funcione de forma sencilla y con un manguito degradable, cuyo movimiento puede facilitar adicionalmente otras funciones del aparato.

El anclaje puede moverse entre la posición retraída y la posición expandida mediante un actuador externo. Por ejemplo, un actuador tal como una bola, un dardo o similar puede dejarse caer y/o fluir dentro del aparato expansible para mover el aparato entre la posición retraída y la posición expandida. El aparato expansible puede incluir un receptor para atrapar el actuador. El receptor puede moverse (por ejemplo, moverse axialmente) cuando el actuador queda atrapado en el aparato. El movimiento axial del receptor puede configurar el anclaje entre la configuración retraída y la configuración expandida. El movimiento axial

del receptor puede hacer que actúe una fuerza de compresión sobre el anclaje, configurando así el anclaje entre la configuración expandida y la retraída.

El anclaje puede comprender una superficie o porción de enganche para enganchar una superficie externa al aparato expansible. La superficie o porción de enganche puede tener un perfil dentado para facilitar el enganche con una superficie.

El anclaje puede incluir un mecanismo antirretorno. El mecanismo antirretorno puede tener forma de trinquete. El mecanismo antirretorno puede impedir el movimiento del anclaje desde la posición expandida a la retraída.

El aparato expansible puede incluir un centralizador. El centralizador puede estar ubicado en el aparato expansible axialmente hacia arriba del material de espuma expansible. Alternativa o adicionalmente, el aparato expansible puede comprender un centralizador ubicado axialmente en el fondo del pozo del aparato expansible. El centralizador puede ayudar a centrar el aparato una vez que el aparato se encuentra en la posición deseada en el pozo. El centralizador puede configurarse entre una posición retraída, en la que no proporciona un efecto centralizador, y una posición extendida, en la que proporciona un efecto centralizador.

El centralizador puede estar situado radialmente hacia el interior (por ejemplo, debajo) del manguito degradable, antes de la degradación, al menos parcial, del manguito degradable. La degradación, al menos parcial, del manguito degradable puede permitir la configuración del centralizador desde la posición retraída hasta la posición extendida. El centralizador puede incluir un resorte de arco. El resorte de arco puede comprimirse bajo el manguito degradable, antes de la degradación al menos parcial del manguito degradable, cuando el centralizador está en posición retraída. Al degradarse al menos parcialmente el manguito degradable, el resorte de arco puede desplazarse de forma natural a la posición extendida. En la posición extendida, el resorte de arco del centralizador puede extenderse radialmente desde una superficie exterior del aparato expansible, de modo que entre en contacto y/o se acople a una superficie del pozo, centralizando así el aparato expansible en el pozo.

Una pluralidad de aparatos expansibles pueden apilarse en un pozo.

El aparato expansible puede comprender un perfil de conexión en un extremo superior y/o inferior del mismo, para facilitar el apilamiento de un primer aparato con un

segundo aparato. En un pozo pueden apilarse varios aparatos, por ejemplo, dos, tres, cuatro, cinco, etc., aparatos.

Los aparatos apilados pueden ser idénticos. Alternativamente, al menos uno de los aparatos apilados puede comprender al menos un componente diferente a otro de los aparatos apilados. Por ejemplo, sólo un aparato apilado puede requerir tener un puerto de entrada y de salida para la introducción y remoción de un fluido de un pozo (por ejemplo, sólo el aparato ubicado más al fondo del pozo puede requerir un puerto de entrada y de salida). En tal situación, el resto de los aparatos pueden no incluir dicha característica.

El aparato expansible puede instalarse como aparato de modernización en un pozo. El aparato puede servir para reparar un defecto, por ejemplo, una fisura o un orificio en una tubería de revestimiento, una criba de arena, un tubo o similar en el pozo. En este caso, un aparato de modernización puede ser útil, ya que la ubicación de tales defectos puede ser aleatoria e impredecible. En este caso, el aparato puede ser instalado en el pozo a través de un miembro de transporte, tal como un miembro de transporte con cable de recuperación, o similares.

El aparato expansible puede instalarse para formar parte de una sarta de terminación. El aparato puede incluir un perfil de conexión de la sarta de terminación en un extremo superior y/o inferior del mismo, para facilitar la instalación del aparato con una sarta de terminación. El hecho de que el aparato pueda instalarse para formar parte de una sarta de terminación puede permitir al usuario una mayor flexibilidad en cuanto al tamaño del material de espuma expansible que puede colocarse en el aparato expansible, de lo que sería posible si el aparato fuera un aparato de modernización, por ejemplo debido a restricciones de tamaño al introducir un aparato de modernización en un pozo, por ejemplo debido a una pila de lubricadores. El aparato puede instalarse como parte de la sarta de terminación.

El aparato expansible puede incluir o utilizarse en combinación con una bomba. La bomba puede ayudar a hacer fluir un fluido a través del tubo de base del aparato expansible. Durante su uso, la bomba puede ayudar a hacer fluir un fluido que se está produciendo desde un yacimiento adyacente a través del tubo de base. Por ejemplo, la bomba puede ayudar a hacer fluir el agua que se está produciendo desde un yacimiento adyacente a través del tubo de base. El bombeo de un fluido a través del tubo de base puede favorecer la producción de un gas procedente de un yacimiento adyacente. Dicho gas puede impregnar el material de espuma expansible del aparato expansible, de manera que el gas

ocupe una zona anular que rodea el tubo de base del aparato expansible. La bomba puede fomentar el flujo de sólo un líquido (por ejemplo, agua) a través del tubo de base. Un gas, por ejemplo un gas producido, puede permanecer en una zona anular que rodea el aparato expansible y fluir hacia la superficie por otros medios.

