

**TÉCNICAS UTILIZADAS PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS
CEMENTACIONES EN REVESTIDORES SUPERFICIALES PROFUNDOS
NORTE DE MONAGAS – VENEZUELA**

**NEHOMAR BRITO
VICTOR MALDONADO**

**PDVSA
REPUBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA**

RESUMEN

El Norte de Monagas se caracteriza por la diversidad de condiciones para la actividad de perforación y cementación de pozos contemplando una variedad en los diseños mecánicos, debido a sus profundidades, tipos de fluidos utilizados y dimensiones de hoyos que implican en algunos casos la realización de operaciones que por su magnitud representan desembolsos apreciables, esto es el tema de los revestidores superficiales profundos, que constituye en algunos casos la segunda y la tercera fase de la planificación de los pozos del área.

Los revestidores superficiales profundos utilizados generalmente en estas fases son de 16" y 13 3/8" los cuales son asentados a profundidades entre 4500 pies y 10000 pies, cementados de manera convencional con el método de los dos tapones y lechadas extendidas, presentándose muchas veces en situación crítica las cementaciones, como consecuencia de eventos asociados tales como pérdida de circulación, canalización de los fluidos, reducción del hoyo por hinchamiento de arcillas entre otros; originando un sello no efectivo, viéndose reflejado en fallas de PIP, influjo de gas por el anular, largas columnas incompletas y casing corroídos a largo plazo; lo que conlleva a realizar operaciones de reparación que a demás de ser complicados, representan costos y tiempos adicionales, poniendo en riesgo muchas veces la perforación de los pozo.

Estas condiciones han requerido la aplicación de nuevas técnicas y buenas prácticas para el mejoramiento en la cementación de los revestidores superficiales profundos, viéndose reflejadas principalmente en la técnica de cementación con espiga, la cual en conjunto con la fibra de CEMNET y otras técnicas de diseños concentradas en la limpieza del hoyo, la selección de los espaciadores y la excentricidad de la tubería han permitido aumentar la efectividad de las cementaciones.

Entre las contribuciones técnicas relacionadas con la implementación de estas prácticas, se encuentran la disminución de la caída libre, lográndose esto al utilizar el método de la espiga, debido a que el drill pipe es de menor diámetro que el revestidor. También se ha aplicado la utilización de la fibra CEMNET la cual ha dado muy buenos resultados para sellar las zonas con pérdida de circulación, formando una red estructural en la zona afectada, permitiendo que el cemento se distribuya en todo el anular y restaurando la circulación durante la cementación. Además de esto, se encuentran otras técnicas asociadas al diseño de la cementación haciendo hincapié en la limpieza del hoyo a través de la

teoría de presiones estables, que contribuyen a disminuir la canalización y por ende el retorno excesivo de cemento contaminado a superficie.

Las implementaciones de todas estas prácticas antes mencionadas para cementar revestidores superficiales profundos han permitido a PDVSA incrementar el porcentaje de éxito en un 100% y por ende ahorros de costos en reparaciones secundarias.

INTRODUCCIÓN

En el oriente de Venezuela se encuentran distintas áreas operacionales de gran importancia para el desarrollo de la explotación petrolera destacándose la zona del Norte de Monagas, la cual esta constituida por una diversidad de condiciones caracteriza por la perforación de zonas altamente falladas y de una gran complejidad estructural, presentando formaciones superficiales con bajo gradiente de fractura, propensas a pérdidas de circulación combinadas con acuíferos y zonas con alto riesgo de migración de gas; además posee una extensa área intermedia conformada por lutitas presurizadas e inestables. Las formaciones productoras están constituidas por areniscas de baja permeabilidad y zonas depletadas gasíferas, que se ubican a profundidades mayores de 16000' pies y donde alcanzan temperaturas superiores a 280°F.

El diseño de construcción de los pozos del área contempla de cinco a seis fases en donde en muchos casos intervienen los revestidores superficiales profundos de 16" y 13 3/8" asentados entre 4500 pies y 10000 pies. Durante la perforación de estas fases superficiales se presentan pérdidas de circulación severas lo que promueve muchas veces un aislamiento zonal deficiente en las operaciones de cementación bajo criterios convencionales, tal es el uso del desplazamiento con dos tapones y diseño de lechadas extendidas. También se presentan problemas de sellos no efectivos por canalización de fluidos e influjos de gas después de la cementación.

Con el fin de solventar la problemática planteada actualmente PDVSA esta aplicando ciertas técnicas para el mejoramiento de las cementaciones de los revestidores superficiales profundos entre las cuales se encuentran la técnica de la espiga de sello, esta se ha venido utilizando con éxito en el Norte de Monagas para la cementación del conductor de 20" hasta 1500 pies aproximadamente; sin embargo se ha estado evaluando alcanzando profundidades hasta 10000 pies. Adicionalmente se han aplicado prácticas como la teoría de presión estable para el acondicionamiento del lodo con el fin de remover

todo el material deshidratado de lodo y garantizar una buena adherencia del cemento unido a esto la buena centralización de la tubería y un diseño optimo de los espaciadores amoldadas a los requerimientos de las diferentes zonas operativas. También se ha utilizado el uso de la fibra antiperdida inerte (CemNET) en el diseño de los fluidos espaciadores y las lechadas de llenado extendidas a fin de proveeré una red estructural frente a las zonas de perdida.

