

OPTIMIZACIÓN DE PREFLUJO PARA CEMENTACIONES PRIMARIAS

F. Flores, S. Basso, I. Vega, W. Morris, J. Robles

San Antonio internacional

jrobles@sanantoniointernacional.com

RESUMEN

La cementación de pozos perforados en yacimientos drenados, bajo recuperación secundaria, con aporte de gas y requerimientos de anillos extensos para proteger el casing de niveles corrosivos, requieren un exhaustivo trabajo de ingeniería para la programación. Es especialmente crítico en estos pozos lograr óptimas condiciones de adherencia que aseguren el aislamiento de los intervalos a producir. Se debe trabajar con lechadas ultralivianas que difícilmente adquieren elevada resistencia final y no se pueden utilizar altos regímenes ascensionales que ayuden a la limpieza.

El yacimiento en estudio comenzó a desarrollarse intensivamente a partir del 2001 y desde entonces se ha estado en la búsqueda de mejoras en las cementaciones primarias. Se consiguieron algunos buenos CBLs, pero aun en esas condiciones ocurrieron comunicaciones entre punzados. Los registros post-punzado muestran deterioros de adherencia.

Uno de los últimos cambios fue la utilización de un lodo polimérico con el que se logró mejorar la geometría de pozo, acortar los tiempos de perforación y disminuir el espesor del revoque. Si embargo, este sistema de lodo complicó aún más la limpieza del revoque comprometiendo la calidad de las aislaciones de cemento. Esto fue detectado en laboratorio y confirmado por el empeoramiento de los CBLs, obligando a un trabajo en equipo entre empresa productora y de servicios de cementación en la búsqueda de un tren de preflujos que logren la máxima eficiencia en la remoción.

Una característica distintiva de este lodo es que inmediatamente perforado un tramo y formado el revoque inicial, éste es sellado por aditivos específicos contenidos en su formulación a este efecto. Esta evita que el espesor de retorta continúe creciendo, logrando calipers óptimos con revoques delgados.

En la etapa de cementación, esta “plastificación” del revoque es una barrera que debe ser químicamente removida para poder atacar la retorta. Los sistemas con que se contaba hasta la fecha, base tenso activos, viscosos, abrasivos, alcalinos o ácidos, etc. no mostraron eficiencia aceptable. Basado en un completo estudio de laboratorio se desarrolló un nuevo sistema de colchones base surfactantes no-iónicos específicamente indicados para eliminar la película oleo humectante generada por este tipo de lodo. De esta forma se deja expuesto el revoque a los agentes químicos convencionales para su remoción.

En el presente trabajo se muestran los ensayos de laboratorio, evolución de los diseños de trenes de colchones y lechadas tendientes a lograr trabajos de cementación de cañerías de aislación satisfactorios.

INTRODUCCIÓN

Características geológicas del reservorio a cementar

El yacimiento en estudio tiene a la formación Loma Montosa como único nivel de interés, esta formación se encuentra en una profundidad que va desde los 650 hasta los 900 m, y se divide en 2 zonas, la inferior que contiene capas de Caliza compacta, Limolita arenosa muy fina poco compacta a compacta y Areniscas Conglomerádicas con líticos de roca volcánica poco consolidada. La zona superior contiene capas de Caliza compacta; Limolita poco compacta a compacta con intercalaciones de finas capas de Arcilita y Caliza; y Areniscas Calcáreas con clastos de cuarzo, pirita, matriz con abundante cemento calcáreo friable a consolidado.

Características generales de la cementación de la cañería de aislación 5 ½”

Lechadas de cemento. A la fecha se han perforado más de 200 pozos encontrando dificultades por pérdida de circulación, aporte de fluido, inestabilidad de paredes del pozo, pegamientos, etc. que han llevado a cambios de formulación del lodo de perforación, ajustes de colchones para lograr una eficaz limpieza de pozo

previo a la cementación y reformulaciones de las lechadas de cemento para lograr gradientes hidrostáticos anulares que permitan levantar columnas que cubran todo el tramo objetivo sin fracturar los niveles inferiores que son las formaciones productivas y que por la condición litológica y actual de drenaje son menos competentes.

El anillo de cemento requerido es de aproximadamente 750 mts, va desde aproximadamente 900 mbbp (fondo de pozo), hasta 200 mbbp (cruce entre cañería guía 95/8" y cañería de aislación 5 1/2"). Según datos registrados en los minifracs previos a las fracturas hechas en la terminación de los pozos de la zona demuestran que los gradientes de fractura más bajos detectados son del orden de 0.57 psi/ft. Las presiones porales de la zona de interés pueden ser tan bajas como 0.25 psi/ft.

