

16

29



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE INGENIERIA

**Importancia de los Fluidos Lavadores y Espaciadores
en las Operaciones de Cementación Primaria**

T E S I S

Que para obtener el Título de
INGENIERO PETROLERO
P r e s e n t a

ANTONIO GUTIERREZ CHAVEZ



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE

	Página
PROPOSITO DEL TRABAJO	iv
INTRODUCCION	I
CAPITULOS	
I. GENERALIDADES	3
A) Funciones y propiedades del cemento	3
B) Contaminantes que afectan el comporta- miento del cemento	9
C) Dispositivos Mecánicos	12
II. FUNCIONES Y PROPIEDADES DE LOS FLUIDOS LAVA- DCRES Y ESPACIADORES	16
A) Funciones de los fluidos lavadores y espaciadores	20
B) Propiedades de los fluidos lavadores y espaciadores	22

III. CLASIFICACION DE LOS FLUIDOS LAVADORES Y ESPACIADORES EN FUNCION DE LAS CONDICIONES Y REQUERIMIENTOS DE CADA POZO	28
A) Fluidos Lavadores	29
B) Fluidos Espaciadores	34
IV. CONDICIONES PARA SU APLICACION EN EL CAMPO	39
1. En Plantas	39
2. En Campo	41
A) Aplicación de un fluido lavador o espa- ciador	43
B) Cálculo del volumen de fluido espaciador.	46
V. RECOMENDACIONES	48
VI. CONCLUSIONES	51
BIBLIOGRAFIA	53

PROPOSITO DEL TRABAJO

Este trabajo tiene como fin dar a conocer, a través de una recopilación bibliográfica, el porqué es importante emplear Fluidos Lavadores y Espaciadores como medios de limpieza para evitar problemas de malas cementaciones que, a la larga, incrementan los costos de perforación y producción; siendo esto último suficiente razón para que se tomen en cuenta todos los factores que contribuyen a la óptima realización de la operación de cementación.

INTRODUCCION

En la industria de la perforación es de vital importancia que se efectúe en forma eficiente, el ademe de tuberías para conseguir la terminación exitosa del pozo y un mayor rendimiento en su producción, o de lo contrario, se tendrán elevados costos por trabajos de cementación forzada y en el último de los casos la pérdida total del pozo.

Para cumplir esta función es necesario eliminar materiales contaminantes procedentes de los depósitos que dejan sobre las paredes del agujero los fluidos de perforación, los cuales afectan la adherencia y resistencia del cemento.

Actualmente los elementos contaminantes se han eliminado por dos medios: el mecánico y el químico; siendo el trabajo del primero insuficiente ya que, ocasiona erosión en la formación y como consecuencia pérdida del cemento y deshidratación del mismo; además está limitado en su aplicación a pozos con diversas variaciones de diámetro; por tal motivo es conveniente emplear medios que protejan las formaciones y

eviten el fraguado defectuoso del cemento, como son los Fluidos Lavadores y Espaciadores.

CAPITULO I

GENERALIDADES

Para definir la importancia de los fluidos lavadores y espaciadores, es necesario conocer previamente las funciones y propiedades que debe tener el cemento en forma aislada del mismo modo, es importante conocer los aditivos empleados para su control y los elementos contaminantes que alteran sus propiedades, entre los que se cuentan los fluidos de perforación y el enjarre depositado en las paredes del pozo. Finalmente, en este capítulo, se describen los dispositivos mecánicos de limpieza del agujero.

A) Funciones y Propiedades del Cemento

Con pocas excepciones, el cemento Portland es el principal componente de los materiales de cementación. Este es el cemento común que ha sido usado en la industria de la construcción por muchos años. Sin embargo, con el advenimiento de su empleo para cementar tuberías de revestimiento en pozos de

Aceite (necesidades de bombeo a elevadas temperaturas y presiones), obligaron a revisar sus especificaciones. A la fecha, gran variedad de aditivos han sido desarrollados para cambiar las especificaciones del cemento Portland, para adaptarlo a las condiciones de un pozo.

Los objetivos que debe cubrir satisfactoriamente el cemento son los siguientes:

1. La lechada de cemento debe poder colocarse en la posición deseada mediante el uso del equipo de bombeo en la superficie.
2. Después de ser colocada debe desarrollar suficiente resistencia dentro de un corto tiempo, de manera que el tiempo de espera del cemento pueda mantenerse al mínimo.
3. Suficiente resistencia debe ser desarrollada en el cemento para evitar fallas mecánicas.
4. El cemento debe poder sellar perfectamente el espacio entre la tubería de revestimiento y la formación.
5. El cemento deberá ser químicamente inerte con la formación y con los fluidos que entra en contacto.
6. El cemento debe permanecer estable para evitar que pierda sus propiedades de resistencia con el tiempo.
7. El cemento que ha fraguado debe tener baja permeabilidad para impedir que los fluidos logren pasar a través de él.

El cemento usado en los trabajos de cementación primaria, posee varias propiedades que son manejadas cuidadosamente para lograr colocarlo a la profundidad deseada, sin alterar sus características de diseño, describiéndose a continuación:

1. Tiempo de bombeo del cemento.
2. Resistencia del cemento.
3. Relación agua-cemento.
4. Densidad de la lechada de cemento.
5. Aditivos del cemento.

1. Tiempo de bombeo del cemento

El tiempo de bombeo y la viscosidad del cemento son de primera importancia en la cementación de un pozo ya que, depende de estas cualidades que se pueda colocar a la profundidad programada; la primera se puede controlar de varias maneras: (1) por la finura de los granos del cemento, teniéndose para granos más pequeños mayor área superficial expuesta al agua, consiguiéndose mayor velocidad de reacción. La desventaja de este método es la incompleta reacción del cemento con el agua conforme el tamaño del grano aumenta; (2) los componentes del cemento que rápidamente se hidratan son limitados (aluminato tricálcico, $3CaO \cdot Al_2O_3$); (3) por aditivos que retardan la reacción de los componentes de la lechada de cemento. Estos materiales incluyen almidones modificados, azú-

cares, sales de lignino, ácido sulfónico, ácido bórico y sus sales y gomas. Los retardadores funcionan principalmente cambiando las fuerzas superficiales de las partículas de cemento por absorción. El propósito de estos aditivos es reducir la velocidad de reacción del cemento con el agua, y al mismo tiempo mantener la viscosidad de la lechada abajo de 25 poises durante un período de varias horas.

2. Resistencia del cemento

Desde el punto de vista del ingeniero, la primera consideración es determinar la dureza que el cemento debe conseguir para cubrir lo siguiente: (1) seguridad de la tubería en el pozo; (2) aislar zonas permeables en el pozo; (3) resistir los choques de la tubería de perforación y de los disparos; (4) limitar la presión de fractura de la formación cuando ésta es baja; (5) lograr las condiciones anteriores a pesar de la contaminación del lodo.

Las fuerzas que actúan sobre el cemento asentado en el espacio anular, se componen de una fuerza de compresión horizontal dada por la presión de formación y una fuerza de corte o tensión vertical, proporcionada por el peso de la tubería; como resultado del estudio de estas fuerzas se llegó a la conclusión que una resistencia a la tensión de 8 lb/pg^2 , aproximadamente 100 lb/pg^2 de resistencia a la compresión del cemento es suficiente.

Sin embargo, se han presentado datos referentes a la dureza del cemento para aislar zonas permeables en un pozo mostrando que la habilidad del cemento para unirse a la tubería puede correlacionarse con la resistencia a la tensión del cemento, la óptima resistencia a la tensión, si se considera el costo mínimo de material, el mayor volumen de llenado del espacio anular y el bajo peso de la columna de lechada que impida el mínimo pasaje de fluidos, es de 50 lb/pg².