En el presente trabajo se detallan las técnicas aplicadas para el mejoramiento de las cementaciones de revestidores superficiales profundos así como también los resultados de los trabajos ejecutados bajo el nuevo criterio de diseño que conllevó en algunos casos al desplazamiento de 1400 barriles de lechada asegurando los topes de cemento planificados y la integridad a nivel de la zapata, eliminando trabajos de cementación remédiales y los riesgos posteriores a la cementación.

UBICACIÓN GEOGRAFICA

El Norte de Monagas se encuentra ubicado en la cuenca Oriental de Venezuela; actualmente constituye el área petrolífera más importante del País, debido a la relevancia de los resultados obtenidos en el desarrollo de los campos Mulata, Pirital, Santa Barbara, Furrial, Orocuai y Tacata (Fig1).

Los campos pertenecientes a esta zona se caracterizan por una geología compleja, debido al fallamiento y altos buzamientos de los estratos, existencia de yacimientos petrolíferos a profundidades que oscilan entre los 13000 y 22000 pies, con elevadas presiones y temperaturas, superiores a 10000 lpc y 300°F respectivamente.

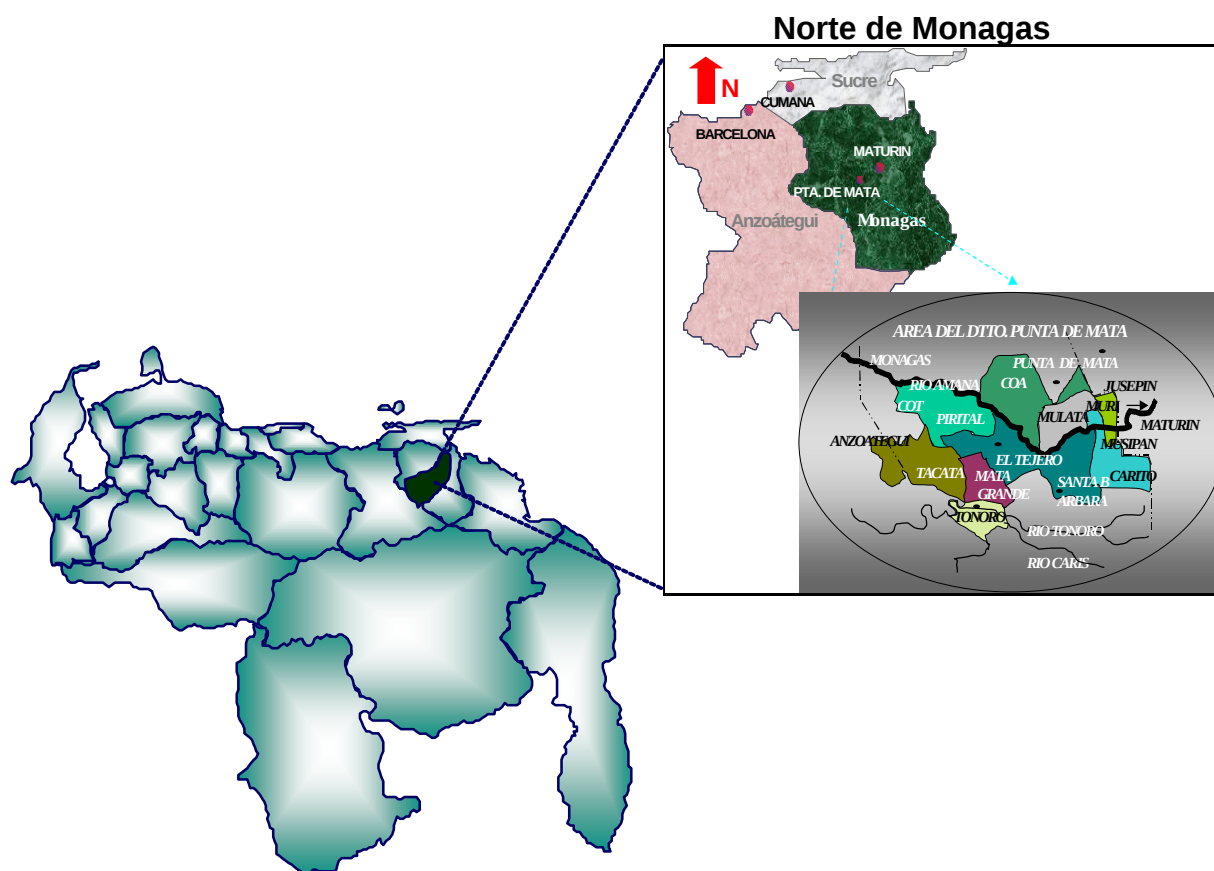


Figura N°1: Ubicación Geográfica del área.

