

CENTRALIZADOR DE RODAMIENTOS PARA OPERACIONES DE INTERVENCIÓN, COMPLETAMIENTO Y MANTENIMIENTO EN ENTORNOS TUBULARES PROTEGIDOS

5 DESCRIPCIÓN

SECTOR TECNOLÓGICO

La presente invención se sitúa de manera precisa en el ámbito de la ingeniería mecánica aplicada a la industria extractiva de hidrocarburos, específicamente en el desarrollo de herramientas de fondo de pozo (*down-hole tools*) para la construcción, 10 reacondicionamiento y/o producción de pozos (perforación, completamiento, reacondicionamiento o producción)

De forma más particular, la invención concierne al diseño y método de implementación de un accesorio centralizador modular equipado con mecanismos de rodamiento esférico de baja fricción. Este dispositivo ha sido concebido para ser integrado en 15 sarta de liner, casing, producción —ya sean rígidas (tubería, varilla) o flexibles (cable/guaya)— con el objetivo primordial de mitigar las fuerzas de resistencia mecánica, tales como la fricción por deslizamiento y el torque rotacional, que surgen durante el desplazamiento axial y la rotación de componentes dentro de un entorno tubular de un pozo, como revestimientos (*casing*), camisas (*liners*) o tuberías o varillas de producción (*tubing*). La tecnología aquí descrita busca mejorar la eficiencia 20 operativa (llegar a fondo) y disminuir los daños a los tubulares o varillas en trayectorias de pozos que presentan desafíos geométricos, tales como secciones desviadas, horizontales o con desplazamientos laterales significativos, donde la gestión del contacto metal-metal es crítica para el éxito de la operación.

25

TÉCNICA ANTERIOR

En la industria del petróleo y gas, la tendencia hacia la perforación de pozos de alcance extendido y trayectorias horizontales complejas ha exacerbado los problemas mecánicos relacionados con la fricción. En estas configuraciones, la gravedad ejerce 30 una fuerza normal constante que empuja la sarta de perforación, completamiento o varillas contra el lado inferior del revestimiento o de la formación. Esta condición genera niveles elevados de resistencia que pueden impedir que una herramienta alcance la profundidad objetivo, dificultar la recuperación de ensamblajes de fondo (BHA) o incluso causar daño o el atascamiento de las mismas.

35 Históricamente, se han utilizado centralizadores para mantener la tubería en el eje concéntrico del pozo. Sin embargo, los dispositivos convencionales presentan limitaciones técnicas severas:

1. Naturaleza Estática: La mayoría de los centralizadores tradicionales son cuerpos rígidos fabricados en acero fundido, aleaciones de zinc o polímeros termoplásticos. Al carecer de elementos móviles, su interacción con la pared del pozo es puramente por deslizamiento, lo que mantiene coeficientes de fricción elevados.
2. Desgaste Mecánico: El contacto continuo por fricción en secciones largas de pozo provoca el desgaste prematuro tanto del centralizador como del revestimiento, comprometiendo la integridad de la barrera de presión del pozo.
3. Limitaciones en Intervención con Cable: En operaciones de *slickline* o *wireline*, donde la capacidad de aplicar peso es limitada, la fricción puede impedir totalmente el descenso de las herramientas en pozos desviados. Las soluciones existentes a menudo dependen de motores de fondo o sistemas hidráulicos que requieren circulación de fluido, lo cual es técnica y económicamente inviable en muchas intervenciones de mantenimiento.
4. Resistencia al Torque: Los estabilizadores de la técnica anterior no están optimizados para reducir el torque necesario para rotar un liner o una sarta de intervención, lo que aumenta el estrés mecánico en las conexiones roscadas y limita la profundidad operativa.

Persiste la necesidad de un dispositivo modular que pueda adaptarse a configuraciones más delgadas, como *Tubing-Casing* o *Varillas-Tubing*, y que sea capaz de operar eficazmente en intervenciones de cementación secundaria, mantenimiento con cable y abandono de pozos, donde la precisión y la reducción de la resistencia axial son determinantes.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

Para solventar las deficiencias mencionadas en la técnica anterior, la presente invención propone un centralizador de rodamientos con un diseño modular y adaptable que transforma el contacto por deslizamiento en un contacto por rodadura cubriendo los 360 grados de la herramienta. El objeto de la invención es proporcionar un dispositivo que facilite el movimiento relativo entre componentes tubulares concéntricos, reduciendo el torque y el arrastre (*drag*) mediante la integración de esferas de rodamiento de alta capacidad de carga y a la vez sirva como centralizador optimizando las operaciones de desplazamiento de fluidos como (lodos de perforación, cementos o estimulación).

El dispositivo comprende un cuerpo anular principal que actúa como núcleo estructural. De este cuerpo se extienden radialmente una pluralidad de aspas o aletas, distribuidas preferiblemente de manera equidistante alrededor de la periferia para garantizar una centralización uniforme. La característica técnica medular es que cada una de estas aletas alberga en su interior uno o más rodamientos tipo esfera. Estas esferas están

configuradas para sobresalir ligeramente de la superficie de la aleta, estableciendo el punto de contacto primario con la superficie interna del revestimiento o la tubería externa.