3. Relación agua-cemento

La área superficial afecta el peso mínimo y máximo de la lechada, el bajo y alto contenido de agua, esto determina la cantidad de agua agregada al cemento, misma que está comprendida dentro de un mínimo y un máximo dentro de tal rango, las propiedades del cemento permanecen estables. Si una cantidad de agua por abajo de la mínima es usada, la fricción provocada por la circulación de la lechada en el espacio anular más la presión hidrostática, puede causar el fracturamiento de formaciones débiles. En adición a la baja relación agua-cemento pueden ocurrir pérdidas de agua en formaciones permeables, resultando en la prematura detención de la lechada de cemento. Por otro lado, cantidades mínimas de agua son necesarias para controlar presiones altas provenientes de alguna formación, por medio de grandes pesos de la columna de lechada. El tiempo de bombeo de estas lechadas con bajo contenido

de agua es considerablemente menor, que de aquellas con relaciones normales de agua-cemento. La cantidad máxima de agua determina el mayor tiempo de bombeabilidad y la más baja densidad de la lechada. Del mismo modo que para la mínima cantidad de agua, se presentan serios problemas al agregársele más agua de la necesaria al cemento; en este caso, se forman en su cuerpo bolsas de agua que disminuyen su resistencia. Por otra parte la densidad de la lechada puede caer en valores que resultarán riesgosos, por el posible descontrol del pozo.

4. Densidad de la lechada de cemento

La densidad de la lechada de cemento se determina tomando en cuenta todos los materiales que la componen, éstos son agua, cemento y aditivos. La área superficial de las partículas de cemento determina la cantidad de agua para formar la lechada, si dicha área es elevada, mayor cantidad de agua podrá ser agregada y por tanto más ligera será la columna hidrostática; y viceversa, a menor área superficial expuesta al agua, menor cantidad de agua será agregada y se tendrá mayor peso de la columna hidrostática.

Para prevenir el descontrol del pozo durante la cementación o después de la colocación del cemento, la lechada debe ser tan pasada como el lodo usado en la perforación.

5. Aditivos del cemento

El desarrollo de aditivos ha resuelto gran cantidad de problemas en las operaciones de cementación, con el fin de modificar las propiedades de las lechadas de cemento. Y en la actualidad se consideran esenciales para el éxito de dicha operación. Uno o más aditivos son usados para conseguir uno o más de los propósitos siguientes.

1. Reducir o incrementar la viscosidad.
2. Acelerar o retardar el tiempo de fraguado.
3. Incrementar el volumen a un costo reducido.
4. Incrementar la resistencia.
5. Prevenir el filtrado.
6. Reducir la pérdida de agua.

B) Contaminantes que Afectan el Comportamiento del Cemento

Después de que el cemento ha sido mezclado para formar una lechada, es posible que materiales extraños lleguen a mezclarse con él y que provoquen un comportamiento anormal. Los contaminantes más frecuentes son:

1. Agua dulce.
2. Lodo de perforación.
3. Enjarres.
4. Agua salada.

I. Agua dulce

El agua dulce es normalmente usada para preparar la lechada de cemento. La máxima cantidad de agua puede ser agregada y no interferir con el fraguado correcto del cemento, asegurando un buen mezclado y el adecuado tiempo de bombeabilidad; cualquier cantidad de agua por arriba del límite máximo permitido provoca un excesivo asentamiento de las partículas sólidas de cemento y causa la formación de espacios vacíos en la columna de cemento.

2. Lodo de perforación

El lodo de perforación se compone de una: (a) fase líquida; (b) fase coloidal; (c) fase densificante y (d) agentes químicos. Los efectos de cada una de las fases serán considerados separadamente.

a) Fase líquida. Esta puede ser agua dulce, salada, tratada con calcio, cuando las dos últimas entran en contacto con el cemento aceleran su fraguado; los lodos de polímeros forman en la interfase con el cemento, mezclas con viscosidades elevadas; también es frecuente tener diesel, este fluido es incompatible con el cemento ya que al mezclarse con él impide su hidratación adecuada y las mezclas que forman poseen viscosidades elevadas.

b) Fase coloidal. Esta normalmente es bentonita, la contaminación del cemento con este material proveniente del lodo

tieno el mismo efecto sobre la lechada que la bentonita en cementos modificados. La bentonita reduce la resistencia y el tiempo de fraguado del cemento. Si cantidades excesivas de bentonita se mezclan con el cemento, puede ocurrir que nunca fragüe correctamente.

c) Fase densificante. Esta fase no deteriora las propiedades del cemento. En muchos casos cuando se presentan presiones anormales es necesario aumentar la densidad de la lechada de cemento para controlar las presiones de formación. La barita, hemátita, ilmenita, etc., pueden ser agregadas al cemento para este propósito.

d) Agentes químicos. Estos agentes tienen efectos variables sobre el cemento, muchos de los componentes orgánicos usados en los lodos de perforación reaccionan retardando su tiempo de fraguado; ejemplos de estos aditivos son: calcio, lignosulfonato, quebracho y carboximetil celulosa de sodio.

Ciertos agentes inorgánicos como son el hidróxido de sodio y el carbonato de sodio, aumentan la concentración de sales en la fase líquida de la lechada, ocasionando la aceleración de su tiempo de fraguado.

Otro componente como es el pirofosfato de sodio, dispersa la lechada haciendo una mezcla más homogénea, los silicatos de sodio y algunos jabones ayudan a emulsificar la lechada de cemento cuando se usa diesel, con el propósito de aligurar el peso de la columna hidrostática de la misma.

3. Enjarres

La fase dispersa de un lodo de perforación es la encargada de crear el enjarre en las paredes del pozo, su espesor y composición varían dependiendo de las condiciones de presión y temperatura en el pozo y de la forma, tamaño y tipo de partículas que lo forman. Cuando la lechada de cemento es desplazada por el espacio anular puede remover el enjarre de las paredes del pozo y formar una mezcla que no tendrá las propiedades de adherencia y resistencia propias del cemento, o en otro caso, el enjarre puede ser solamente erosionado pero no removido totalmente, lo cual propiciará falla en la cementación por no quedar adherido uniformemente a la formación.

4. Agua salada

El agua salada es el fluido más común de los fluidos de formación que contaminan la lechada de cemento, las sales que pueden encontrarse son: cloruro de sodio, cloruro de calcio, cloruro de potasio, etc. ; generalmente al mezclarse con el cemento disminuyen su tiempo de fraguado.

C) Dispositivos Mecánicas

Los dispositivos mecánicos son de dos tipos:

1. Centrales.
2. Raspadores.

1. Centradores

La forma final del collar de cemento juega un importante papel en su efectividad. En muchos casos la tubería de revestimiento no es concéntrica al pozo y dado que los pozos carecen de una verticalidad perfecta, en diferentes sitios la tubería estará en contacto con las paredes del pozo y el enjarre debido a esto, la presión diferencial puede llegar a pegar la tubería a la pared del pozo.

Los contradores convenientemente instalados ayudan en las operaciones de cementación de la forma siguiente:

1. Centrar la sarta de tuberías de revestimiento en el pozo.
2. Prevenir la presión diferencial que puede pegar la tubería a la pared del pozo.
3. Mantener la tubería libre en el agujero.
4. Ayudar en la remoción del enjarre y el rompimiento de la canalización del cemento.

2. Raspadores

Un raspador es un dispositivo mecánico para la limpieza de la pared del pozo; su propósito es remover el enjarre de las paredes del pozo en el área cubierta antes y durante la operación de cementación. Esto permitirá buen enlace del cemento a la formación y evitará la contaminación y canaliza-

ción durante el desplazamiento de la lechada de cemento.