TÉCNICAS APLICADAS PARA LA CEMENTACIÓN DE REVESTIDORES SUPERFICIALES PROFUNDOS.

Antes de Correr el Revestidor.

▪ Acondicionamiento del hoyo:

La reducción de la viscosidad plástica, punto cedente y geles del lodo de perforación aumenta la eficiencia de desplazamiento, disminuyendo de esta forma la presión requerida para desplazar el lodo en la interface cemento fluido.

El fluido de perforación es circulado para acondicionar y limpiar el hoyo considerando de gran ayuda bombear al inicio de la circulación píldoras viscosas seguidas de píldoras dispersas para mejorar la remoción de camadas de sólidos depositados. Se recomienda bajar también con estabilizadores con la sarta de limpieza, en hoyos de 13 3/8" y 16" debido a que existen zonas donde la arcilla reduce el hoyo y han acarreado pegas de revestidor.

▪ Lubricación del hoyo:

El uso de lubricantes mecánicos colocados en la parte más crítica del hoyo facilita la corrida del revestidor; utilizando esferas sólidas de material sintético en la sección de hoyo abierto con mayor grado de inclinación y donde existen proyecciones de hoyos irregulares.

Consideraciones Previas Al Proceso De Cementación Primaria

Incremento De La Eficiencia De Desplazamiento A Través De Una Buena Centralización.

La Centralización es el proceso mediante el cual se logra mantener alejada la tubería de las paredes del hoyo, con el propósito de que coincidan los ejes del hoyo con el de la tubería y así desplazar el lodo y eliminar los canales, creando un sello entre la formación y el revestidor; suministrando así una buena adherencia del cemento al casing y al hoyo. La centralización es de vital importancia en el logro de una efectiva colocación del cemento, pues crea un área de flujo uniforme perpendicular a la dirección del mismo. Esta uniformidad hace que las presiones de desplazamiento sean iguales y, en consecuencia, la resistencia al flujo también será uniforme alrededor de la tubería. En general una buena centralización es necesaria para: Facilitar la colocación de la sarta de revestimiento hasta el fondo del hoyo, lograr un desplazamiento de los fluidos de perforación y una adecuada colocación de la lechada de cemento alrededor de la sarta del revestimiento.

Criterios de Centralización para los revestidores superficiales profundos.

1. Selección adecuada del tipo de centralizador así como su instalación, en función de las condiciones del hoyo y las características de la operación de cementación. se recomienda para la fase de 16" y 13 3/8" los flexibles de un contacto o doble contacto, ver figura 2
2. Cálculo del stand-off para determinar cantidad y ubicación de centralizadores según la zona de interés y basados en los problemas operacionales presentes. Se optimizó el criterio de centralización del revestidor a un mínimo de 75 % de stand-off para mejorar la distribución de los fluidos alrededor de toda la tubería; evitando que estos se movieran a una velocidad más alta en la zona más amplia del espacio anular, adelantándose a cualquier otro fluido que pudiera fluir en la parte más estrecha.
3. Se recomienda tener una buena centralización en el fondo en especial en el intervalo donde se encuentra ubicada la lechada de cola.
4. Detectar si existen algunos intervalos donde se presentan cavernas, asiendo hincapié en estos para buscar un buen standoff por encima y por debajo de estas zonas.

5. Se debe tener una buena centralización por encima de la zapata del revestidor anterior.

La uniformidad del cemento alrededor del revestimiento determino en gran medida la efectividad del sello entre éste y las paredes del hoyo perforado. Cabe señalar que en pozos con geometría de hoyo irregular incrementa la posibilidad de un pequeño espacio anular entre el revestidor y el hoyo debido a la excentricidad del revestidor combinada con las fuerzas gravitacionales sobre el lado estrecho del hoyo.



Figura 2: Centralizadores Flexibles de doble contacto y de un contacto.

Problemas asociados a la pobre remoción del lodo gelificado.

Entre los problemas que puede acarrear la pobre remoción del lodo gelificado se encuentra la Canalización, que trae como consecuencia el retorno excesivo de cemento a superficie a la hora de cementar los revestidores superficiales de 16" y 13 3/8". Por consiguiente los factores que se encuentran intrínsecamente relacionados con estos problemas tenemos:

- Pobre remoción de lodo gelificado.
- Deficiente excentricidad de la tubería.
- Pobre erodabilidad de los preflujos.
- Tasas de flujo no adecuadas.

Acondicionamiento del Hoyo.

1- Aplicación de la erodibilidad:

El principal objetivo en una cementación primaria es conseguir un buen aislamiento zonal en el espacio anular, este aislamiento depende en gran medida de la eficiencia de desplazamiento del fluido de perforación por el cemento y por la condición mecánica del hoyo. Para conseguir una cementación exitosa, el pozo debe ser previamente acondicionado adecuadamente, mediante el rompimiento del

esfuerzo de gel de los fluidos de perforación y basándose en una buena remoción del revoque, el cual es erosionado si las caídas de presión en el espacio anular exceden cierto valor. La resistencia a la erosión y las fuerzas de corte generadas por los fluidos de perforación y el revoque en las paredes de la formación definen el mecanismo de erosión. En el revoque, se adhieren partículas, unas encima de otras que significan fuerzas de resistencia para desplazarlas ó removerlas del pozo. La adherencia de estas partículas es debido a fuerzas superficiales y el desplazamiento de las mismas es debido a fuerzas hidrodinámicas. La adherencia está definida como la agregación de partículas y el desplazamiento está definido como la disgregación de partículas.