5           La bomba puede estar ubicada en una región del aparato expansible en el fondo del pozo del material de espuma expansible. Como tal, un fluido producido (por ejemplo, un líquido producido) puede fluir a través del material de espuma expansible y en una dirección situada en el fondo del pozo hacia la bomba. Debido a la menor densidad de un gas producido, el gas producido puede fluir de forma natural a través del material de espuma  
10 expansible y en dirección ascendente en una zona anular que rodea el tubo de base. A medida que un fluido producido fluye a través del material de espuma expansible, puede separarse de forma natural en una fracción de gas más ligera y una fracción de líquido más densa, mientras que las partículas sólidas que se mantienen en el líquido quedan retenidas en el material de espuma expansible. Como tal, un gas puede emerger desde el extremo  
15 pozo arriba (o el extremo que está orientado para tener una mayor elevación) del material de espuma expansible, mientras que un líquido puede emerger desde el extremo del fondo del pozo (o el extremo que está orientado para tener una menor elevación) del material de espuma expansible. Como tal, tener la bomba ubicada debajo del material de espuma expansible puede favorecer la separación de un líquido producido de un gas producido, ya  
20 que el líquido producido fluirá naturalmente hacia la bomba por gravedad, mientras que el gas producido fluirá naturalmente alejándose de la bomba.

El aparato expansible puede utilizarse para corregir un defecto en una criba de arena. El aparato expansible puede utilizarse para taponar una fractura en una criba de arena. Durante su uso, el material de espuma expansible puede entrar en contacto directo  
25 con una criba de arena, cuando el material de espuma expansible está en la configuración expandida.

El aparato expansible puede utilizarse para evitar la entrada de esquisto en un pozo. El aparato expansible puede utilizarse para evitar la entrada de esquisto en un pozo durante la producción de metano, por ejemplo, el metano contenido en una veta de carbón (metano  
30 de lecho de carbón). Durante su uso, el material de espuma expansible puede hacer contacto directo con un yacimiento subterráneo cuando el material de espuma expansible está en la configuración expandida. El material de espuma expansible puede entrar en contacto directo con una capa de esquisto. Alternativamente, el material de espuma

expansible puede entrar en contacto directo con una tubería de revestimiento o tubería que atraviesa un yacimiento subterráneo. El material de espuma expansible puede ayudar a evitar la entrada de esquisto en un pozo, al tiempo que permite el flujo de un líquido (por ejemplo, agua) y/o un gas (por ejemplo, metano) en el pozo. El material de espuma expansible puede tener un efecto estabilizador de un yacimiento subterráneo. Por ejemplo, el contacto directo entre el material de espuma expansible y un yacimiento subterráneo puede tener un efecto estabilizador sobre el yacimiento subterráneo. El material de espuma expansible puede tener un efecto estabilizador sobre una capa de esquisto en un yacimiento subterráneo. El material de espuma expansible puede estabilizar un yacimiento subterráneo limitando el volumen de partículas producidas por el yacimiento subterráneo (por ejemplo, el volumen de partículas que salen del yacimiento subterráneo en un flujo de fluido, como el fluido de producción).

Un segundo aspecto de la presente divulgación se refiere a un método para ensamblar un aparato expansible situado en el fondo del pozo, que comprende:

15 proporcionar un tubo de base;

montar un material de espuma expansible permeable al fluido en el tubo de base, en donde el material de espuma expansible permeable al fluido es configurable entre una configuración no expandida y una configuración expandida; y,

20 cubrir al menos parcialmente el material de espuma expansible permeable al fluido con un manguito degradable, en donde en una primera configuración el manguito degradable retiene el material de espuma expansible en la configuración no expandida, y en una segunda configuración se permite que el material de espuma expansible se expanda radialmente hacia la configuración expandida y se acople a la superficie de un pozo, tras la degradación al menos parcial del manguito degradable.

25 El manguito degradable puede estar formado o comprender un material textil degradable. El manguito degradable puede estar formado o comprender un material de película degradable. Dicho material degradable puede ser un material tejido o no tejido. Dicho material degradable puede estar formado o comprender un material biodegradable. El material degradable puede estar formado o comprender al menos uno de ácido poliláctico (PLA), ácido poliglicólico (PGA), ácido poli(láctico-glicólico) (PLGA), alcohol polivinílico (PVA), polihidroxialcanoato (PHA), tereftalato de adipato de polibutileno (PBAT) y succinato de polibutileno (PBS), y sus derivados. El material, o combinación de materiales, utilizado

30

para formar el manguito degradable puede seleccionarse en función de la tasa a la que se requiere que el manguito degradable se degrade al menos parcialmente.

El manguito degradable puede estar formado o comprender un material metálico degradable.

5           Cubrir al menos parcialmente el material de espuma expansible permeable al fluido con un manguito degradable puede implicar envolver el material degradable alrededor del material de espuma expansible para formar un manguito que circunscriba el material de espuma expansible. Envolver el material degradable alrededor del material de espuma expansible puede configurar el material de espuma expansible en su estado no expandido  
10 (por ejemplo, envolver el material degradable alrededor del material de espuma expansible puede llevar el material de espuma expansible a un estado comprimido).

Envolver el material degradable alrededor del material de espuma expansible para formar un manguito puede comprender envolver una sola capa de material degradable alrededor del material de espuma expansible. Alternativamente, envolver el material  
15 degradable alrededor del material de espuma expansible para formar un manguito puede comprender envolver múltiples capas de material degradable alrededor del material de espuma expansible. En el ejemplo en donde múltiples capas de material degradable se envuelven alrededor del material de espuma expansible, al menos una de las capas puede estar configurada de forma diferente. Por ejemplo, al menos una capa puede tener un grado  
20 de material diferente (en términos de gramos por metro cuadrado (GSM)), y/o estar tejida o no tejida, y/o tener una composición química diferente de las otras. Al menos una capa puede configurarse de forma diferente a las demás para proporcionar una característica deseada, tal como configurar la tasa a la que se degrada el manguito, qué fluido puede degradar el manguito, si se requiere que el manguito tenga una función de filtración, etc.

25           El material degradable puede tener una longitud sustancialmente igual o mayor que la longitud del material de espuma expansible del aparato expansible situado en el fondo del pozo. Por lo tanto, una sola longitud de material textil degradable puede simplemente proporcionarse alrededor del material de espuma expansible para formar el manguito degradable.