Existen dos tipos de estos dispositivos que son: a) reciprocante, b) rotatorio.

a) Reciprocante. El movimiento de este raspador es en forma reciprocante, permite remover el enjarre en la zona por cementar con mínima alteración de otros intervalos. Se compone de bandas de acero con numerosas cerdas de metal, cables o dedos de goma; se fabrican de tres tipos: de cuerpo sólido, de bisagra y de dos piezas. Un anillo colocado sobre la tubería de revestimiento arriba y abajo de los raspadores con una separación de 2 pies permiten a la tubería ser levantada sin remover el enjarre mientras la tubería de revestimiento es corrida. El raspador tipo reciprocante cumple su misión de remover el enjarre de la pared del pozo siempre y cuando se le proporcione la suficiente distancia, normalmente 20 a 15 pies de espaciamiento, que asegura una área traslapada con la inmediata superior correspondiente a otro raspador.

b) Rotatorio. El movimiento de este raspador es en forma rotatoria. Se compone de una faja de metal con cerdas de alambre dispuestas en toda su longitud; este raspador es instalado por soldadura o fajas de metal unidas con una grapa a la tubería de revestimiento, su localización será frente a la zona que quedará aislada con cemento.

Se ha encontrado que ambos tipos de raspadores remueven

el enjarre cuando sus elementos activos entran en contacto con las paredes del pozo, siempre que éste posea un diámetro menor que aquellos. A pesar que existe una diferencia en la manera de actuar de cada dispositivo, las pruebas comparativas han demostrado que los dos tipos tienen una eficacia semejante en la limpieza del pozo y por tanto en dejar que el cemento selle perfectamente el espacio anular donde es colocado.

CAPITULO II

FUNCIONES Y PROPIEDADES DE LOS FLUIDOS LAVADORES Y

ESPACIADORES

El futuro de un pozo de aceite o gas depende del comienzo de su vida, una de las cosas que ocurren en esta etapa y que afectan de manera contundente su futuro, es la cementación de tuberías de revestimiento, la cual se logra al favorecer la adherencia del cemento a la formación y a la tubería a través de un mejor desplazamiento del lodo de perforación y de la buena remoción del enjarre que se forma en las paredes del agujero; para llevar a cabo esta objetivo se emplean las siguientes técnicas.

I. Mecánicas

- a) Movimiento de la tubería en forma rotatoria y reciprocante.
- b) Empleo de dispositivos mecánicos: b.1) raspadores
b.2) centradores.

2. Fisicoquímicos

- a) Acondicionamiento de las propiedades reológicas del fluido de perforación.
- b) Empleo de fluidos lavadores y espaciadores.

I. Mecánicas

a) Movimiento de la tubería en forma rotatoria y reciprocante. Este movimiento provoca un efecto favorable en el desplazamiento del lodo de perforación, al vencer la fuerza de resistencia al flujo que éste presenta debido al gel, esto evita la canalización del fluido espaciador empleado para separar al lodo del cemento.

- b) Empleo de dispositivos mecánicos: b.1) raspadores
b.2) centradores

b.1) Raspadores. Investigaciones sobre los mecanismos de desplazamiento indican que el uso de raspadores en conjunto con el movimiento de la tubería, ayudan a conseguir el óptimo desplazamiento del lodo al romper el esfuerzo del gel; además se beneficia la remoción de partículas sólidas adheridas a la pared del agujero a través de un contacto directo con ellas.

b.2) Centradores. Pruebas de desplazamiento han demostrado que el uso de centradores en la tubería aumenta la cantidad de lodo desplazado. Está aceptado que el porcentaje de desplazamiento depende de factores como las condiciones del

lodo, el agujero y el gasto de circulación, pero mediante el uso de centradores en la tubería podemos distribuir uniformemente el flujo de cemento en el espacio anular y lograr un frente de desplazamiento homogéneo, con lo cual mayor cantidad de lodo es removido.

2. Fisicoquímicas

a) Acondicionamiento de las propiedades reológicas del lodo de perforación. Es necesario acondicionar el lodo de perforación para disminuir sus propiedades reológicas, en caso de que estas sean elevadas, ya que pueden provocar una inadecuada remoción del lodo.

b) Empleo de fluidos lavadores y espaciadores. Su propósito es eliminar materiales contaminantes provenientes de los lodos de perforación adheridos a las paredes del pozo. Esta función se realiza mediante el fenómeno de tensión superficial para lo cual se emplea un efecto de detergencia, con el fin de remover partículas sólidas y películas debidas al empleo de sistemas coloidales hidratables emulsificados, o materiales asfálticos, tiene además como función separar los fluidos existentes en el espacio anular de la lechada de cemento para evitar la contaminación de ésta última.

Los fluidos que se han venido empleando como sistemas espaciadores y lavadores son los siguientes:

1. Agua dulce.
2. Agua salada.
3. Diesel.

Actualmente estos medios se han ido perfeccionando mediante el empleo de aditivos surfactantes que facilitan la remoción de sólidos y películas, con la ventaja de poder utilizar materiales densificantes según lo exijan las condiciones del pozo.

Ventajas y desventajas que presentan los fluidos espacia-dores mencionados.

1. Agua dulce

Puede ocasionar daños a la formación por el bloqueo que origina el agua de filtrado o la emulsificación de ésta, con el aceite de la formación, además puede ocasionar la hidratación de arcillas sensibles a ella. Su ventaja es dispersar el enjarre formado en las paredes del pozo y su facilidad de fluir en flujo turbulento a presiones de bombeo relativamente bajas.

2. Agua salada

Propicia la formación de emulsiones con los fluidos de la formación y es incompatible con los lodos de perforación tradicionales. Estos fluidos son compatibles con el cemento y

protegen la formación.

3. Diesel

Reduce considerablemente el tiempo de fraguado del cemento al formar emulsiones con él, tiene una baja capacidad de acarreo y suspensión. El aceite es compatible con los fluidos de la formación y remueve depósitos dejados por lodos base aceite utilizados en la perforación.

Estas desventajas dieron origen a la formación de sistemas denominados Lavadores y Espaciadores con condiciones reológicas de filtración y de densidad controladas mediante el empleo de aditivos específicos.

La diferencia que existe entre un fluido lavador y espaciador, es que éste último presenta puntos de cohesión que permiten la incorporación de materiales densificantes y de reducción de filtrado.

A) Funciones de los Fluidos Lavadores y Espaciadores

Los fluidos lavadores y espaciadores cumplen con las siguientes funciones comunes a ambos tipos de fluidos:

- I. Compatibilidad con diferentes fluidos existentes en el pozo, fluido de perforación y cemento.

2. Separar diferentes tipos de fluidos de perforación y diferentes tipos de lujada de cemento.
3. Remover el lodo de perforación y el enjarre.
4. Proteger formaciones, inhibiendo la hidratación de arcillas.
5. No presentar efectos adversos en las propiedades del cemento y el lodo por manejos inadecuados de su pH.

Las funciones de los fluidos lavadores y espaciadores que cumplen particularmente cada uno son las siguientes.

I. Fluidos Lavadores

Son fluidos newtonianos e integrados a base de diferentes agentes químicos; sus funciones son las siguientes:

1. Remover el lodo remanente y el enjarre por medio de la combinación de la acción surfactante y el flujo turbulento.
2. Puede contener cierta cantidad de sólidos que actúan en forma abrasiva sobre el enjarre.
3. Estos fluidos son demasiado delgados para contener materiales reductores de filtrado.
4. El empleo de ciertas cantidades de materiales reductores de filtrado a través del acondicionamiento de estos fluidos, es útil en cementaciones de pozos que

han sido perforados con aire o gas.

2. Fluidos Espaciadores

Son fluidos no newtonianos compuestos de materiales densificantes, viscosificantes y agentes químicos; sus funciones son las siguientes:

1. Contener materiales reductores de filtrado.
2. Mantener en suspensión materiales densificantes para el control de presiones de formación.
3. Desplazar al lodo de perforación en forma de pistón.
4. Remover el enjarre y sostener estos residuos en suspensión.
5. Permanecer estable a altas temperaturas.