La caída de presión está relacionada al esfuerzo de corte en la pared de la formación, por la ecuación:

$$t_w = \frac{(De * \Delta p)}{4L}$$

Donde Δp es la caída de presión en la longitud L y De es el diámetro equivalente a través del cual el fluido está fluyendo. Las fuerzas superficiales que ocasionan que las partículas de adhieran una a otras pueden ser expresadas como el esfuerzo cedente de las partículas contenidas en los fluidos de perforación ó en el revoque. La erosión se lleva a cabo cuando el esfuerzo cortante en la pared de la formación excede el esfuerzo cedente del fluido de perforación ó el revoque depositado tanto en las paredes de la formación como en la parte externa de la tubería esto se conoce como erodabilidad.

Para conocer la erodabilidad de un fluido, existen programas que tienen la versatilidad de crear bases de datos de diferentes fluidos desplazantes con reologías a diferentes condiciones de temperatura de igual manera con diferentes fluidos de perforación con sus respectivos valores reológicos.

Una vez que se tienen estos parámetros, estos programas nos pueden dar los valores de Erodabilidad de cada uno de los fluidos desplazantes basados en sus características reológicas es decir, podemos determinar antes de un trabajo que tan eficiente será el desplazamiento del fluido de perforación y del revoque depositado en la pared de la formación y en la tubería de revestimiento. Esta característica nos permite diseñar desde el laboratorio las características de los fluidos desplazantes y con esto incrementar las posibilidades de éxito durante el trabajo de cementación.

2- TECNICAS RECOMENDADAS DURANTE LA LIMPIEZA DEL HOYO.

- Tiempo: circular el hoyo preferiblemente hasta que las presiones finales monitoreadas y recomendadas según la teoría de la erodabilidad, para cada tasa programada, se estabilice.

- Tasa de Flujo Mínima: Equivalente a la velocidad máxima anular obtenida durante la perforación a nivel de los portamechas, lo cual garantiza la erosión del revoque.

$$VAPM = Q \times 0.4085 / (DM^2 - DPM^2)$$

VAPM = Velocidad Anular en los Portamechas, ft/s.

Q = Tasa de flujo de perforación, gal/min

DM = Diámetro de la Mecha, pulg.

DPM= Diámetro Externo del Portamechas, pulg.

Tasa de flujo con el revestidor en el fondo.

$$Q = VAPM \times (DM^2 - DR^2) / 0.4085$$

DR= Diámetro Externo del Revestidor, pulg.

Tasa de Flujo Máxima: Según la tasa recomendada por el programa de reobilidad y debe ser controlada por el ECD permitido por el pozo.

3- El peso del lodo saliendo no debe ser mayor que 0,2 lb/gal del lodo entrando.

4- Los geles no deben ser progresivos (Ajustar el 10 s y 10 min lo más cercano posible).

- Minimizar Viscosidad Plástica y Punto Cedente para cada sistema en particular.

- Se debe reciprocarse el casing a medida que se está limpiando el hoyo.

- Movimiento del revestidor: Antes de llegar el revestidor en el fondo se recomienda circular las últimas tres parejas con el fin de remover cualquier sucio presente en el fondo, para luego reciprocarse el revestidor durante la circulación del hoyo. La práctica de reciprocarse el casing, dependerá de la centralización de la tubería y de la resistencia de las formaciones a velocidades y presiones surgentes durante el movimiento del revestidor, que puedan inducir a una pérdida de circulación parcial o total o sino, un efecto de suabeo, lo cual puede originar una arremetida del pozo. La reciprocación de la tubería se realizará en el momento que el casing este en el fondo cuando no se haya bajado el drill pipe con la espiga.

Cementación Con Espiga.

El equipo de cementación con espiga es utilizado para cementar casing de grandes diámetros a través del Drill-Pipe o tubería, la cual es insertada y sellada en el equipo de flotación; este método es a veces menos costoso que usando el método convencional de los tapones.

Ventajas: En adición a los ahorros, este método tienen las siguientes ventajas:

1. No son requeridos los tapones de desplazamientos.
2. Al ser bombeado el cemento por una tubería más pequeña reduce la contaminación de la lechada evitando la canalización dentro del casing.
3. Debido a que el cemento llega más rápido al anular reduce el riesgo de tener un fraguado prematuro.
4. En este método también se puede utilizar tapones de desplazamiento los cuales una vez asentado se puede desempotrar la espiga sin ningún problema.
5. El volumen para desplazar es mucho menor que usado en el método convencional, lo cual se hace beneficioso si existe un ambiente de pérdida de circulación.
6. Menos tiempo de operación lo cual se traduce al ahorro de menos aditivos retardadores.