30           Alternativamente, el material degradable puede tener una longitud menor que la longitud del material de espuma expansible del aparato expansible situado en el fondo del pozo. Por lo tanto, el material degradable puede tener que enrollarse alrededor del material

de espuma expansible numerosas veces para formar el manguito degradable a lo largo de la longitud del material de espuma expansible; por ejemplo, parecido a cómo puede enrollarse el mango de una raqueta de tenis. Si el manguito comprenderá múltiples capas, al menos una de las capas del manguito puede envolverse en el aparato situado en el fondo del pozo de forma distinta a la otra. Alternativamente, todas las capas del manguito pueden envolverse al aparato de la misma manera.

La técnica de envoltura utilizada para proporcionar el manguito degradable en el aparato situado en el fondo del pozo puede variar dependiendo de si se requiere que el manguito realice una función adicional, como comprimir el material de espuma expansible.

La envoltura del manguito degradable puede ayudar a evitar las fuerzas de fricción que se producen al tirar de un manguito sobre el aparato durante el ensamblaje. Esto puede ser especialmente beneficioso durante la fabricación de aparatos con mayor longitud axial, en los que pueden ser necesarias grandes fuerzas de fricción para tirar de un manguito sobre el aparato durante la fabricación.

Alternativamente, el material degradable se puede formar en una estructura similar a un forro. Dicha estructura en forma de forro puede estirarse sobre el material de espuma expansible para proporcionar el manguito degradable del aparato situado en el fondo del pozo.

El manguito degradable puede estar unido químicamente (por ejemplo, pegado) al material de espuma expansible, manteniendo así el manguito degradable en su sitio. Alternativamente, el manguito degradable puede ser asegurado al tubo de base del aparato expansible situado en el fondo del pozo en al menos un extremo del manguito degradable mediante el uso de una o más correas o bandas. Dichas correas o bandas también pueden ser degradables. El manguito degradable puede fijarse al aparato expansible mediante una combinación de pegado y correas o bandas. Alternativamente, el manguito degradable puede fijarse al aparato expansible situado en el fondo del pozo por cualquier medio adecuado dentro de la comprensión del experto.

El método puede comprender además el ensamblaje de un volumen de fluido al aparato, en donde el fluido proporcionado dentro del volumen de fluido puede ser un fluido para iniciar al menos la degradación parcial del manguito degradable. El fluido proporcionado dentro del volumen de fluido puede ser un fluido para controlar la tasa de degradación del manguito degradable.

El método puede comprender la aplicación de un revestimiento al manguito degradable. Dicho revestimiento puede aplicarse al menos a una de las superficies interior y exterior del manguito degradable. Dicho revestimiento puede comprender un fluido lubricante o grasa. El fluido lubricante o grasa puede ayudar a controlar la degradación del manguito degradable. Por ejemplo, el fluido lubricante o grasa puede retrasar o acelerar la degradación del manguito degradable, cuando el manguito degradable se degrada a través de cualquiera de los mecanismos mencionados. El fluido lubricante o grasa puede ayudar al transporte del aparato al fondo del pozo, y/o aumentar la resistencia a la abrasión del manguito degradable.

Un aspecto de la presente divulgación se refiere a un método para restringir la entrada de sólidos en un pozo, que comprende:

colocar un aparato expansible situado en el fondo del pozo en un pozo;

degradar, al menos parcialmente, un manguito degradable del aparato expansible situado en el fondo del pozo para permitir que el material de espuma expansible, montado en el aparato expansible situado en el fondo del pozo, se expanda radialmente hacia una configuración expandida y en acoplamiento con una superficie del pozo.

El método puede comprender el anclaje del aparato expansible en un pozo. El método puede comprender el anclaje del aparato expansible a una tubería de revestimiento, criba de arena, tubo o similar dentro de un pozo.

El método puede comprender bombear un fluido al fondo del pozo para degradar, al menos parcialmente, el manguito degradable y permitir así la expansión de la espuma expansible. Alternativamente, el manguito degradable puede degradarse al menos parcialmente en respuesta al contacto con un fluido presente en el interior del pozo. Alternativamente, el aparato expansible situado en el fondo del pozo puede estar provisto de un volumen de fluido. Dicho volumen de fluido puede estar provisto de un fluido configurado para iniciar la degradación del manguito degradable. El volumen de fluido puede liberar el fluido contenido en su interior cuando sea necesario para que la espuma expansible se configure en su configuración expandida.

El método puede comprender el anclaje del aparato expansible en un pozo antes de degradar, al menos parcialmente, el manguito degradable.

Un aspecto de la presente divulgación se refiere a un método para reparar/taponar

un defecto en una criba de arena o elemento tubular, que comprende:

colocar un aparato expansible situado en el fondo del pozo en un pozo adyacente a un defecto, el aparato expansible comprende un tubo de base y un material de espuma expansible montado sobre el mismo; el material de espuma expansible se retiene en una configuración no expandida mediante un manguito degradable;

degradar, al menos parcialmente, el manguito degradable del aparato expansible situado en el fondo del pozo para configurar el material de espuma expansible en una configuración expandida, en donde el material de espuma expansible se expande para entrar en contacto con el defecto.

10 Un aspecto de la presente divulgación se refiere a un método para estabilizar un yacimiento subterráneo, que comprende:

colocar un aparato expansible situado en el fondo del pozo en un pozo adyacente a un yacimiento subterráneo, el aparato expansible comprende un tubo de base y un material de espuma expansible montado sobre el mismo, el material de espuma expansible siendo retenido en una configuración no expandida por un manguito degradable;

degradar, al menos parcialmente, el manguito degradable del aparato situado en el fondo del pozo para configurar el material de espuma expansible en una configuración expandida, en donde el material de espuma expansible se expande para entrar en contacto con el yacimiento subterráneo.

20 Un aspecto de la presente divulgación se refiere a un aparato de filtración situado en el fondo del pozo para restringir la entrada de sólidos en un pozo, que comprende:

un tubo de base;

un ensamble de filtración que comprende un material de espuma expansible permeable al fluido montado en el tubo de base, dicho material de espuma siendo configurable entre una configuración no expandida y una configuración expandida; y

un manguito degradable y configurable entre una primera configuración en la que el manguito degradable retiene el material de espuma expansible en la configuración no expandida, y una segunda configuración en la que el manguito degradable se degrada al menos parcialmente para permitir que el material de espuma expansible se expanda radialmente hacia la configuración expandida y entre en contacto con una superficie del

pozo.