B) Propiedades de los Fluidos Lavadores y Espaciadores

Las funciones antes mencionadas se logran mediante el control de las siguientes propiedades:

1. Viscosidad.
2. Punto de cedencia y gal.
3. Peso específico.
4. Potencial hidrógeno, pH.
5. Tensión superficial.

1. Viscosidad

La viscosidad es una propiedad reológica que se define en términos físicos como la resistencia del fluido a fluir causado por fricción mecánica dentro del fluido debido a la acción recíproca de partículas sólidas y líquidas y a la fricción propia del líquido al fluir, sintetizando la viscosidad plástica es una medida del efecto de la cantidad y propiedad de los sólidos en el sistema y la viscosidad de la fase líquida; su unidad de medida es el poise, pero generalmente se emplea el centípoise, cp. Los materiales que proveen viscosidad al fluido espaciador dependen de su diseño específico, pero se pueden mencionar: polisacáridos solubles en agua, oleilamida, hidroximetilcelulosa, HMC, hidroxietilcelulosa, HEC, etc.

En los fluidos lavadores, con viscosidades muy cercanas a la original de la fase continua, son evitados los aditivos que proveen de una mayor viscosidad ya que, de esta manera se logra el flujo turbulento necesario para su acción.

2. Punto de cedencia y gel

Físicamente el valor de cedencia es la medida de las fuerzas electroquímicas dentro del lodo en condiciones de flujo, estas fuerzas electroquímicas se deben a cargas en la superficie reactiva de las partículas y a la presencia de electrolitos en la fase continua, solo en agua. Mantener el valor de

cedencia entre límites exactos requiere de un efectivo control de sólidos y un adecuado tratamiento químico; sus unidades se expresan en libras por cada cien pies cuadrados (lb/100 pies²).

Esfuerzo al gel, es la medida de las fuerzas de atracción entre las partículas en condiciones estáticas, estas fuerzas de atracción difieren del punto de cedencia por ser dependientes del tiempo y romperse después de que el flujo se ha iniciado; sus unidades son libras por cada cien pies cuadrados (lb/100 pies²).

Es necesario que el lodo de perforación y el cemento estén separados ya que, es frecuente que en la interfase de estos fluidos se formen mezclas de alta viscosidad que pueden obligar a elevar la presión de bombeo con riesgo de reventar la tubería o fracturar formaciones débiles, cuando dichas mezclas no son muy viscosas el cemento pasa a través de ellas originando nuevos contactos con el lodo de perforación y de esta manera el material indeseable aumenta distribuyéndose longitudinalmente en las paredes de la formación y causando así, la canalización del cemento. El espaciador es diseñado para funcionar como un pistón y su punto de cedencia y gel debe ser igual o mayor al del fluido de perforación y menor al del cemento.

El punto de cedencia y gel del espaciador no solamente funcionan para mantener separados dos fluidos incompatibles,

sino que también contribuye en el desplazamiento del fluido de perforación y en el acarreo de los sólidos desprendidos de las paredes del pozo.

3. Peso específico

El peso específico, P_e , es igual a la densidad, d , multiplicada por la aceleración de la gravedad, g , así:

$$P_e = g d, \text{ donde:}$$

d : densidad (g/cc), (Kg/m^3), (lb/pie^3), (lb/gal).

g : aceleración de la gravedad $9.81 \text{ m}/\text{seg}^2$, $32.2 \text{ pie}/\text{seg}^2$

P_e : peso específico (lb_f/pie^3), (g_f/cc).

La densidad es un importante factor en la separación de dos fluidos. Normalmente es deseable que el peso específico del espaciador sea mayor que el del lodo de perforación, pero menor que el peso del cemento. La conveniencia de emplear materiales densificantes en el espaciador es el de controlar presiones de formación, reduciendo la combinación del gas con el cemento. Los materiales densificantes que se usan pueden ser, entre otros: sulfato de bario, carbonato de calcio, óxidos de hierro, cuarzo sólido, calcita.

4. Potencial hidrógeno, pH

El grado de acidez o alcalinidad de una solución es de-

bido a la presencia de iones hidrógeno y iones hoxidrilo , está comprendido en una escala de 0 a 14, siendo de 0 a 7 el sentido hacia la acidez y de 7 a 14 la alcalinidad y 7 para el estado neutro. El pH está definido como el logaritmo negativo de la concentración de iones hidrógeno, $\text{pH} = -\log H$.

Es conveniente que el pH de los fluidos lavadores y espaciadores sea alcalino entre los valores 9-10, dentro de este rango el pH permite la hidratación adecuada de los materiales poliméricos que proporcionan viscosidad y gelatinosidad; ya que para pH ácidos se inhibe dicha hidratación, se puede acelerar el fraguado del cemento, o se floclula el fluido de perforación.

5. Tensión superficial

La tensión superficial se debe a efectos moleculares y se manifiesta como un estado de esfuerzo en la superficie libre de los fluidos, de manera que si por ella se trazase una línea imaginaria existiría una fuerza de cada lado de la línea; sus unidades se expresan en unidades de fuerza por área: dinas/cm², Kg_f/m² ó lb_f/pie².

La tensión superficial determina la tensión de adhesión misma que propicia la mojabilidad, esta propiedad determina cual de los dos fluidos preferentemente moja al sólido. Los fluidos lavadores y espaciadores deben mojar la formación y la tubería con el fin de lograr mayor desplazamiento de lodo

y del enjarre por consiguiente, el fluido espaciador debe tener mayor tensión superficial que el fluido de perforación ocluido en el enjarre, lo cual se logra mediante el empleo de productos surfactantes.

CAPITULO III

CLASIFICACION DE LOS FLUIDOS LAVADORES Y ESPACIADORES EN FUNCION DE LAS CONDICIONES Y REQUERIMIENTOS DE CADA POZO

Durante la cementación de una tubería de revestimiento, los pozos petroleros están llenos del fluido de perforación con el cual fueron perforados para lograr que éstos y los fluidos lavadores y espaciadores sean compatibles, la fase continua debe ser la misma en ambos, agua o aceite. Los fluidos lavadores y espaciadores de igual manera que los lodos de perforación se clasifican en base agua y base aceite y comprenden dos grupos: a) fluidos lavadores, b) fluidos espaciadores; éstos se diferencian entre sí por propiedades físicas y químicas como son viscosidad, densidad y filtrado, teniendo la posibilidad de pasar de un grupo a otro por la modificación de dichas propiedades

A continuación se exponen las características de cada uno.

n) Fluidos Lavadores

Clasificación de los fluidos lavadores en función de su fase portadora.

1. Base agua.
2. Base aceite.

La descripción de cada tipo de fluido de la subdivisión mencionada, se hará a continuación.

I. Base agua

Los fluidos lavadores funcionan principalmente diluyendo y adelgazando el lodo de perforación, evitando que se gelatinice o que al entrar en contacto con el cemento se flocule.

El agua es un efectivo fluido lavador de muchos lodos de perforación; sin embargo, ciertos aditivos químicos agregados a ésta mejoran dichas propiedades e incrementan la remoción de lodo. A continuación se enumeran algunos agentes químicos empleados y su concentración.

FLUIDOS LAVADORES, FL

<u>Clave</u>	<u>Agente Químico</u>	<u>Concentración</u> lb/bl de agua
FL-1	Pirofosfato.	2.0
FL-2	Lignósulfonato de calcio.	4.0
FL-3	Lignósulfonato ferrocromico.	4.0
FL-4	Taninos, procedentes del Quebracho.	4.0
FL-5	Surfactantes, Docecil-bencen sulfonado.	1.0
FL-6	Jabón caústico.	3.5
FL-7	Acido mononafténico sulfonado.	1 gal/bl

a) Uso

La siguiente tabla puede ser usada como guía para seleccionar el fluido lavador adecuado que remueva el lodo de perforación señalado.