Métodos Aplicados Para La Cementación Con Espiga.

Básicamente se tienen tres métodos para ejecutar los trabajos de cementación con espiga y cada uno requiere de diferentes tipos de equipos.

Método 1

Cuello Flotador Super Seal II y manga deslizante.

Este método se utiliza cuando se corre una espiga y un cuello con un bafle especial pudiendo ser un cuello flotador, el cual tiene construido o incluido una manga sellante con un receptáculo para el acople de la espiga, ver figura 3

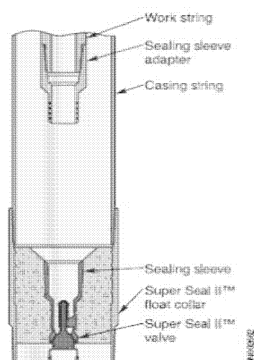


Figura N° 3: Cuello Flotador Super Seal II y manga deslizante.

El concreto retiene la válvula y la manga dentro del equipo de flotación. El tope del equipo de flotación está acoplado para ayudar a guiar la espiga dentro de la manga.

Cuando se usa este método se utiliza un centralizador colocado encima de la espiga para ayudar que la espiga entre en la manga correctamente, después que el revestidor llegue a fondo corra la tubería con la espiga instalada en la punta, empotre la espiga dentro de la manga del equipo de flotación asegurándola con peso, bombear cemento a través de la tubería y del equipo de flotación hacia el anular y finalmente desempotrar la espiga.

Método 2.

Cuello Flotador Super Seal II con manga sellante y asiento del tapón.

Este método se utiliza cuando se tiene la espiga y un baffle especial en el cuello flotador la cual tiene instalado una manga sellante con un asiento para el tapón. La manga sellante provee un receptáculo para la

espiga en el tope y un pequeño orificio para acoplar y sellar la nariz del tapón. La manga esta empotrada dentro del concreto del equipo de flotación. El concreto está también moldeado en el tope para guiar la espiga. La nariz del tapón está diseñada para asentar y acoplar en la manga sellante inmediatamente después de pasar a través de la espiga. La nariz del tapón soportara presión de ambas direcciones después de ser acopladas, ver figura 4

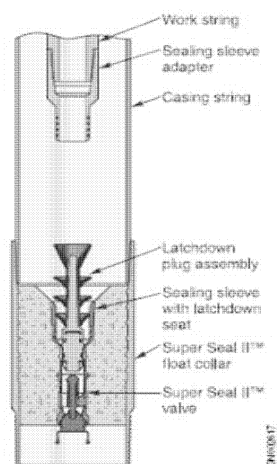


Figura N°4: Cuello Flotador Super Seal II con manga sellante y asiento del tapón.

Después de que se termina la cementación, la tubería es levantada y el tapón asentador sirve como una válvula chequer de apoyo, que puede estar localizado debajo de la tubería. Aunque una válvula chequer no es absolutamente necesaria cuando se utiliza el tapón de asiento, esto puede proveer una doble

seguridad contra el influjo. Al momento que se asiente el tapón, incrementar presión 500 psi sobre la presión de circulación, chequear retorno y levantar la espiga.

Método 3

Cuello Flotador Estándar Super Seal II.

Es implementado cuando se utiliza una configuración plana la cual sellará en cualquier equipo de flotación que tenga una superficie plana de concreto. Se puede utilizar este método para realizar una cementación con tubería sobre cualquier equipo de flotación incluyendo los equipos Super seal, PDF o Super Seal II. Y los equipos que puedan tener cualquier válvula de 2 ¼" o 4 ½". Se instala el equipo de flotación de acuerdo a los procedimientos estándar, sellando la espiga sobre la superficie plana de concreto en lugar de empotrar dentro de una manga sellante.

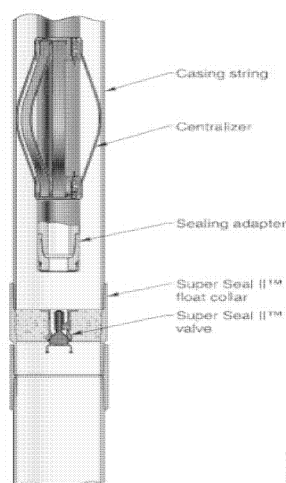


Figura N°5: Cuello Flotador estándar Super Seal II

Recomendaciones Para Utilizar El Método De La Espiga.

- Instale un centralizador inmediatamente por encima de la espiga y en el tope de la primera junta de la tubería. La centralización de la tubería cerca de la espiga, ayudará a alinear la espiga con el equipo de flotación.
- Cuando se utiliza el método tres use al menos 15000 lb de peso para crear un sello en el equipo de flotación; Aunque aproximadamente 40000 lb podrían ser colocados sin dañar el equipo.
- Siempre calcule la hidrostática de cementación antes de realizar cualquier operación sin importar el método escogido.