### **BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS**

La Figura 1A es una vista en sección transversal de un aparato expansible.

5 La Figura 1B es un primer ejemplo de una configuración del manguito degradable del aparato expansible.

La Figura 1C es un segundo ejemplo de una configuración del manguito degradable del aparato expansible.

La Figura 1D es un tercer ejemplo de una configuración del manguito degradable del aparato expansible.

10 La Figura 2 es un diagrama de la fórmula estructural de un manguito degradable ejemplar combinado con agua, y los subproductos resultantes.

La Figura 3 es una vista ampliada de la región centralizadora de la Figura 1.

La Figura 4A es una vista ampliada de la región de material de espuma expansible de la Figura 1.

15 Las Figuras 4B y 4C son configuraciones alternativas del tubo de base del aparato expansible.

La Figura 5 es una vista ampliada de la región de anclaje de la Figura 1.

La Figura 6 ilustra la configuración expandida del aparato de la Figura 1.

20 Las Figuras 7 a 10 muestran una secuencia de pasos de una instalación del aparato de la Figura 1.

Las Figuras 11 y 12 muestran detalles de un ejemplo adicional del aparato expansible.

La Figura 13 es una ilustración esquemática de un aparato expansible ejemplar instalado en el fondo del pozo.

25 La Figura 14 es una ilustración esquemática de otro aparato expansible ejemplar instalado en el fondo del pozo.

## **DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION**

La presente divulgación se refiere a un aparato expansible en el que un material de espuma expansible puede hacerse expandir con el fin de restringir la entrada de sólidos en un pozo. El aparato expansible puede definirse como un aparato de filtración. El aparato expansible  
5 puede tener múltiples usos ejemplares, algunos de los cuales se describen a continuación.

En la Figura 1 se muestra un ejemplo de aparato expansible 10. El aparato expansible 10 se construye a partir de una pluralidad de partes, descritas a continuación, que juntas definen un tubo de base. El aparato expansible 10 define un canal de flujo 12 que se extiende axialmente a lo largo de la longitud del aparato expansible 10.

10 El aparato expansible 10 se muestra rodeado por un manguito degradable 14, que en este ejemplo circunscribe completamente el aparato expansible 10. El manguito degradable 14 termina en un extremo pozo arriba del aparato expansible 10.

Las Figuras 1B, 1C y 1D muestran diferentes disposiciones del manguito degradable 14 en el aparato expansible. La Figura 1B muestra una longitud de material degradable que es sustancialmente la misma longitud de la sección del aparato 10 que se requiere cubrir con el manguito degradable 14. La longitud del material se ha envuelto alrededor del aparato expansible 10 en una sola envoltura, y se ha fijado en su lugar.  
15

La Figura 1C muestra el manguito degradable 14 formado como una estructura similar a un forro. El forro se ha formado uniendo dos extremos de una pieza de material textil degradable en una costura 14a. A continuación, el forro se desliza sobre la herramienta para proporcionar el manguito degradable 14 del aparato expansible 10, cubriendo las secciones del aparato que deban quedar cubiertas por el manguito degradable 14. A continuación, el forro puede fijarse en su lugar, o puede mantenerse en su lugar mediante fuerzas de fricción entre el material de espuma expansible 28 del aparato 10, o una combinación de ambos.  
20  
25

En el ejemplo de la Figura 1D, el manguito degradable 14 se ha instalado en el aparato expansible al envolver una tira/longitud de material degradable alrededor del aparato 10 numerosas veces, de la misma manera que puede formarse el mango de una raqueta de tenis, por ejemplo; proporcionando así el manguito degradable 14 del aparato 10  
30 situado en el fondo del pozo. A continuación, se coloca el manguito.

Aunque el manguito 14 de cada aparato 10 mostrado en las Figuras 1B, 1C y 1D se

proporciona como una sola capa, se apreciará que el manguito 14 puede proporcionarse como una pluralidad de capas, que pueden envolverse todas en el aparato 10 de la misma manera, o al menos una capa puede envolverse en el aparato 10 de una manera diferente al resto.

5           Se apreciará que la fijación del manguito degradable 14 en su lugar puede hacerse por cualquier medio adecuado que entienda el experto, por ejemplo, unión o similar. En un ejemplo no mostrado, el manguito degradable puede fijarse al tubo de base 26 del aparato 10 mediante correas o bandas. Dichas correas o bandas pueden ser degradables o no. También se apreciará que puede utilizarse una combinación de métodos para fijar la  
10           envoltura degradable 14 al aparato 10, como por ejemplo combinar la unión y el uso de fleje/cinta de la envoltura degradable al tubo de base 26 del aparato.

          En cualquiera de estos ejemplos, proporcionar el manguito degradable 14 en el aparato 10 puede hacer que el material de espuma expansible 28 se comprima. El manguito degradable 14 entonces puede mantener el material de espuma expansible 28 en  
15           compresión hasta que el manguito degradable 14 comience a degradarse al menos parcialmente. Alternativamente, el manguito degradable 14 simplemente puede circunscribir el material de espuma expansible 28, sin proporcionar ninguna fuerza de compresión.

          La Figura 2 muestra la reacción química entre un material degradable (en este ejemplo, PLA) y agua. Como se muestra, cuando el PLA se combina con agua, se producen  
20           compuestos orgánicos de ácido carboxílico y alcohol. Por lo tanto, cuando el manguito degradable se degrada (en este ejemplo, se disuelve), ya que sólo se producen compuestos orgánicos, el manguito degradable se muestra como biodegradable, sin dejar ningún producto tóxico/no orgánico en el pozo.

          Como se muestra en la Figura 3, axialmente en el fondo del pozo, el aparato 10  
25           además comprende un centralizador 24, cuyos detalles adicionales pueden verse en la Figura 3. El centralizador comprende un resorte de arco 24a que, en el ejemplo de la Figura 1, se mantiene en posición retraída debajo del manguito degradable 14. En posición retraída, el manguito degradable 14 impide que el centralizador 24 entre en acoplamiento con una superficie externa.