FLUIDO LAVADOR RECOMENDADO

Fluido de perforación

Fluido lavador

I. Lodos base agua dulce

- | | |
|---|---------------------------------|
| a. Lodos iniciadores, alto contenido de sólidos perforados. | FL-7, FL-4,
Agua dulce |
| b. Natural, a base de arcillas de la formación. | FL-7, FL-4,
Agua dulce |
| c. Tratados con bentonita | FL-7, FL-2, FL-4,
Agua dulce |
| d. Tratado con fosfato | FL-I, FL-7 |
| e. Lodos rojos | FL-7, FL-4 |
| f. Lodos calcicos | |
| f.1) Calcicos | FL-7, FL-3 |
| f.2) Tratados con cal | FL-7, FL-3 |
| f.3) Yeso | FL-7, FL-3, FL-2 |

2. Lodos base agua salada FL-7, en agua salada

3. Lodos emulsionados FL-7
(agua dulce ó salada)

b) Limitaciones

Pirofosfatos. Ocurre degradación por temperatura arriba de 54°C. No usarlo para lodos contaminados con sal o con altos pH.

Quebracho o Taninos. No usarlo en lodos con 15 % o más de sal. Aplicable en lodos calcicos.

Otros aditivos químicos que se han usado con cierto éxito son:

a. Soluciones acuosas de alcohol polivinílico y iones de borato.

b. Mezclas de goma guar, arcillas estabilizantes de cloruros de metales alcalinos, que pueden ser, cloruro de sodio, cloruro de calcio, óxido de zirconio; un agente de turbulencia como la condensación de ácido mononafténico sulfonado y formaldehído, un ácido soluble como caliza en polvo y poliestilammina.

c. Glycoles.

d. Surfactantes como el producto de la reacción soluble en agua de un tri o dialkanolamine o una mezcla de ambos con un ácido graso, estos ayudan a remover el lodo y mejorar la adherencia del cemento, también se emplean resinas solubles en aceite como material de control de filtrado.

Estos sistemas sufren alguna deficiencia como compatibilidad con un número reducido de lodos, tendencia a flocularse en presencia de ciertos cementos, dificultad al mezclarse, susceptibilidad a degradación bacterial, dificultad para limpiar el equipo.

e. Acido Clorhídrico, HCL, (5 al 10 %), conocido también como ácido muriático, es muy soluble en agua, combinado con inhibidores de corrosión y surfactantes es usado para disolver material calcáreo, su empleo puede causar picaduras en la tubería.

f. Acido Fluorhídrico, HF, este ácido es una solución acuosa de fluoruro de hidrógeno, al igual que el anterior es muy soluble en agua, éste ataca a los materiales silicosos que son parte de los componentes de la bentonita, arcillas, arenas y areniscas por lo que su empleo es muy efectivo para desbaratar enjarres de lodo y lavado de formaciones dañadas por materiales arcillosos.

2. Base aceite

Generalmente se componen de diesel o kerosina como fase continua, constan de surfactantes para impartir compatibilidad con otros fluidos, algunos contienen ácidos orgánicos, como acético, que dispersan el enjarre; se utiliza frecuentemente agua emulsionada para mojar la superficie de la tubería y lograr mayor enlace del cemento. Son diseñados

para proteger arcillas hidratables, diluir y desplazar lodos base aceite; su mayor desventaja es la incompatibilidad que presentan con las lechadas de cemento y con lodos base agua.

B) Fluidos Espaciadores

Clasificación de los fluidos espaciadores en función de su fase portadora.

1. Base agua.
2. Base aceite.

La descripción de cada tipo de fluido mencionado es la siguiente.

I. Base agua

Estos fluidos son empleados con lodos base agua tratados con bentonita, lignosulfonatos, polímeros o cal; son sistemas que incluyen materiales de pérdida de circulación para formaciones de alta permeabilidad o en aquellas donde existen fracturas, también constan de materiales densificantes para controlar presiones de formación. Los componentes de cada sistema dependen del fabricante. Enseguida se mencionan algunos datos referentes a composición química.

a. Sistema base agua. Constituido por: un silicato soluble como es el silicato de sodio en sus formas anhidra e hidratado, ejemplos de estos pueden ser ortho-sesqui y metasilicato; compuesto metálico soluble en agua capaz de liberar un catión metálico multivalente, ciertos óxidos solubles en agua, sales o hidróxidos, que reaccionen con el silicato soluble para formar un gel acuoso bombeable, el compuesto así formado constituye un excelente espaciador. La composición puede incluir la combinación de un compuesto celulósico dispersable en agua como carboximetil celulosa y partículas inertes como materiales de polvo sílico entre los que se cuentan: pozzolanas, cenizas ligeras, tierra de diatomáceas y otros polvos inertes en agua como carbonato de calcio, sulfato de calcio, talco, que ayudan a controlar el filtrado; un agente gelatinizante para el catión metálico polivalente, (ácido cítrico o un citrato de metal alcalino) materiales densificantes como sulfato de bario, hematita, ilmenita, silico; finalmente puede contener gilsonita, hojuelas de celofán, como materiales de pérdida de circulación.

b. Sistema agua dulce o salada. Formado por: dispersantes, polímeros o viscosificantes, agentes densificantes como carbonato de calcio, carbonato de fierro, galena y un inhibidor como cloruro de potasio para prevenir el daño del filtrado en formaciones sensibles al agua. Los dispersantes pueden ser de dos tipos: uno que actúa para densidades menores a

2 g/cc, formado a base de sulfonatos y otro que actúa para densidades mayores como es la oleilamida; el primero se forma de un aldehído de bajo peso molecular y una sal nafténica sulfonada combinada con polivinilpirrolidona; el segundo dispersante es una amida de ácidos grasos; el viscosificante es un polisacarido soluble en agua, o bien, polímeros celulósicos no iónicos como hidroxialkil celulosa o éteres de celulosa.

Los fluidos espaciadores se utilizan con diferentes lodos base agua; tratados con diferentes agentes químicos y diversos tipos de cemento por lo que, es necesario efectuar pruebas de compatibilidad previa a su utilización.

2. Base aceite

En los pozos perforados con un lodo base aceite, la operación de cementación se debe realizar en presencia del mismo, lo cual origina dos problemas: el primero se debe a la combinación del aceite y el cemento que forma una mezcla pastosa de difícil desplazamiento con las técnicas de uso común; el segundo, es que la formación y la tubería estén impregnadas de aceite impidiendo la adherencia adecuada del cemento; estos problemas se han solucionado con el empleo de sistemas espaciadores que desplazan el lodo y dejan la superficie expuesta a ellos mojada con agua; la ventaja de utilizar espaciadores base aceite es proteger la formación productora.

A continuación se mencionan dos ejemplos de este tipo de fluidos.

a. Microemulsión. Tiene como función invertir la mojabilidad de las paredes del agujero y la tubería para eliminar la película de aceite y dejar la superficie mojada con agua, de manera que el cemento se adhiera firmemente a éstas; consta de un surfactante primario que puede ser un anfótero del grupo de betaines en particular, el dimetil alquil betaines; cuando se emplea como surfactante principal un surfactante aniónico con funciones anfóteras se prefiere una amida del grupo de sales de ácidos alfa N-acil amina; uno o más co-surfactantes seleccionados de alcoholes alifáticos de cadena corta de 1 a 12 átomos de carbono, como son: isopropil, butil, isobutil, amil, isoamil; hidrocarburos que pueden ser productos del petróleo elegidos del aceite crudo como parafinas, olefinas, naftenos y finalmente incluye agua de salinidad variable.

b. Emulsión de agua en aceite. Se compone de: agua dulce, aceite que puede ser diesel, aceite crudo, kerosina y otros hidrocarburos; la relación de volúmenes de éstos componentes es 40/60 a 60/40 de aceite en agua, la emulsión inversa formada es débilmente balanceada, es decir, que las fuerzas de tensión superficial en la emulsión son balanceadas, de tal manera que llegue a ser una emulsión aceite en agua en pre-

sencia de un lodo base agua conservando así, su compatibilidad con éstos fluidos. El emulsificante utilizado es la oleilamida absorbido en un material transportador sólido como cal o tierra de diatomáceas, en éstas partículas también se incluye el ácido oleico dimerizado, el cual incrementa la viscosidad del fluido espaciador y permite la incorporación de materiales densificantes; para controlar las pérdidas de filtrado se utiliza resina sólida asfáltica; se emplea un surfactante para dispersar y suspender los materiales densificantes, también funciona para prevenir que los materiales provenientes del lodo de perforación o del cemento no rompan o perjudiquen la emulsión; la variedad de surfactantes empleados son parafinas sulfonadas, resinas ácidas, resinas jabonosas o mezclas de lignino sulfonatado con ciertas oleilamidas.