- Cuando se utilice lodo de baja densidad para desplazar cementos con alto peso, considerar colocarle de 25000 lbs a 30000 lbs de peso, sin embargo hay que realizar los cálculos requeridos para tal propósito.
- Considerar colocar un peso suficiente, según los cálculos previos, cuando se cementan revestidores superficiales a profundidades mayores a 5000 pies; para garantizar un sello en el acople entre la espiga y el receptáculo del equipo de flotación.

Lineamientos Operacionales.

A continuación se citan algunos aspectos operacionales en la utilización del método de la espiga:

- 1.- Seleccione el equipo de flotación apropiado.
- 2.- Seleccionen la espiga apropiada.
- 3.- Seleccione el número y tipo de centralizadores que se utilizan con el Drill Pipe, considerando el ID del revestidor.
- 4.- Seleccione el cabezal de cementación correcto.
- 5.- Calcule la fuerza hidráulica que será ejercidas en la tubería durante el trabajo para prevenir que la espiga se levante o sobre cargue el casing.
- 6.- Cuando se corre el equipo de flotación con tapón asegúrese de que no haya lodos u obstrucciones dentro del Drill Pipe.
- 7.- Chequear el indicador del cabezote para asegurarse de que opera libremente.
- 8.- Chequear el drill pipe para estar seguro que algún adaptador sub-croos over u otro equipo que este en la tubería permita el paso del tapón.

Instrucciones Operativas Para Aplicar El Método De La Espiga.

- 1.- Instale el equipo de flotación en el casing y correrlo en el hoyo.
- 2.- Reduzca la velocidad de la tubería lentamente cuando esté cerca del equipo de flotación, con el fin de evitar impactos que puedan dañar el equipo o el sello de la espiga.
- 3.- Antes de conectar es necesario circular los sólidos que estén en el tope del equipo de flotación antes de empotrar la espiga.
- 4.- Parar las bombas, antes de insertar la espiga para evitar el daño a los sellos.
- 5.- Conectar o insertar la espiga y determinar si el sello fue establecido, bombeando a través de la tubería.
- 6.- Monitorear la presión anular entre la tubería y el casing para evitar que la espiga se salga del equipo de flotación.

- 7.- Después de que la espiga quede empotrada circule el pozo para limpiarlo de sucio y al mismo tiempo acondicionar el fluido.
- 8.- Mezclar, bombear y desplazar el cemento a través de la tubería.
- 9.- Si el equipo de flotación incluye tapón liberar este antes de desplazar.
- 10.-Desplazar el cemento a una tasa seleccionada. Antes que el tapón alcance el equipo de flotación, bajar la tasa a un barril por minuto, asentando el tapón lentamente con 500 lb sobre la presión final de desplazamiento. Luego verificar la condición del tapón y de la válvula al chequear retorno.
- 11.- Después de estar seguro de que el equipo de flotación funciona correctamente levantar la tubería y reversar dentro del casing si solo si la presión hidrostática no sea mayor que la presión de la válvula del equipo de flotación, porque si la válvula se abre puede causar contaminación del cemento alrededor de la zapata. El cemento puede ser reversado sin ningún problema si se usa tapón ya que este sella en ambas direcciones.

Fibra De CEMNET Para Curar Problemas De Pérdida De Circulación Durante La Cementación.

Cuando se cementa un casing en algunos casos existen problemas de perdida de circulación. Parte de la lechada se pierde por zonas altamente porosas o cavernas. El CemNet esta compuesto por un material fibroso inerte, capaz de formar una red estructural a través de la zona de perdida permitiendo que la circulación sea restablecida. La fibra de CemNET esta diseñada para sellar zonas de perdida y es compatible con todos los sistemas de cementación y aditivos. La fibra se agrega durante el proceso de cementación on the fly en el tanque mezclador, esta característica no afecta las propiedades de la lechada, permitiendo usar una porción de la lechada diseñada para ser bombeada donde la perdida este presente. Una vez que se disperse en la lechada la fibra crea una red física que cuando se repliega a través de la zona de perdida permite al cemento sellar la zona, resultando en un establecimiento de la circulación durante el tratamiento.

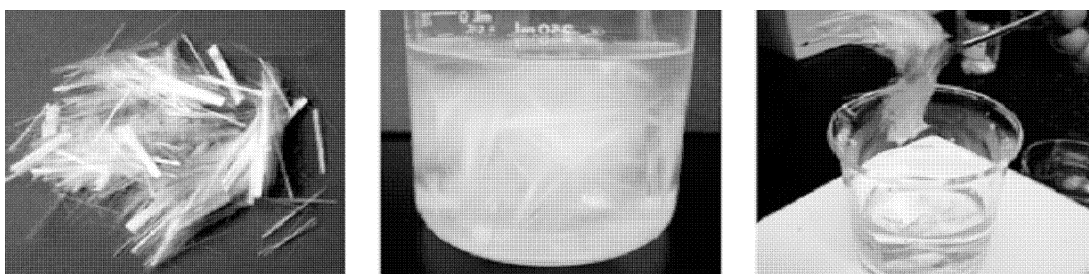


Figura N°6: Tecnología en fibra de CEMNET

Aplicaciones

- Para recuperar circulación durante las cementaciones.
- Bajo todas las condiciones de Temperatura.
- En la mayoría de las formulaciones de lechadas.