80 La invención destaca por su versatilidad modular, ofreciendo ventajas que no se encuentran en dispositivos previos:

- Gestión del Diámetro Interno: A diferencia de los estabilizadores estándar, el cuerpo de esta invención puede fabricarse con un diámetro interno variable. En aplicaciones donde debe pasar fluido o herramientas adicionales, posee un canal interno pasante. En aplicaciones de alta robustez, como en herramientas de pesca o molienda, el cuerpo puede ser totalmente macizo (diámetro interno nulo) para absorber cargas de impacto superiores.
- Reducción de Torque y Arrastre: Al permitir que la herramienta "ruede" sobre las paredes del revestimiento, se reduce drásticamente el coeficiente de fricción. Esto facilita la rotación de liners y mejora la transferencia de peso hacia la barrena o herramienta de limpieza en el fondo del pozo.
- Navegación Fluida: El diseño incorpora perfiles hidrodinámicos y superficies de guía achaflanadas en los extremos de las aletas para evitar que la herramienta se enganche en "hombros" mecánicos, como los cuellos de las tuberías o las juntas de expansión.
- Circulación de Fluidos: La disposición de las aletas deja canales abiertos que permiten una alta tasa de circulación de fluidos de pozo, lodos de perforación o cemento, evitando el efecto de "pistoneo" durante las maniobras de descenso o ascenso.

100 Esta combinación de características convierte al centralizador en una herramienta esencial para operaciones de cementación secundaria, donde la ubicación precisa de la tubería es vital para un sello hermético, y en actividades de mantenimiento con *slickline* donde cada libra de peso disponible debe ser aprovechada para el avance de la herramienta.

105

DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

Para complementar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características del invento, se acompaña a la presente memoria descriptiva, como parte integrante de la misma, un juego de dibujos en donde con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

110

Figura 1: Presenta una vista esquemática longitudinal de un pozo petrolero típico. En esta figura se ilustra el despliegue operativo del sistema, mostrando cómo la unidad de intervención en superficie desplaza un ensamblaje de

115 herramientas de fondo (BHA) que incorpora el centralizador de rodamientos a través de diversas secciones del pozo, incluyendo tramos verticales y desviados.

Figura 2: Proporciona una vista en perspectiva detallada de una realización física del centralizador. Se destacan los componentes estructurales, la disposición de las aletas y la integración de los elementos de rodamiento esférico, así como los mecanismos de fijación a la sarta de trabajo.

120 **Figura 3:** Muestra una vista axial o transversal del dispositivo. Esta representación es fundamental para comprender las relaciones de diámetros que rigen la funcionalidad del invento, ilustrando desde el eje central hasta el diámetro máximo de contacto definido por las esferas, y permitiendo visualizar la capacidad de flujo anular.

125

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

Haciendo referencia a la Figura 1, el contexto operativo de la invención se define en un pozo que puede constar de múltiples niveles de casing (16) y tubería de producción (17). La operación es controlada por una unidad de intervención en superficie (11), la
130 cual puede comprender, sin limitarse a, una torre de intervención con tubería o un equipo de intervención con cable montado sobre camión. Dependiendo de la complejidad de la tarea, esta unidad puede ser un equipo de *slickline* (para tareas ligeras), una torre de servicio, o una unidad de tubería flexible (*coiled tubing*). El vínculo físico entre la superficie y el fondo es el medio de transporte y conexión (12), que
135 puede ser un cable de acero, una sarta de varillas o tubería continua.

El objeto de la patente se integra en el ensamblaje de herramientas de fondo (18), el cual está delimitado esquemáticamente para incluir secciones de herramientas funcionales (19) y al menos un centralizador de rodamientos (20). En una configuración típica, el centralizador se instala entre dos componentes (19) para asegurar que todo el
140 conjunto permanezca equidistante de las paredes de la tubería de producción (17) o del revestimiento. Durante el tránsito, el dispositivo gestiona de forma activa la zona anular (15), que es el espacio crítico donde ocurren los fenómenos de fricción. Al mantener la sarta alejada del contacto directo con el metal del revestimiento, se minimiza la formación de fuerzas normales parásitas inducidas por la desviación del pozo.

145 Como se detalla en la Figura 2, el componente central es el cuerpo del centralizador (21), una estructura anular de alta resistencia diseñada para soportar las tensiones de compresión y tensión de la sarta. En los extremos de este cuerpo se sitúan los conectores (25). Estos elementos de acoplamiento son versátiles y pueden consistir en roscas estándar API, abrazaderas de alta fricción, tornillos prisioneros o collares de
150 interferencia, permitiendo que el centralizador se fije firmemente a cualquier sección del ensamblaje de fondo.

Sobre la superficie externa del cuerpo (21) se proyectan una pluralidad de aletas (22). El diseño geométrico de estas aletas es crucial; no son simples protuberancias, sino que están mecanizadas con superficies achaflanadas (24) en sus extremos superior e inferior. Estos chaflanes o rampas están calculados para guiar la herramienta suavemente a través de restricciones en el pozo, como asientos de válvulas, juntas de tubería o ligeras deformaciones del casing, evitando el efecto de "hombro" o tope mecánico que suele causar el atascamiento de herramientas rígidas.