30           El aparato comprende además un tubo de base 26 con un material de espuma expansible 28 montado sobre el mismo, cuyos detalles pueden verse en la Figura 4a. En este ejemplo, el tubo de base 26 comprende una pluralidad de aberturas 30, espaciadas

axial y circunferencialmente a lo largo del tubo de base 26 de tal manera que, durante su uso, un fluido es capaz de fluir dentro o fuera de la pluralidad de aberturas 30. El material de espuma expansible 28 se monta en una superficie exterior 32 del tubo de base 26. Aunque no se muestra en detalle en la Figura 4A, el experto apreciará que el material de espuma expansible 28 puede montarse en el tubo de base 26 por cualquier medio adecuado, por ejemplo, por unión química, por ejemplo, mediante la aplicación de un adhesivo. El material de espuma expansible 28 se contiene dentro de una zona anular formada entre el manguito degradable 14 y el tubo de base 26, y en el ejemplo de las Figuras 1 y 3, el material de espuma expansible 28 se comprime bajo el manguito degradable 14, con el manguito degradable 14 funcionando para mantener el material de espuma expansible 28 en la configuración no expandida. Cabe señalar que el material de espuma expansible 28 se monta en el tubo de base 26 de tal manera que atraviesa cada una de la pluralidad de aberturas 30 en el mismo. Como tal, si un fluido que contiene material en partículas fluyera a través del material de espuma expansible 28, entonces el material de espuma expansible 28 impediría que el material en partículas entrara en el interior del tubo de base 26, mientras que a la porción de fluido (que puede ser un líquido, un gas, o ambos) se le permitiría fluir a través del material de espuma expansible 28 y la pluralidad de aberturas 30, y hacia el interior del tubo de base 26. En el ejemplo mostrado, el material de espuma expansible 28 se muestra como un manguito único que rodea el tubo de base 26. No obstante, debe tenerse en cuenta que el material de espuma expansible 28 puede estar provisto de múltiples manguitos concéntricos. Por ejemplo, el material de espuma expansible 28 puede proporcionarse como un primer manguito montado en el tubo de base, y un segundo manguito concéntrico montado en el primer manguito, siendo el segundo manguito de mayor diámetro que el primer manguito. Como tal, el material de espuma expansible 28 puede proporcionarse en el tubo de base 26 en forma de múltiples capas cilíndricas.

Con el centralizador 24 en posición retraída y el material de espuma expansible 28 en configuración no expandida, las Figuras 1 a 3 ilustran el aparato expansible 10 configurado para permitir la introducción y colocación del aparato expansible 10 en el fondo del pozo.

Las Figuras 4B y 4C muestran configuraciones alternativas de los tubos de base 26a, 26b que pueden utilizarse con la presente invención. Ambos tubos de base mostrados 26a, 26b incluyen aberturas de persianas 31a, 31b. Las aberturas de persianas pueden ser beneficiosas para evitar la extrusión de material de espuma expansible en la trayectoria de flujo del tubo de base 30a, 30b, manteniendo al mismo tiempo la capacidad del tubo de base

26a, 26b para admitir fluido de pozo filtrado. En el ejemplo de la Figura 4B, el tubo de base comprende una combinación de aberturas sustancialmente circulares 30a y aberturas de persianas 31a, mientras que el tubo de base de la Figura 4C sólo comprende aberturas de persianas 31b. Se apreciará que puede utilizarse cualquier combinación de aberturas sustancialmente circulares y aberturas de persianas con el tubo de base 26 de la presente invención. Como en todos los demás ejemplos, también se apreciará que las aberturas de cualquier tubo de base 26 pueden comprender un dispositivo de control de flujo, tal como una válvula o similar.

Forma parte del aparato expansible 10 un anclaje 36, cuyo detalle puede verse en la Figura 5. En las Figuras 1 y 5, el anclaje 36 está en posición retraída para facilitar la introducción del aparato expansible 10 en un pozo (no mostrado). El anclaje 36 es configurable a una posición expandida, mostrada en las siguientes figuras, que puede permitir al aparato expansible 10 engancharse a una superficie externa (por ejemplo, la superficie interior de una tubería de revestimiento, criba de arena, tubo, o similar, en la que se coloca el aparato expansible 10). Para sujetar mejor una superficie exterior, el anclaje 36 está provisto de un perfil dentado 36a, como puede verse en la Figura 5. En el ejemplo de las Figuras 1 y 5, el anclaje 36 se forma a partir de una pluralidad de miembros alargados, dispuestos en pares 38a, 38b. Una vista de uno de estos pares 38a, 38b se muestra más claramente en la Figura 5. Como se muestra, cada uno de los miembros alargados 38a, 38b está conectado por un miembro de pasador 39, permitiendo la rotación de un primer miembro alargado 38a con respecto a un segundo miembro alargado 38b. En la posición retraída, como se muestra en la Figura 5, el par de miembros alargados 38a, 38b se acuestan, de tal manera que su superficie radial exterior está generalmente en línea con la superficie radial exterior del aparato expansible 10 circundante, y cada uno de los ejes de los miembros alargados 38a, 38b está generalmente alineado con el del aparato expansible 10.

Cabe señalar que el manguito degradable 14 no se extiende axialmente tanto como el anclaje 36, de tal manera que el anclaje 36 es capaz de ser operado independientemente del estado del manguito degradable 14.

Axialmente adyacente y pozo arriba del anclaje 36 hay un mecanismo de manguito deslizante 40, que puede utilizarse para operar el anclaje 36. El mecanismo de manguito deslizante 40 comprende un manguito interior 42 y un manguito exterior 44, con una cámara 46 ubicada entre ambos. Un puerto 48 en el manguito interior 42 permite la comunicación de

fluidos entre la cámara 46 y el canal de flujo 12 en el interior del aparato expansible 10. El anclaje 36 se coloca en una superficie exterior del manguito interior 42, mientras que una porción de extremo del manguito exterior 44 empalma con un extremo axialmente pozo arriba del miembro alargado 38a del anclaje 36.