La densidad del lodo utilizado es de 1050 a 1070 gr/lit. y la densidad equivalente al terminar de levantar anillo de cemento difícilmente pueda ser inferior a 1350 gr/lit, esto significa sobrecargar el fondo con aproximadamente 500 psi adicionales. Como complicación adicional se debe considerar que se tiene tramos de distinta permeabilidad y/o presión poral que pueden llevar a generar una deshidratación dispar de la lechada que incida en los tiempos de gelificación (auto soporte) y fragüe. Todo esto afectará la calidad de aislación.

De acuerdo a las características de los tramos que se aíslan se utilizan 2 lechadas:

- **Lechada principal:** Con la cual se cubre la zona de interés, desde fondo hasta aproximadamente 650 mts., esta es una lechada que presenta propiedades de:
 - o Densidad 1760 gr/lit para evitar fracturar formación.
 - o Bajo filtrado: 20 cc en 30 minutos
 - o Características antimigratorias: Logrando cortos tiempos de transición con el propósito de evitar la canalización.
 - o Buena resistencia: 1200 psi a las 24 hs., lo que la hace apta para soportar los trabajos de completación de pozo que implican tareas de punzamiento, ensayos por pistoneo, estimulación ácida matricial y eventualmente fracturamiento hidráulico.
- **Lechada de relleno:** Va desde 650 mts. hasta el cruce con cañería guía, la lechada solo debe cumplir el requerimiento de protección para el casing, por lo que la lechada no tiene más exigencia que:
 - o Fragar con valores de resistencia aceptable (< 1000 psi en 48 hs).
 - o Aislar eficientemente las capas entre sí y con el casing (estos niveles contienen aguas muy corrosivas).
 - o Baja densidad: 1280 grs/lit, para que la hidrostática final no solicite extremadamente al fondo de pozo.

Bajo estos requisitos se diseñaron dos lechadas, una de relleno de densidad 1280 gr/lit y una principal de 1760 gr/lit. La lechada de relleno alcanza una resistencia de 1000 psi en 48 hs, y al igual que la lechada principal cuenta con excelentes propiedades reológicas. En la tabla 1 se presenta la composición típica de la lechada de relleno y principal. En la figura 1 se presenta un esquema del pozo indicando la ubicación de las dos lechadas.

Los tiempos de bombeabilidad de la lechada de relleno son superiores a los de la lechada principal con el objetivo de mantener carga hidrostática sobre esta última mientras se encuentra en período de desarrollo de gelificación previo al fragüe, y así actuar como otro mecanismo de control de migración de gas.

En la figura 2 se presenta un registro de presión típico donde se evidencia el incremento de presión en fondo, desde que se circulaba lodo hasta terminar operación (500 psi) de cementación. Según se observa en la figura 3, la diferencia entre la presión máxima en anular y la mínima presión poral a 850 mts (Grad.0.25 psi/ft.) es de aproximadamente 1000 psi.

Tabla 1. Composición típica de la lechada de relleno y principal.

LECHADAS DE CEMENTO		% ADITIVOS
Lechada de relleno:		
Cemento “G”		
Reductor de filtrado líquido		5.0 %
Retardador		0.3%
Extendedor		6.0%
Extendedor químico		0.3%
Alivianante		18%
Latex		4.0%
Mejorador de propiedades Mecánicas		0.3%
Antiespumante		0.3%
Agua		63%
Densidad		1.280 gr/lit
Lechada principal:		
Cemento “G”		
Reductor de filtrado antimigratorio		8.0 %
Acelerador		1.0%
Extendedor		4.0%
Alivianante		6.0%
Mejorador de adherencia		1.0%
Mejorador de propiedades. Mecánicas		0.3%
Antiespumante		0.3%
Agua		40%
Densidad		1.760 gr/lit