Incrustados en cada una de las aletas (22) se encuentran los rodamientos (23). En la realización preferida, estos son esferas macizas que se alojan en bolsillos o cavidades internas. Aunque el dibujo muestra una configuración específica, la invención contempla que el número y disposición de las esferas pueda variar según la carga esperada. Un aspecto esencial de esta descripción detallada es que el sistema de retención de las esferas (no ilustrado explícitamente pero implícito en la arquitectura de la aleta) garantiza que las esferas puedan rotar 360 grados en cualquier dirección mientras permanecen cautivas, permitiendo así que el centralizador reduzca la fricción tanto en desplazamientos axiales (subir/bajar) como en movimientos rotacionales (torque).

La Figura 3 permite profundizar en la arquitectura dimensional del invento, lo cual es vital para su aplicación práctica. El diámetro interno (31) del cuerpo es un parámetro variable: en una realización para *slickline*, puede ser nulo, creando un centralizador macizo de gran peso para facilitar el descenso por gravedad en pozos desviados. En una realización para completamiento, este diámetro (31) es pasante y concéntrico con la tubería. El diámetro externo del cuerpo (32) proporciona la base estructural para las aletas.

El diámetro externo logrado por las aletas (33) representa el perfil estático de la herramienta, diseñado para ser ligeramente inferior al diámetro del revestimiento para permitir el flujo de fluidos. Sin embargo, el diámetro exterior del centralizador (34), que es el determinado por el punto más sobresaliente de los rodamientos instalados (23), es el que establece el contacto efectivo. Esta diferencia radial garantiza que, bajo carga, sea el rodamiento el que reciba la fuerza normal, asegurando que la sarta ruede sobre la superficie interna del pozo. Además, la relación entre los diámetros (32) y (33) puede ajustarse en el diseño para que, en ausencia de aletas físicas, los rodamientos (23) se alojen directamente en el cuerpo (21), optimizando el dispositivo para pozos de diámetro extremadamente reducido.

MEJOR MANERA DE REALIZAR LA INVENCION

De acuerdo con el conocimiento técnico acumulado y las exigencias de los entornos de fondo de pozo, la realización óptima de esta invención implica una selección rigurosa de materiales y procesos de manufactura de alta precisión.

195 Materiales Estructurales: El cuerpo principal (21) y las aletas (22) deben ser fabricados a partir de barras de acero aleado de alta resistencia, tales como el AISI 4140 o 4340, sometidos a procesos de temple y revenido para alcanzar una dureza que equilibre la tenacidad con la resistencia al desgaste. En pozos con alta concentración de sulfuro de hidrógeno (H₂S) o dióxido de carbono (CO₂), se recomienda el uso de aceros inoxidables martensíticos o aleaciones de níquel-cromo (como el Inconel), para prevenir la corrosión bajo tensión y la fragilización por hidrógeno.

200 Mecanismo de Rodamiento: Los rodamientos esféricos (23) son los componentes sometidos a mayor estrés de contacto. La mejor manera de realizarlos es utilizando materiales con una dureza superior a la del revestimiento del pozo para evitar su deformación, pero con una tenacidad suficiente para no fracturarse ante cargas de impacto. El carburo de tungsteno con ligante de cobalto o cerámicas técnicas como el nitruro de silicio son opciones ideales debido a su bajo coeficiente de fricción intrínseco y extrema resistencia a la abrasión. Las esferas deben tener un acabado superficial de
205 grado espejo para minimizar la resistencia inicial al rodamiento.

Proceso de Montaje y Tolerancias: Las cavidades que alojan los rodamientos en las aletas deben mecanizarse mediante procesos de control numérico computarizado (CNC) o electroerosión, garantizando tolerancias que permitan un juego radial mínimo. Esto asegura que la esfera pueda girar libremente incluso cuando está sumergida en
210 fluidos con alta densidad de sólidos o lodos cargados con recortes de perforación. Se recomienda que el diseño incluya un sistema de "autolimpieza" donde el movimiento de la esfera expulse los sedimentos fuera de la cavidad.

Protección y Mantenimiento: Para prolongar la vida útil en ciclos operativos extendidos, los alojamientos de las esferas pueden incorporar rascadores o sellos elastoméricos de
215 baja fricción que impidan la entrada de arena y finos de formación al interior del mecanismo. Las superficies de guía achaflanadas (24) deben ser tratadas con procesos de endurecimiento superficial, para resistir el impacto constante contra las paredes del pozo durante el descenso.

Compatibilidad Operativa: Finalmente, la mejor manera de realizar la invención incluye
220 la estandarización de las conexiones (25) bajo normas API. Esto permite que el centralizador sea una herramienta "plug-and-play" que puede insertarse en cualquier sarta existente sin necesidad de adaptadores especiales. La modularidad debe permitir que el operario en campo pueda reemplazar individualmente las esferas o las aletas en caso de daño, sin tener que desechar el cuerpo principal del dispositivo, maximizando
225 así la rentabilidad de la herramienta.