5            Durante su uso, el puerto 48 puede estar expuesto a una mayor presión de fluido, la comunicación de presión entre el puerto 48 y la cámara 46 también causando que la presión en la cámara 46 aumente. Tal aumento de presión puede ser el resultado de un aumento de presión en el propio canal de flujo 12, o como resultado de una herramienta que contiene presión (por ejemplo, la herramienta de actuador 20) que se coloca en comunicación de  
10            presión con el puerto 48.

            Un aumento de presión en la cámara 46 hará que actúe una fuerza sobre los miembros de sellado 50a, 50b, colocados entre los manguitos interior y exterior 42, 44, empujando así los manguitos interior y exterior 42, 44 en direcciones opuestas. En este ejemplo, se permite que el manguito exterior 44 se mueva en dirección axial hacia el fondo  
15            del pozo, en relación con el manguito interior 42. A medida que el manguito exterior 44 es empujado en dirección al fondo del pozo, una fuerza dirigida axialmente actúa sobre el anclaje 36. Esto provoca la rotación de los miembros alargados 38a, 38b con respecto al pasador 39, de tal manera que los miembros alargados forman una V que sobresale radialmente de la superficie del aparato expansible 10 (mejor representado en las Figuras 8,  
20            9 y 10).

            En la Figura 6 se muestra una vista en elevación de una sección pozo arriba del aparato expansible 10, con el manguito degradable (no mostrado) retirado. Como se muestra, con el manguito degradable 14 completamente degradado, el resorte de arco 24a del centralizador 24 ha saltado radialmente hacia fuera, de tal manera que, cuando se  
25            coloca en un pozo (no mostrado), el centralizador 24 entraría en contacto con una superficie del pozo para centrar el aparato expansible 10 en el mismo. Se apreciará que el manguito degradable 14 puede no necesitar estar completamente degradado (es decir, puede estar sólo parcialmente degradado) para que el centralizador se mueva radialmente hacia fuera.

            Del mismo modo, tras la degradación al menos parcial del manguito degradable 14,  
30            el material de espuma expansible 28 se ha expandido radialmente. De nuevo, se apreciará que el manguito degradable 14 puede no necesitar degradarse completamente para permitir que la espuma expansible 28 se expanda radialmente. En el sitio, el material de espuma expansible 28 continuaría expandiéndose hasta entrar en contacto con una superficie en un

pozo. La expansión puede producirse por diversos mecanismos, por ejemplo por un efecto de recuperación elástica del material de espuma, tras la eliminación de la fuerza de compresión dirigida radialmente hacia el interior aplicada por el manguito degradable 14 sobre el material de espuma expansible 28, o como resultado de la interacción del material de espuma expansible 28 expuesto con los fluidos del pozo, expandiendo así el material de espuma 28.

Las Figuras 7 a 10 ilustran un ejemplo de instalación del aparato expansible 10 de la Figura 1 en un pozo 50.

En este ejemplo, se ha instalado una criba de arena 52 en el pozo 50, y la criba de arena ha desarrollado una serie de fallas 54 en su interior, lo que ha provocado la entrada de arena 56 en el interior de la criba de arena 52. Las fallas 54 pueden haber sido causadas, por ejemplo, por un punto caliente en la criba de arena 52, o por la erosión de la criba de arena 52.

El aparato expansible 10 se introduce en la criba de arena 52 y se baja (por ejemplo, en una sarta de terminación 58) hasta la ubicación de las fallas 54 en la criba de arena. Una vez en la ubicación de las fallas 54, un flujo de fluido (agua, por ejemplo) puede fluir a través del canal de flujo 12 del aparato. Aunque no se muestra, el aparato puede incluir una boquilla, de forma que el fluido salga del canal de flujo 12 del aparato expansible 10 como un chorro, contribuyendo así a provocar un flujo rápido y turbulento en el interior de la criba de arena. Dicho flujo puede ayudar a arrastrar la arena que se ha depositado en el interior de la criba de arena en el fluido. A medida que el fluido fluye hacia la criba de arena, la herramienta puede moverse en dirección al fondo del pozo, como puede verse en las Figuras 7 y 8, arrastrando arena dentro del flujo de fluido a medida que se mueve.

Como puede verse en las Figuras 7 y 8, el manguito degradable 14 está en la primera configuración, por lo que el material de espuma expansible 28 (no visible en las Figuras 7 y 8) se mantiene debajo del mismo. En esta configuración, el manguito degradable 14 se configura para proporcionar capacidades de filtrado para los fluidos del pozo que intentan entrar en la trayectoria de flujo 12 a través de las aberturas 30 del tubo de base 26 del aparato 10. Se apreciará que en un ejemplo alternativo, el manguito degradable 14 puede estar configurado para impedir el flujo de fluido a través de las aberturas 30 del tubo de base 26.

El flujo de un fluido a través del canal de flujo 12 sale a través de la disposición de

boquillas (no mostrada) y dentro de una zona anular 15 entre el aparato 10 y la criba de arena 52. Una vez en la zona anular, el flujo de fluido puede utilizarse para suspender en el mismo la materia en partículas y hacerlas circular hasta la superficie a través de la zona anular 15.

5           Una vez que la arena se ha eliminado del interior de la criba de arena, el aparato expansible 10 se coloca de tal forma que el material de espuma expansible 28 se ubica radialmente adyacente a las aberturas 54 de la criba de arena 52. Inicialmente, el material de espuma expansible está contenido debajo del manguito degradable 14, y no está en contacto con la criba de arena 52. La degradación del manguito degradable 14 se inicia para  
10           retirar al menos parcialmente el manguito degradable 14 de la herramienta (como se muestra en las Figuras 8 y 9) para exponer el material de espuma expansible 28.

          En este ejemplo, antes de que el manguito degradable 14 se degrade al menos parcialmente, el aparato expansible 10 se ha fijado en posición en el pozo. Para asegurar el aparato 10 en el pozo, un anclaje 36 se mueve desde una posición retraída a una posición  
15           expandida, como se describe anteriormente. En la posición expandida, el anclaje 36 sobresale radialmente para engancharse a la criba de arena 52. Una vez acoplado a la criba de arena 52, el anclaje impide el movimiento axial del aparato expansible 12 en el pozo 50.