CAPITULO IV

CONDICIONES PARA SU APLICACION EN EL CAMPO

Para que los fluidos lavadores y espaciadores cumplan con sus funciones y propiedades se requieren dispositivos mecánicos e instrumentos de medición que definan su comportamiento reológico; el manejo de materiales y equipo para su preparación se realiza en dos formas.

1. En Plantas.
2. En Campo.

Las principales características de cada subdivisión son las siguientes:

I. En Plantas

Las facilidades que ofrece una planta de procesamiento es que cuenta con instrumentos de medición y con los medios mecánicos de mezclado, también se pueden realizar pruebas de compatibilidad del fluido espaciador con el cemento y con el

lodo; cuando el fluido está listo para utilizarse, se transporta en tanques al lugar donde se efectuará la cementación, es necesario que los tanques esten perfectamente limpios ; además, en esta etapa puede ocurrir cierto asentamiento del material densificante para lo cual se debe incluir algún medio de agitación; el sistema de mezclado y almacenamiento se deben limpiar antes y después de introducir cualquier material densificante como por ejemplo, carbonato de calcio.

Los fluidos lavadores y espaciadores son preparados con diferentes dispositivos mecánicos como son:

1. Mezclador de cinta.
2. Mezclador de turbina.
3. Mezclador rápido.

I. Mezclador de cinta

Es un tanque cilíndrico en cuyo interior hay un eje longitudinal con una banda de metal enrollada y soldada al eje en una de sus orillas; dicho eje recibe movimiento giratorio por un motor con lo cual se logra turbulencia dentro del tanque; los componentes que se desean mezclar son agregados dentro de éste a través de una tolva; en la parte inferior del tanque hay una centrífuga y válvulas para distribuir el fluido espaciador preparado. Todo éste sistema es transportado en un camión pipa, figura (I.a).

2. Mezclador de turbina

Es un tanque cilíndrico de base cónica, sostenido con vigas de acero, en su interior existe una flecha y en el extremo de ésta una hélice, dicha flecha recibe movimiento giratorio por un motor con lo cual se logra turbulencia dentro del tanque, los componentes que se mezclarán son agregados a través de un sistema de baja presión. En la base cónica del tanque existe una centrifuga que expulsa el fluido a través de válvulas, figura (I.b).

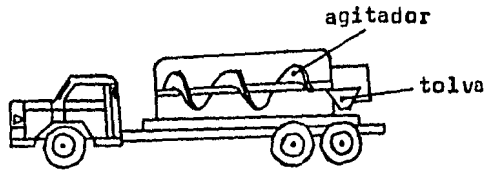
3. Mezclador rápido

Consta de un depósito que expulsa agua a presión y una tolva donde se colocan los materiales que se van a mezclar, la acción del chorro de agua sobre éstos produce la mezcla deseada, posteriormente dicha mezcla pasa a un tanque de almacenamiento donde será tomada para su utilización, figura (I.c).

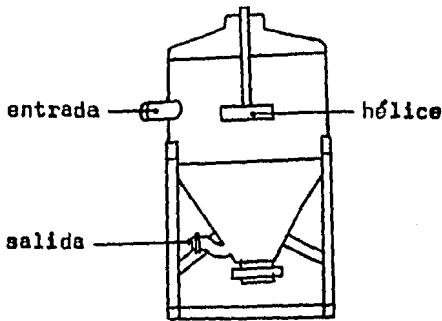
La cantidad y el orden de adición de los componentes para su elaboración, así como los tiempos de mezclado, generalmente se indican en manuales de la especialidad.

2. En Campo

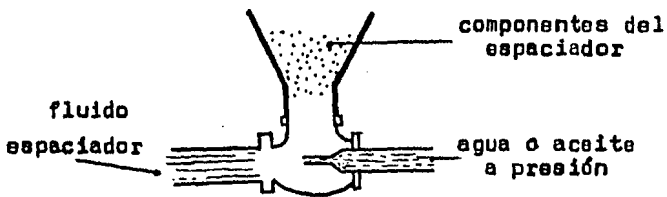
La preparación del fluido lavador y espaciador es realizada con el equipo ilustrado en la figura (2), ésta muestra



(a) MEZCLADOR DE CINTA



(b) MEZCLADOR DE TURBINA



(c) MEZCLADOR RAPIDO

FIGURA (I)

una unidad de cementación y un tanque de almacenamiento que dispone de un mecanismo de agitación. La operación de mezclado consiste en recircular el fluido en el tanque, impulsándolo con una bomba a través de un sistema de mezclado rápido, donde cada componente es agregado al sistema a través de una tolva, la mezcla resultante es regresada al tanque con una segunda bomba para introducirla posteriormente al pozo.

A) Aplicación de un Fluido Lavador o Espaciador

Cuando un fluido lavador o espaciador está en el pozo listo para introducirlo, se deben realizar las operaciones siguientes:

1. Bombear con el equipo de cementación el fluido lavador o espaciador que va antes del cemento.
2. Soltar el primer tapón de diafragma, que debe ir antes del cemento, para limpiar la costra de lodo del interior de la tubería.
3. Bombear la lechada de cemento programada.
4. Desplazar la lechada de cemento con las bombas del equipo de perforación.
5. Incrementar la presión final con respecto a la de desplazamiento para verificar que no exista cemento dentro de la tubería y que coincida con el tiempo calculado para desplazar el segundo tapón.