Beneficios

- Elimina perdidas durante operaciones de cementación, reduce la necesidad de las costosas operaciones remediales de forzamientos.
- Asegura que los topes de cemento diseñado sean alcanzados.
- Aumenta la adherencia del cemento en la zapata.
- Se puede agregar al vuelo durante la mezcla sin alterar las propiedades de la lechada.

Características

- Forma una red estructural frente a la zona de perdidas.
- Puede ser añadido al vuelo durante la mezcla de cemento.
- No afecta las propiedades de las lechadas de cemento.

Diseño Recomendado de los Preflujos y Lechadas de Cemento.

En caso de utilizar fluido de perforación base aceite se recomienda la utilización de doble espaciador, uno base aceite, capaz de humectar y acarrear el lodo deshidratado a través de sus propiedades químicas y mecánicas, y un espaciador base agua con el fin de cambiar la mojabilidad de la roca para que el cemento tenga una buena adherencia. El espaciador base agua debe tener como mínimo una densidad de 0.5 - 1 lpg por encima de la densidad del espaciador base aceite. Los espaciadores base aceite debe tener como mínimo una densidad entre 0.5 - 1 lpg por encima de la densidad del fluido de perforación.

En caso de utilizar fluido de perforación base agua se recomienda la utilización de un volumen de agua con una concentración del 3% de cloruro de potasio para inhibir el hinchamiento de las arcillas, mas un volumen de espaciador base agua con el propósito de acarrear los sólidos que forman el revoque. También se recomienda la utilización de un lavador base agua o solvente mutual siempre y cuando el nivel hidrostático lo permita, con el propósito de debilitar el revoque.

Los volúmenes seleccionados para los espaciadores deben ser los necesarios para un tiempo de contacto mayor de 10 min, o una separación de 1000 pies de altura en el espacio anular. Cuando se utilizan doble espaciador, el espaciador base agua será de mayor volumen que el de base de aceite para incrementar el efecto de humectación de las paredes del hoyo y tubería con el fin de promover el medio propicio para mejorar la adherencia del cemento.

Durante el acondicionamiento del hoyo, se recomienda desplazar a altas tasas con el propósito de obtener una velocidad de flujo que exceda el esfuerzo de corte de la roca generando el efecto de erosión lo cual permite una remoción efectiva del revoque. Si el o los espaciadores son densificados de tal manera que el régimen de flujo turbulento requiere de tasas sumamente elevadas, desplazar el o los espaciadores a tasas recomendadas según programa de erodibilidad, asegurando el tiempo de bombeabilidad de la mezcla de cemento y no sobrepasar el gradiente de fractura de la formación.

Con respecto al diseño de las lechadas se utiliza normalmente dos lechadas, una extendida con cemento “B” a 13 - 13,5 lpg y otra de cola a 15,6 lpg que puede ser convencional o antimigratoria dependiendo el ambiente de cementación. La Mayor importancia para el diseño de la lechada tiene que ver con su reología, ya que además de tener un tren progresivo ascendente con respecto a los otros fluidos debe poseer unos valores de viscosidad plástica y punto cedente de medio a moderadamente alta, con el propósito de disminuir la velocidad de la lechada en el anular y así evitar la canalización siempre y cuando haya una buena centralización y una efectiva remoción del lodo deshidratado, ya que el cemento se ira a comportar creando un perfil de desplazamiento uniforme durante toda la trayectoria anular. Entre más viscoso es el cemento menos posibilidad hay en mezclarse con el espaciador. Los valores de reología recomendados tenemos:

Lechadas	Densidad (lpg)	Viscosidad Plástica (CPS)	Punto Cedente (Lb/100Pie²)
Llenado	13 -15	70 - 150	>10
Cola	15,6-15,8	170-240	>15

RESULTADOS OBTENIDOS.

Con la aplicación de las técnicas descritas anteriormente, PDVSA incrementó el porcentaje de éxito en el Norte de Monagas para los revestidores superficiales profundos de 70 % a 100%, reduciendo la

cantidad de reparaciones de las cementaciones primarias asociadas a fallas de PIP e influjos de gas por el anular.

Entre los pozos mas relevantes en donde se implementó el método de la espiga (Cuello Flotador Super Seal II y manga deslizante) se encuentra el TAC-2X, aplicado en la cementación del revestidor superficial de 16" asentado a 6283' pies donde se perforó con lodo agua- gel de 10 lpg, aplicando un peso a la espiga de 15000 lbs garantizando el sello y utilizando lechada de llenado convencional de 12,5 lpg y una lechada de cola antimigratoria de 15.6 lpg; no observando retorno de cemento a superficie, mostraron excelentes resultados, realizándose satisfactoriamente la prueba PIP. Posteriormente se realizo la cementación del pozo TAC-19X revestidor de 16" asentado a 6810 pies arrojando buenos resultado, también se realizó la cementación con espiga para la fase de 13 3/8" en este pozo, bajo un ambiente de perdida de circulación severa aplicando la fibra inerte de CEMNET a los espaciadores y a un volumen de lechada aunado a las practicas recomendadas para estos revestidores, obteniendo circulación durante la cementación garantizando los topes de cemento planificados y obteniendo buen sello a nivel de la zapata.