          Como puede verse mejor en la Figura 9, el manguito degradable 14 ha empezado a degradarse. En este ejemplo, la degradación del manguito 14 ha sido iniciada por un fluido  
20           presente en el pozo. En otros ejemplos que utilizan manguitos degradables en donde el mecanismo de degradación es la disolución, la disolución del manguito degradable 14 puede ser iniciada por un fluido bombeado hacia el fondo del pozo desde la superficie, o un fluido liberado desde un volumen de fluido (no mostrado) dispuesto en la herramienta 10. Alternativamente, la disolución puede ser iniciada por un fluido bombeado al fondo del pozo,  
25           o liberado del volumen de fluido, combinándose con el fluido presente dentro del pozo. El manguito degradable 14 también puede estar configurado para empezar a degradarse cuando el fluido disolvente esté a una temperatura predeterminada, cuando el pozo esté a una temperatura predeterminada, o ambas. Además, y como se ha descrito anteriormente, la degradación del manguito también puede depender de la acidez o alcalinidad (es decir,  
30           del pH) del fluido disolvente.

          Una vez que el manguito degradable 14 se ha degradado lo suficiente, el material de espuma expansible 28 comienza a expandirse regularmente. Por lo tanto, debe entenderse que no es necesario que el manguito degradable 14 se haya disuelto completamente para

permitir la expansión radial del material de espuma expansible 28.

Como se indica anteriormente, la expansión del material de espuma expansible 28 puede iniciarse por cualquier medio adecuado. Por ejemplo, un fluido presente dentro del pozo, un fluido bombeado al fondo del pozo, un fluido liberado del volumen de fluido del aparato 10, o una combinación de los mismos puede hacer que el material de espuma expansible 28 se hinche, causando la expansión radial del material de espuma expansible. Alternativamente, cualquiera de dichos fluidos o combinaciones de los mismos puede iniciar una reacción química con el material de espuma expansible 28, causando una expansión radial. Alternativamente, el material de espuma expansible 28 puede mantenerse en compresión debajo del manguito degradable 14, antes de la degradación del manguito degradable 14. Una vez que el manguito degradable 14 se ha degradado lo suficiente, puede que no sea capaz de proporcionar la fuerza de compresión necesaria para mantener el material de espuma expansible 28 en compresión, permitiendo así la expansión radial del material de espuma expansible 28.

Como se muestra en la Figura 10, una vez que el manguito degradable 14 se ha degradado lo suficiente desde el aparato expansible 10, el material de espuma expansible 28 se expande radialmente hasta entrar en contacto con la criba de arena 52 de forma que puentea las fallas 54 de la misma. Del mismo modo, un centralizador 24, ubicado en una sección del aparato expansible 10 que se encuentra en la parte superior del pozo del material de espuma expansible 28, se expande radialmente desde una posición retraída a una posición extendida, contactando con una superficie interior de la criba de arena 52 y proporcionando un efecto centralizador en el aparato expansible 10.

Una vez colocado, el material de espuma expansible 28 del aparato expansible 10 puentea las aberturas 54 de la criba de arena 52 para impedir la entrada de arena, al tiempo que permite el flujo de un fluido a través de la misma. Una vez instalado, el aparato expansible 10 puede permanecer en su posición mientras se desee la producción de un fluido en la criba de arena.

Las Figuras 11 y 12 ilustran otro ejemplo de aparato expansible 10, que tiene una válvula incorporada en las aberturas 30 del tubo de base 26.

En aras de concisión, no se repetirá una descripción de las partes del aparato expansible 10 idénticas a las de las Figuras 1 a 6. En este ejemplo, el aparato expansible 10 comprende un tubo de base 26 que comprende una pluralidad de aberturas 30, con un

material de espuma expansible 28 montado sobre el mismo para rellenar una zona anular entre el tubo de base 26 y un manguito degradable 14. Cada una de la pluralidad de aberturas comprende una válvula de retención 31, que permite el flujo de un fluido en una dirección radialmente hacia fuera. Al igual que en el ejemplo de las Figuras 1 a 6, el material de espuma expansible 28 puentea cada una de la pluralidad de aberturas 30.

En este ejemplo, un fluido puede fluir a través de un canal de fluido 12 del aparato expansible, y a través de las válvulas de retención 31 proporcionadas en el tubo de base 26. El flujo de fluido entonces puede pasar a través del material de espuma expansible 28 y entrar en un pozo. Como tal, en este ejemplo, el aparato expansible puede utilizarse para inyectar fluido en un pozo, mientras que simultáneamente proporciona un efecto de taponamiento de una grieta, abertura, fisura, o similares en una criba de arena, tubería, canalización, etc. en un pozo, a fin de evitar la entrada de material en partículas en el mismo (por ejemplo, durante las interrupciones en la inyección de un fluido en un pozo).

La Figura 13 es un diagrama esquemático de una tubería pasante 362 con un aparato expansible 310 instalado en una criba de arena 352 en un pozo 350. Esquemáticamente ilustrado, el aparato 310 comprende esencialmente un tubo de base 326 que tiene una pluralidad de aberturas 330 en el mismo. Un material de espuma expansible 328 se monta en el tubo de base 326, y puentea cada una de la pluralidad de aberturas 330. Un anclaje 336 se coloca debajo del material de espuma expansible 328, y se utiliza para mantener el aparato expansible 310 en su lugar en relación con la criba de arena 352, como en ejemplos anteriores. De forma similar, se proporciona un centralizador 324 en la parte pozo arriba del material de espuma expansible 328 para centralizar el aparato expansible 310 en el pozo 350. En este ejemplo, el material de espuma expansible 328 puentea un gran defecto 354 en la criba de arena 352. En la parte superior del aparato expansible 310 hay una tubería pasante 362, mantenida en posición por los obturadores 364, que puede utilizarse para recibir un fluido producido a través de la criba de arena 352 en el pozo, o puede utilizarse para proporcionar un fluido de inyección al aparato expansible 310.

En este ejemplo, cuando el manguito degradable (no mostrado) aún no se ha degradado al menos parcialmente y está reteniendo el material de espuma expansible 328 en la configuración no expandida, el aparato expansible 310 tiene un diámetro tal que es capaz de instalarse a través de la tubería pasante 362, y posteriormente expandirse e instalarse contra la criba de arena 352.