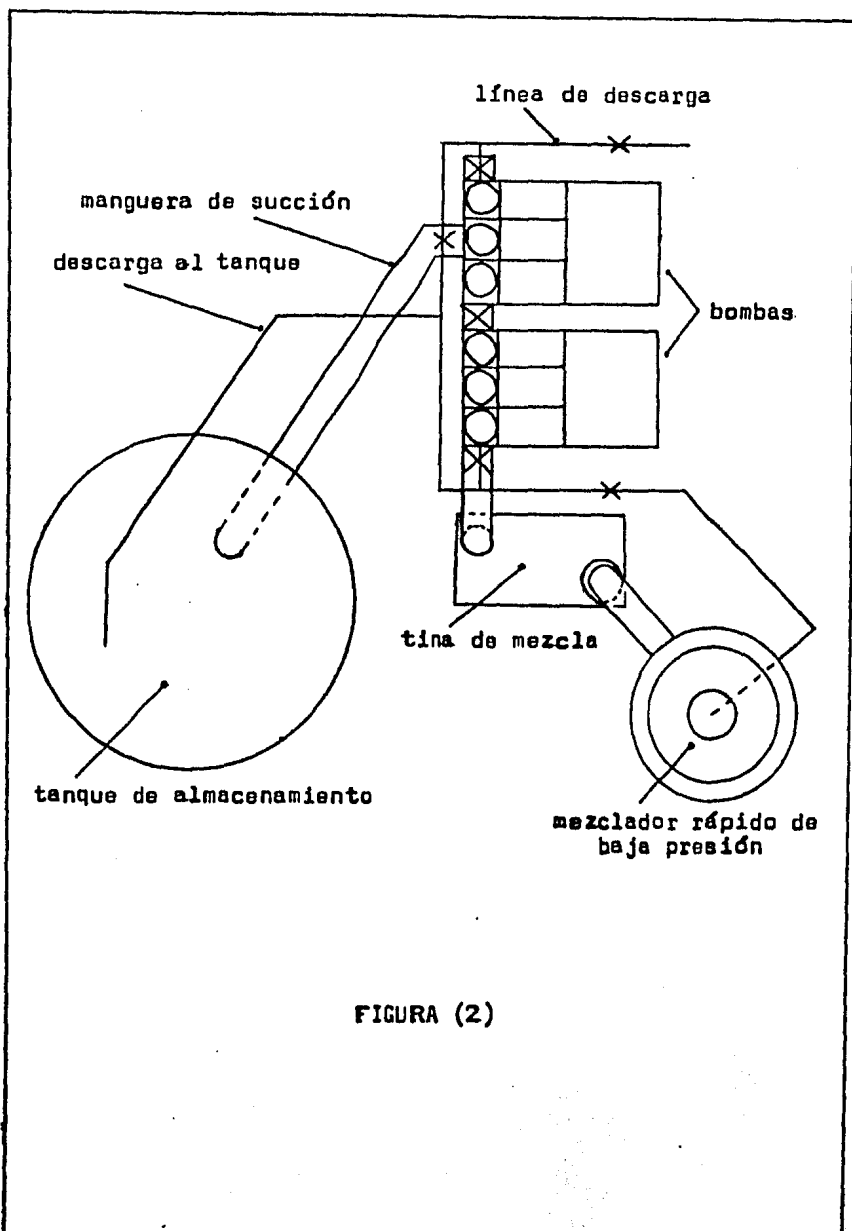


FIGURA (2)

Con respecto a la presión de desplazamiento, se puede decir que las lechadas de cemento se comportan como fluidos plásticos y a diferentes gastos de bombeo resultan tres regímenes de flujo que son: tapón, laminar y turbulento.

Para desplazamientos en flujo tapón con velocidades anulares menores a 0.3048 m/seg, aproximadamente 60 % del lodo es desplazado; para velocidades de 0.3048 a 1.6 m/seg se tiene flujo laminar, aproximadamente 90 % del lodo es desplazado y para mayores gastos donde se alcanzan velocidades arriba de 2.41 m/seg, se tiene flujo turbulento y se puede desplazar lodo por arriba del 95 %.

Es práctica común durante la etapa de desplazamiento de la lechada de cemento usar solamente las bombas de lodo del equipo, la velocidad de desplazamiento alcanzada con éstas generará flujo laminar o flujo turbulento dependiendo de los gastos que se desee manejar.

Finalmente la cantidad de fluido lavador y espaciador dependerá del volumen del espacio anular, de la efectividad del espaciador con el lodo, de las condiciones de pérdida de circulación, de los gastos aplicados y de la profundidad; tomando en cuenta estos factores, el volumen de fluido puede caer entre 5 y 50 barriles; se recomienda una altura de espacio anular lleno con espaciador en el cual se logre un tiempo de contacto suficiente que permita al espaciador actuar, es conveniente que dicho tiempo no exceda de 3

minutos, dado que se requeriría a mayor tiempo de contacto mayor volumen del espaciador y esto estará limitado a lo enunciado en el párrafo anterior.

B) Cálculo del Volumen de Fluido Espaciador

El volumen de fluido espaciador se calcula de la siguiente forma:

$$V_e = q_e \cdot t_c$$

Donde:

V_e = volumen de fluido espaciador; (bl).

q_e = gasto de fluido espaciador; (bl/min).

t_c = tiempo de contacto del fluido espaciador; (min).

La altura de espacio anular que quedará lleno con fluido espaciador se calcula con la siguiente fórmula:

$$h_{e.a.} = 314 V_e / (d_e^2 - d_i^2)$$

Donde:

$h_{e.a.}$ = altura del espacio anular lleno con fluido espaciador; (m).

V_e = volumen de fluido espaciador; (bl).

d_e = diámetro promedio correspondiente al agujero; (pg).

d_i = diámetro exterior correspondiente a la tubería; (pg).

Ejemplo:

Calcular el volumen de fluido espaciador y la altura de espacio anular que, quedará lleno con este fluido para los siguientes datos:

$$q_e = 20 \text{ (bl/min).}$$

$$t_c = 2.5 \text{ (min)}$$

$$d_e = 8 \text{ I/2 pg}$$

$$d_i = 5 \text{ I/2 pg}$$

Solución:

$$a) V_e = 20 * 2.5 = 50$$

$$V_e = 50 \text{ (bl)}$$

$$b) h_{e.a.} = 314 * 50 / (8.5^2 - 5.5^2) = 374\text{m}$$

$$h_{e.a.} = 374\text{m}$$

El volumen de fluido espaciador es 50 bl y la altura que alcanza ese volumen en el espacio anular es 374m.

CAPITULO V

RECOMENDACIONES

Existen gran cantidad de variables desconocidas entre el pozo y los fluidos que son usados para la perforación y la terminación; como resultado de dichas variables, la cantidad de fluido espaciador que se mezcla con el lodo y la lechada de cemento es comúnmente indeterminada; para lograr una correcta cementación es necesario conocer la compatibilidad que existe entre estos fluidos a diferentes niveles de contaminación a través de su comportamiento reológico. Se recomienda seguir el siguiente procedimiento de laboratorio estándar, para determinar la compatibilidad que existe entre dichos fluidos.

- a. Agregar fluido contaminante al fluido base. Mezclar por un minuto.
- b. Medir sus propiedades reológicas a temperatura ambiente.
- c. Si existe incompatibilidad entre cualquiera de los fluidos repetir la prueba de compatibilidad a 66°C , o si

es posible, usar la temperatura del pozo bajo consideración.

Las pruebas que se realizan son:

1. Compatibilidad del lodo de perforación y cemento, lodo de perforación contaminado con 0, 10, 20, 30, 50, 100 por ciento en volumen de cemento.
2. Compatibilidad del lodo de perforación y fluido espaciador, lodo de perforación contaminado con 0, 10, 20, 30, 50 y 100 por ciento en volumen de fluido espaciador.
3. Compatibilidad del fluido espaciador con cemento, fluido espaciador contaminado 0, 10, 20, 30, 50 y 100 por ciento en volumen de la composición de cemento.

Los datos obtenidos en estas pruebas se pueden graficar en un sistema de ejes cartesianos, donde el eje de las ordenadas corresponde para cada gráfica a la viscosidad, punto de cedencia y gel, al eje de las abscisas se asigna el por ciento en volumen de contaminación, en estas gráficas se puede analizar el comportamiento de la mezcla de fluidos con el fin de ajustar sus propiedades reológicas y obtener la mayor eficiencia en la remoción de lodo y enjarre.

Finalmente, se recomienda que el manejo de los materiales que componen a los fluidos lavadores y espaciadores se haga con equipo de protección necesario, el cual puede cons-

tar de guantes de goma, gafas contra polvos químicos y máscara contra polvo.

Algunos fluidos espaciadores contienen material cáustico que causa serios daños en los ojos, quemaduras en la piel y en las fosas nasales; por lo que se debe evitar su exposición sin el equipo de seguridad prescrito. La ropa contaminada debe ser lavada y planchada antes de volverla a usar.

Un componente como harina de sílica, al ser inhalada puede causar daño permanente a los pulmones, se recomienda que este material se maneje sin provocar demasiado polvo.

Las medidas que se pueden tomar en caso de un accidente son las siguientes:

1. Ojos. Lavar los ojos inmediatamente con agua y mantenerlos húmedos por 15 minutos. Recibir atención médica.
2. Piel. Empapar la piel expuesta con agua y entonces lavar con agua y jabón.
3. Inhalación. Mover a una zona despejada; si la irritación persiste recibir atención médica.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES

1. La combinación del cemento con el lodo de perforación provoca que el cemento pierda sus propiedades de adherencia y resistencia, originando la cementación defectuosa de tuberías.