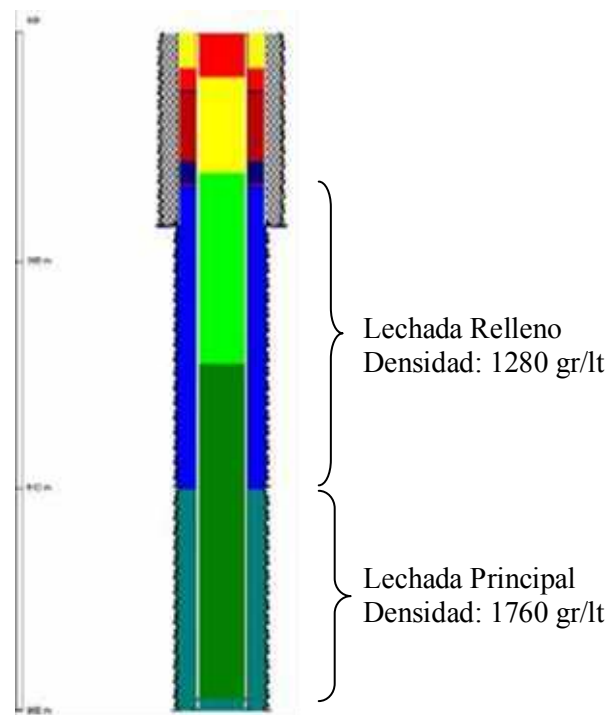


Figura 1. Esquema del pozo indicando la ubicación de la lechada de relleno y principal.

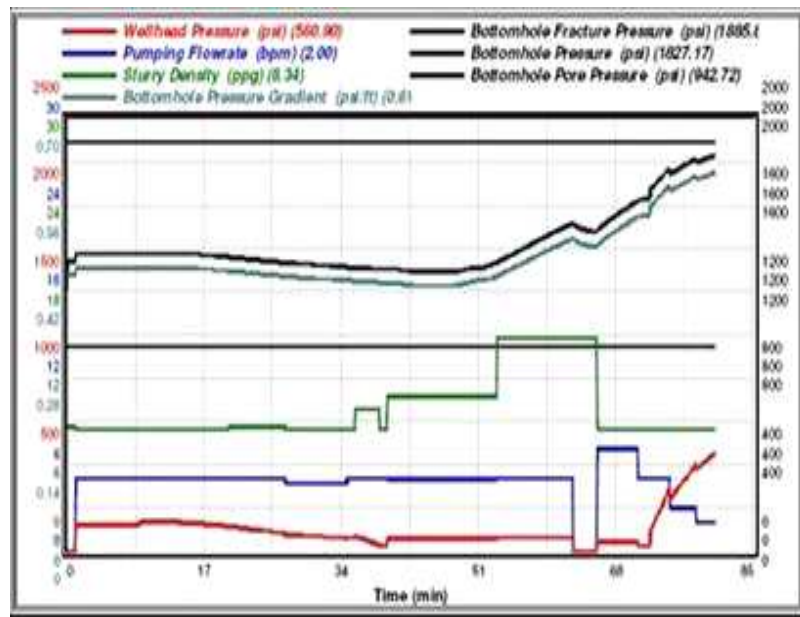


Figura 2. Incremento de presión en fondo, desde que se circulaba lodo hasta terminar operación (500 psi)

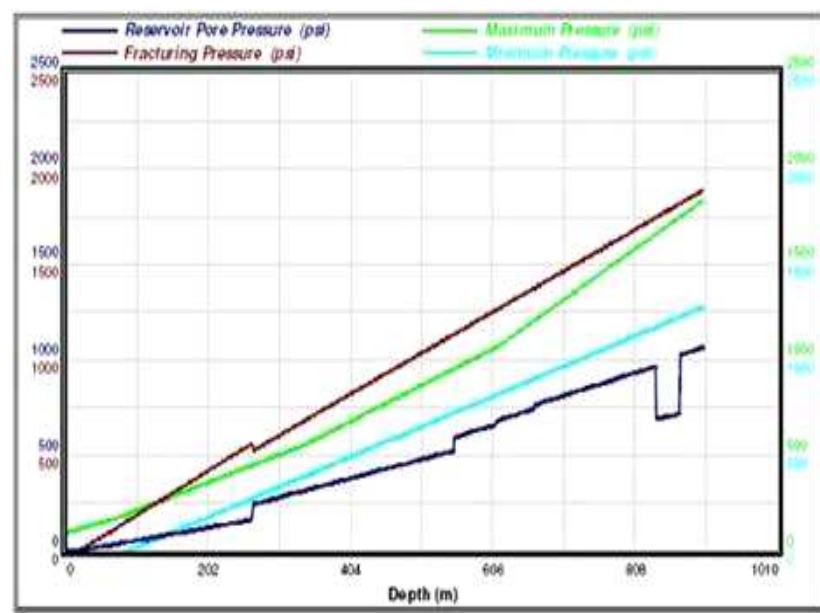


Figura 3. Diferencia entre la presión máxima en anular y la mínima presión poral. A 850 mts (Grad.0.25 psi/ft.) es aproximadamente 1000 psi.

EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE LIMPIEZA

La secuencia de colchones lavadores que tradicionalmente dio resultado es un tren que incluye: Colchón dispersante, Separador mecánico y Colchón acuohumectante, manteniendo un tiempo contacto del orden de 30 minutos, esta secuencia muestra en los ensayos de laboratorio dinámicos(1) una eficiencia de limpieza superior al 80%. Sin embargo, los deficientes CBLs no convalidan este grado de remoción.

La secuencia de colchones lavadores previamente utilizada a este estudio comprendía un preflujo alto en dispersante afín con el lodo; un separador mecánico; y un colchón químico (de alta eficiencia según resultados de laboratorio).

Ensayos de limpieza dinámicos

El procedimiento de ensayo utilizado es el siguiente(1):

- 1- Se realiza un ensayo de filtrado de lodo según Normas API SPEC. 10, en el Filtro HPHT a 500 psi por 30' con papel de filtro Whatmann 50 a fin de obtener el revoque de lodo a ser tratado con el tren de colchones.
- 2- Se pesa el papel de filtro con el revoque formado registrándose como Peso Inicial Revoque (gr.).
- 3- El papel de filtro con el revoque obtenido se coloca en el fondo de la celda Intevep (Figura 4) de evaluación de preflujos. Se ensayan los colchones en forma sucesiva, durante el tiempo de contacto establecido para cada uno.
- 4- Luego de ensayado el último colchón, se pesa el papel de filtro registrándose como Peso Final Revoque (gr.). Previamente al pesado se recomienda colocar el papel de filtro sobre un material absorbente a fin de eliminar el exceso de líquido.
- 5- Se determina la cantidad de revoque removido, reportándose este valor como % del peso inicial del mismo:

$$\% \text{ De Remoción} = \frac{\text{Peso Inicial Revoque (gr.)} - \text{Peso Final Revoque (gr.)}}{\text{Peso Inicial Revoque (gr.)}}$$

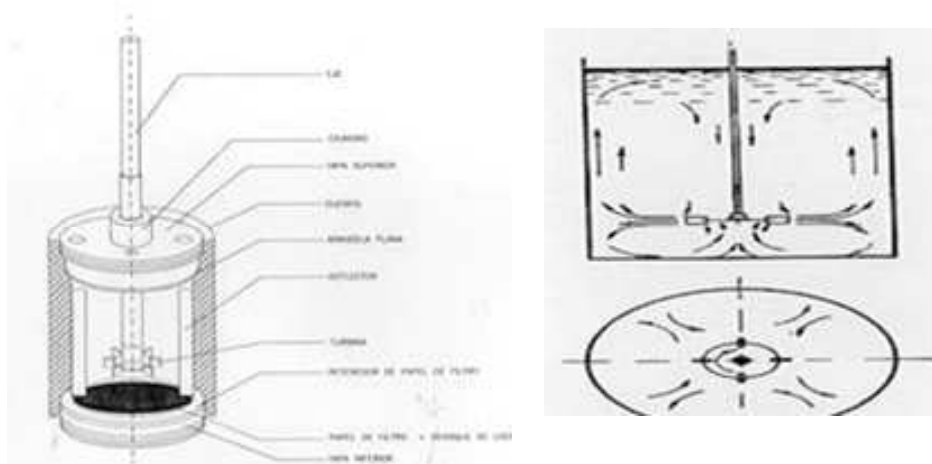


Figura 4. Celda Intevep utilizada para los ensayos de selección de colchones lavadores.

En la tabla 2 se presenta el tren de colchones convencionales inicialmente utilizados para la limpieza del lodo.

Tabla 2. Tren de colchones convencionales inicialmente utilizados para la limpieza del lodo.

TREN DE COLCHONES	Tpo. Contacto (min.)	Barriles
AGUA + Dispersante de la Compañía de lodo	8	40
Sistema de barrido viscoso	7	35
Colchón Químico	10	50
TOTAL	25	125

Los resultados de los ensayos mostraban altos porcentajes de remoción con los colchones tradicionales (nunca inferiores al 80%), sin embargo esta alta eficiencia contrastaba con la pobre adherencia de los cementos a casing y formación.

Evaluación de posibles causas de la pobre respuesta en campo

Comparando las condiciones de ensayo vs. las condiciones de campo se concluye que la gran diferencia es que la energía conferida en este tipo de ensayos no era posible lograrla en condiciones operativa; debido fundamentalmente a problemas de integridad de pozo. Al aumentar caudales para mejorar la velocidad ascensional se corre el riesgo de que el pozo entre en admisión, con resultados finales más negativos que los que se obtendrían de una pobre limpieza.