La Figura 14 ilustra un uso adicional de un ejemplo de aparato expansible 410. En

este ejemplo, el aparato expansible 410 se coloca en un pozo no revestido 450, radialmente adyacente a un yacimiento de esquisto que contiene vetas de carbón 468, estando las vetas de carbón impregnadas de gas metano. El ejemplo de la Figura 14 presenta algunas similitudes con el descrito en las Figuras 1 a 6. Como tales, se han utilizado números de referencia similares para partes similares, aumentados en 400.

A diferencia de los ejemplos anteriores, en los que el aparato expansible se introduce en un pozo que ya cuenta con una criba de arena, en este ejemplo el aparato expansible 410 puede formar parte de una sarta de terminación que se introduce e instala en una sección abierta del pozo, por ejemplo, antes de que comiencen las operaciones iniciales de producción en el pozo. En este ejemplo, el aparato expansible 410 puede introducirse en un pozo en una sarta de varillaje, y mantener una conexión con dicha sarta de varillaje durante la producción en el pozo.

Como puede observarse en la Figura 14, y al igual que en los ejemplos anteriores, el aparato 410 comprende un tubo de base 426, que tiene un material expansible 428 montado sobre el mismo. Cabe señalar que, en este ejemplo, el tubo de base es simplemente un tubo ciego, y no comprende ninguna abertura, como en el caso de los ejemplos anteriores. En este caso, la longitud del material expansible se selecciona de forma que tenga aproximadamente la misma profundidad que el yacimiento de esquisto, adyacente al cual se coloca el aparato expansible 410. Como tal, cuando el material de espuma expansible 428 está en la configuración expandida como se muestra, se expande para estar en contacto con el yacimiento de esquisto 450 circundante a lo largo de sustancialmente toda la profundidad del yacimiento de esquisto 450.

En otro ejemplo, puede ser posible apilar múltiples aparatos en un pozo, con el fin de proporcionar material de espuma expansible 428 a lo largo de toda la profundidad del yacimiento de esquisto 450. Además, aunque en el ejemplo de la Figura 14 el contacto entre el material de espuma expansible 428 se muestra a lo largo de toda la profundidad del yacimiento de esquisto 450, son igualmente posibles los ejemplos en los que hay espacios libres en el contacto entre el material de espuma expansible y el yacimiento de esquisto 450. Por ejemplo, mientras el material de espuma expansible esté presente en la parte superior e inferior del yacimiento de esquisto 450, a fin de contener la materia en partículas en el yacimiento de esquisto 450, el aparato podrá funcionar.

Mientras que, en este ejemplo, puede ser posible asegurar el aparato expansible 410 en su lugar con un anclaje (no mostrado), como en los ejemplos anteriores, ya que el

aparato expansible 410 mantiene una conexión con la sarta de varillaje, un anclaje puede no ser necesario. En su lugar, el aparato expansible 410 puede ser mantenido en su lugar por la sarta de varillaje, la sarta de varillaje se mantiene en su lugar por cualquier medio apropiado, por ejemplo, por los obturadores.

- 5            En este ejemplo, el aparato expansible 410 comprende una bomba 470 ubicada axialmente en el fondo del pozo del material de espuma expansible 428.

10           Durante su uso, el aparato expansible 410 se posiciona adyacente al yacimiento de esquisto con un manguito degradable (no mostrado en este ejemplo) colocado sobre el material de espuma expansible 428, estando el material de espuma expansible 428 en la configuración no expandida. Al igual que en los ejemplos anteriores, una vez en la posición deseada, el manguito degradable se degrada al menos parcialmente por cualquier medio adecuado, y el material de espuma expansible 428 se expande para estar en contacto con el yacimiento de esquisto 450 circundante.

15           Después de que el manguito degradable se ha degradado al menos parcialmente, la bomba 470 puede ser operada para bombear cualquier fluido en el pozo a través de una entrada 472, y a través de un canal de flujo en el tubo de base (no mostrado) hacia la superficie del pozo. Normalmente, los yacimientos de esquisto pueden producir grandes volúmenes de fluido, por ejemplo, agua. Cuando en el yacimiento de esquisto se incluyen vetas de carbón, también puede producirse gas metano, junto con grandes cantidades de roca de esquisto. Tener el material de espuma expansible 428 del aparato expansible 410 en contacto con el yacimiento de esquisto puede prevenir o reducir la producción de esquisto del yacimiento, mientras permite la producción de fluidos, por ejemplo agua y/o metano. Como tal, el material de espuma expansible 428 puede ayudar a estabilizar los yacimientos subterráneos, tal como los yacimientos de esquisto, que de otro modo podrían liberar partículas en el pozo.

30           Reducir la producción de materia en partículas (por ejemplo, esquisto) del yacimiento puede ser beneficioso para la operación de la bomba 472. En particular, cuando hay una operación intermitente de la bomba 472, la materia en partículas (como el esquisto) pueden depositarse en la bomba mientras no está en uso. Estos grandes volúmenes de esquisto pueden dificultar el reinicio de la bomba 472 sin causar daños significativos. Por lo tanto, el aparato puede prolongar la vida útil de la bomba 472, ya que puede reducir el estrangulamiento de la bomba por materia en partículas producidas.

Con la bomba 472 en operación, los líquidos (por ejemplo, agua) del yacimiento 450 pueden fluir a través del material de espuma expansible 428 y proceder en dirección al fondo del pozo, hacia la bomba 472 en la dirección de las flechas 480, a través del canal de flujo del aparato expansible 410 y hacia la superficie del pozo. A medida que se producen los líquidos, también puede producirse gas (por ejemplo, metano). En virtud de su menor densidad, el gas producido tenderá a fluir hacia arriba en la dirección de las flechas 482, y permanecerá en una zona anular entre el aparato expansible 410 y el pozo 450. Para fines ilustrativos, el gas producido se muestra saliendo del material de espuma expansible 428 en forma de burbujas 453 que salen de la superficie ubicada hacia arriba del material de espuma expansible 428.

Pozo arriba del aparato expansible 410 se encuentra una sección de tubería de revestimiento 484, que puede utilizarse para recoger el gas producido en la zona anular.