Para el año 2004 el pozo TAC-21 representó el mayor reto para la cementación del Norte de Monagas, ya que se planificó cementar con el método de la espiga el revestidor de 13 3/8" asentado a 10000' presentando problemas de perdida de circulación severa durante toda la perforación del hoyo de 17 1/2" , utilizando lodo 100% aceite y aplicando 25000 lbs de peso a la espiga para hacer sello; se utilizó la fibra de CEMNET en todo el volumen de lechada, desplazando aproximadamente 1400 bls de cemento hacia el anular, logrando restablecer circulación y obteniendo un aislamiento de arenas gasiferas y un sello a nivel de la zapata.

CONCLUSIONES.

- El acondicionamiento del lodo antes de la cementación se recomienda realizarlo a altas tasas considerando la resistencia a la erosión y las fuerzas de corte generada por el fluido de perforación en la cara del revoque estando limitadas por los esfuerzos de fractura de la roca. Es imprescindible el monitoreo constante de la relación presión vs tasa de circulación y el reciprocamiento del casing para obtener una condición estable en el hoyo que garantice la remoción del lodo de perforación parcialmente deshidratado, de allí partirá gran parte el éxito de la cementación.
- La técnica de cementación con espiga minimiza la canalización de los fluidos y por ende el retorno de cemento a superficie, también permite el ahorro de volúmenes de lodo al momento del

desplazamiento, cuando se presenten problemas de pérdida de circulación que en conjunto con la fibra de CEMNET permite obtener un aislamiento zonal efectivo.

- Una buena excentricidad o centralización de la tubería permite una distribución uniforme de la lechada en todo el espacio anular obteniendo velocidades de flujo similares en forma radial contribuyendo de una u otra forma a disminuir la canalización.
- La técnica de doble espaciador en régimen turbulento manteniendo un tren de densidades y reologías en forma progresiva, ratifican en gran parte el éxito de la cementación en los revestidores superficiales profundos.
- Desplazar los fluidos cementantes a tasas recomendadas según programa de erodibilidad con el fin de que contribuyan a la remoción del revoque posicionándose de manera uniforme en el anular.
- Utilizar el movimiento del revestidor, (reciprocación o rotación) durante la circulación del hoyo para ayudar a remover el lodo gelificado de las paredes del revestidor y formación
- Con la aplicación de las técnicas descritas se han incrementado en un 100% el éxito en las cementaciones de los revestidores superficiales profundos en el Norte de Monagas.

CONTRIBUCIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA.

- 1.-El método del stinger minimiza la caída libre y la canalización de los fluidos, por ser el desplazamiento a través del drill pipe, lo cual este resulta de menor diámetro que el revestidor.
2. El método de la espiga simplifica la logística de la cementación, ya que no se utilizaría la gran cantidad de lodo para el desplazamiento, debido a que se requiere simplemente el volumen del drill pipe.
3. La fibra en la lechada de cemento detiene la pérdida de circulación formando una red estructural en la zona de pérdida, permitiendo que el cemento se distribuya en todo el anular lograndose ahorros en volúmenes de fluidos.
- 4.- La fibra no altera las propiedades de la lechada de cemento y disminuye el riesgo de taponamiento de las líneas de flujo y de la espiga en donde va conectado el drill pipe.
- 5.- Minimiza la aplicación de cementaciones remediales futuras y por ende ahorros en reparación.
- 6.- Se ahorran mas volúmenes de lodo utilizado en comparación con el método convencional, ya que el desplazamiento se efectúa por el drill pipe, ideal para para cementaciones con pérdida de circulación.
- 7.-Menos volúmenes de cemento perdido a la formación, Ya que la fibra actúa en como material sellante levantando retorno a superficie durante la cementación.

- 8.- Se ahorra el costo de los tapones de desplazamiento que se utiliza con el método convencional.
- 9.- Con el uso de la espiga, al poderse parar el bombeo de lechadas, una vez que retornen a superficie, se evitara el exceso de lechadas retornadas a superficie. De esta forma habra ahorros en limpieza y se evitara un daño al ambiente.

BIBLIOGRAFÍA.

GONZÁLEZ, O. N. (1.996). *“Normalización de las Cementaciones Primarias de Revestidores y Camisas de Producción en el Área Norte de Monagas”*. Trabajo Especial de Grado. (U.C.V).

Parcevaux P, Rae P, y Drecq P. *“Prevención de Migración de Gas en el Anular”*. Dowell Schumberger, 1

Mego Afek.-*“Inner-String cementing for Large-Diameter Casing”*.

Brito N. (2003) *“Diseño de un sistema automatizado para la planificación de especificaciones técnicas de cementación en pozos del área punta de mata.”* Trabajo de Grado (U.D.O).