2. La remoción mecánica del enjarre y el lodo, además de ser insuficiente, puede provocar erosión y deshidratación prematura del cemento, sin embargo, el movimiento que implican estos dispositivos favorece la colocación del cemento al provocar un efecto de flujo turbulento.

3. Los fluidos lavadores y espaciadores son sistemas que emplean aditivos químicos específicos, como son los surfactantes, mismos que ayudan a remover partículas sólidas y películas dejadas por los lodos de perforación.

4. Los fluidos lavadores y espaciadores evitan altas presiones de desplazamiento y consecuentemente la posibilidad

de fracturar formaciones débiles; la canalización del cemento es reducida por el empleo de estos fluidos.

5. Básicamente los fluidos lavadores tienen viscosidades bajas y funcionan por medio de flujo turbulento y acción surfactante mientras que, los fluidos espaciadores funcionan con viscosidades altas, densidad y control de filtrado.

6. El fluido lavador o espaciador debe seleccionarse de acuerdo a la fase continua del lodo de perforación.

7. Los fluidos lavadores a diferencia de los espaciadores se emplean en zonas de baja permeabilidad, donde no hay riesgo de desbalancear la columna hidrostática y en pozos perforados con aire.

El fluido espaciador se emplea en zonas de alta presión, alta permeabilidad o fracturadas.

8. Es necesario efectuar pruebas de compatibilidad para el control del fluido lavador o espaciador a las condiciones del pozo.

9. Es necesario que el manejo de materiales se haga con el equipo de protección prescrito para eliminar riesgos de quemaduras en la piel así como, daño permanente en ojos, pulmones y nariz.

BIBLIOGRAFIA

ALONSO, Ignacio Cárdenas, y otros.

1983. Terminación de Pozos. México, D.F., Facultad de Ingeniería, UNAM.

BEIRUTE, R. M.

1980. "Method of Cementing Wellbores Using High Temperature Cement Mud Spacer". En United States Patent (Western Co. North America), Alphabetic Subject Index to Petroleum Abstract (Tulsa, The University of Tulsa, 1980), art. núm. 279827, p. 173A.

CARNEY, Leroy L.

1974a. "Cement Spacer Fluid". En SPE Journal of AIME, Dallas, SPE 4784, p. 69-82, Alphabetic Subject (...) (Tulsa, The Univ. of Tulsa, 1974), art. núm. 185052, p. 35A.

CARNEY, Leroy L.

1974b. "Method of Using Spacer Fluid for Spacing Drilling Muds and Cement". En United States Patent (Halli-

burton Co., Duncan, Okla.), 8 p., Alphabetic Subject (...) (Tulsa, The Univ. of Tulsa, 1977), art. núm. 239024, p. 20IA.

CARRIAY, Jean, y otros.

1980. "Well Cementation Using Microemulsions". En The Patent Office London (Societe Nationale Elf Aquitaine), 6p., Alphabetic Subject (...) (Tulsa, The Univ. of Tulsa, 1981), art. núm. 289497, p. 16A.

CHAND, Jagdish, D. K. Lamba y Vinod Kumar.

1979. "A Cement Mud Spacer Fluid". En Bull Oil Natur Gas Comm (Institute of Drilling Technology, India), 5 p., Alphabetic Subject (...) (Tulsa, The Univ. of Tulsa, 1982), art. núm. 322548, p. 318A.

COOK, Ronald A., Wallace G. Darden y Jim L. Waston.

1979. "Spacers and Their Applications in Primary Cementing". En Southwestern Petrol Short Course (Halliburton Services), p. 13-19, Alphabetic Subject (...) (Tulsa, The Univ. of Tulsa, 1980), art. núm. 274303, p. 59A.

CRAFT, B. C., W. R. Holden y E. D. Graves, Jr.

1962. Well Designn Drilling and Production. New Jersey, Prentice-Hall, Inc.

CRLW, W. L., T. J. Griffin y A. W. Puntney.

1977. "Cement-Mud Spacer System Improves Illinois Wells".
En Drilling - DCW (The Dow Chemical Co., USA), p.
33-34, Alfabetic Subject (...) (Tulsa, The Univ.
of Tulsa, 1977), art. núm. 233378, p. 93A.

DOWELL, Division of Dow Chemical USA, (Editor).

- 1976a. Reseña a Chemical Washes, de Dow Chemical Co.
Technical Information, Cementing Sec. IV-C: 6 p.

DOWELL, Division of Dow Chemical USA, (Editor).

- 1976b. Reseña a Dowell Spacer 1000, de Dow Chemical Co.
Technical Memo. No. 158, Cementing Sec. IV-J-2, 13 p.

DOWELL, Division of Dow Chemical USA, (Editor).

1978. Reseña a Dowell Spacer 1001 for Oil Base Mud Removal, de E. B. Nelson y T. J. Griffin, Jr, Technical
Memo. No. 183, Cementing Sec. IV-J-3, 6 p.

GALTIN, Carl

1960. Petroleum Engineering Drilling and Well Completion.
New Jersey, Prentice-Hall, Inc.

GRIFFIN, T. J., D. G. Calvert y D. L. Parker.

- 1977a. "Use of Water Base Spacer with Thixotropic Cement
Solves Varied Cementing Problems". En SPE Journal
of AIME, Dallas, SPE 6510, 4 p., Alfabetic Sub-

ject (...) (Tulsa, The Univ. of Tulsa, 1977), art. núm. 235644, p. 136A.

GRIFFIN, T. J., Jr. y R. L. Root.

1977b. "The Proper Application of Cementing Spacers and Washes can Improve Production of Oil and Gas". En Southwestern Petrol Short Course (The Dow Chemical Co., USA), p. 19-25, Alfabetic Subject (...) (Tulsa, The Univ. of Tulsa, 1977), art. núm. 237215, p. 166A.

HANSEN, Arthur G.

1979. Mecánica de Fluidos. México, D.F., Limusa.

HAUNT, Richard C. y Ronald T. Crook.

1979. "Primary Cementing: The Mud Displacement Process". En SPE Journal of AIME, Dallas, SPE 8253, 12 p., Alfabetic Subject (...) (Tulsa, The Univ. of Tulsa, 1979), art. núm. 270482, p. 264A.

Mc CRAY, Arthur y Frank W. Cole.

1973. Oil Well Drilling Technology. Tulsa: University of Oklahoma Press.

MESSENGER, Joseph U.

1978. "Use of Oil-Wetting Spacers in Cementing Against Evaporites". En United States Patent (Mobil Oil Corpo., New York), 10 p., Alfabetic Subject (...)

(Tulsa, The Univ. of Tulsa, 1979), art. nfm.
267525, p. 202A.

MORRIS, E. F. y H. R. Motley.

1973. "Oil Base Spacer System for Use in Cementing Well Containing Oil Base Drilling Muds". En SPE Journal of AIME, Dallas, SPE 4610, 8 p., Alphabetic Subject (...) (Tulsa, The Univ. of Tulsa, 1973), art. nfm. 181482, p. 250A.

SHARPE, James R. y Dustin L. Free.

1978. "Method for Treating a Well Using a Chemical Wash with Fluid Loss Control". En United States Patent (The Dow Chemical Co., Midland, Mich.), 6 p., Alphabetic Subject (...) (Tulsa, The Univ. of Tulsa, 1981), art. nfm. 307990, p. 424A.

WASTON, Jimmie L.

1979. "Oil Well Spacer Fluids". En United States Patent (Halliburton Co., Duncan, Okla.), 5 p., Alphabetic Subject (...) (Tulsa, The Univ. of Tulsa, 1979), art. nfm. 267698, p. 221A.