Cambios a introducir en el tren de colchones limpiadores

Se estudia la química del lodo base surfactante que genera revoques compactos y que muestra gran efectividad en la etapa de perforación y se busca actuar sobre el mismo para lograr su remoción dando mayor énfasis al ataque químico, evitando la necesidad de tanta energía que pudiera inducir admisiones o fracturamiento por elevadas pérdidas de carga anulares.

Características de los lodos base surfactante

Estos sistemas de lodo base surfactante contienen glicoles que son compuestos orgánicos pertenecientes a la familia de los alcoholes, específicamente se trata de dioles (dos grupos hidroxilos en la estructura carbonada). Estos productos, de baja toxicidad, mejoran la lubricidad, el control de filtrado y la inhibición de las lutitas (2). Entre los mecanismos de acción que permiten explicar la inhibición de las lutitas se encuentran:

- **Adsorción del PEG a la superficie de la arcilla:** La gran afinidad por la superficie de la arcilla hace que compita con el agua por los sitios activos de adsorción. Esto evita que las moléculas de agua produzcan hinchamiento.
- **Bloqueo de poros en las paredes de la formación por glicoles:** Las moléculas de glicol (insolubles en agua), entran en el poro de la formación reduciendo la invasión del lodo en el Near Wellbore y consecuentemente, reduciendo la exposición de las lutitas al agua.
- **Formación de enlaces Hidrógeno:** los glicoles pueden competir con el agua en la formación de enlaces hidrógenos entre ellos y la superficie de la lutita.

El revoque de estos sistemas de lodo puede ser de difícil remoción debido a la película hidrofóbica que se genera en la superficie de la retorta proveniente del PEG agregado a la formulación del lodo que no es soluble en agua y que se encuentra anclado a la formación.

Métodos de limpieza con baja energía.

En nuestros laboratorios se ensayaron métodos efectivos de limpieza de paredes embebidas con lodo. Se logra efectividad con una secuencia que incluye dos sistemas. El primero (A) tiene por objeto remover la película hidrofóbica formada en las paredes de la formación y el segundo (B) permite remover el revoque. El mecanismo sugerido se describe a continuación:

- **Sistema A:** Es una solución acuosa-metanólica con proporciones variables de metanol (entre 10 y 30% v/v), a la que se le adiciona un surfactante no iónico. El metanol es un solvente que tiene afinidad tanto con el agua como con moléculas orgánicas con grupos polares en su estructura, como es el caso de los PPG y PEG. A su vez el metanol también posee la capacidad de formar enlaces hidrógeno con la superficie de las lutitas compitiendo con el PEG y el agua por los sitios activos. Dado que la proporción de metanol en la mezcla es más elevada que la de PEG, éste desplaza las moléculas de glicol desorbiéndolas y removiéndolas de las paredes de la formación. Asimismo, la incorporación del surfactante tiene por objeto mantener en suspensión el glicol que fue separado de las paredes, manteniéndolo en la fase acuosa sin que exista separación de fases. Una vez eliminada esta película hidrofóbica, se aplica el Sistema B.
- **Sistema B:** Contiene un ácido fuerte en baja concentración que ataca el revoque desestabilizándolo y despegándolo completamente de las paredes de la formación, dejando la superficie limpia y acuohumectada para una óptima adherencia del cemento.

Ensayos para evaluación cualitativa de remoción del lodo en estudio

Se evalúa la remoción del lodo mediante dos metodologías diferentes, ambas en forma cualitativa y utilizando únicamente colchones de acción química:

- **Simulación de remoción de lodo sobre la superficie de cañería:** Consiste en sumergir un cilindro metálico (de rugosidad similar a la de un Casing) en el lodo cuya muestra fue provista desde el pozo en el último tramo de perforación, se lo mantiene 1 hora en esta condición para asegurar una buena adherencia del fluido al mismo, a continuación se sumerge dicho cilindro en los diferentes colchones a evaluar a una velocidad de rotación baja para que no interfiera la acción mecánica de remoción con la acción química que se pretende evaluar. Se observa el efecto químico que produce cada colchón individualmente y la remoción total del tren completo.
- **Simulación de la interacción de colchones con el revoque del lodo sobre formación:** La metodología consiste en generar una retorta de lodo sobre un papel de filtro. Ésta retorta adherida al papel se coloca en el cilindro metálico, se la sujeta con una banda elástica y se la sumerge en los colchones a bajas revoluciones. Luego se observa el efecto químico que producen los mismos y la remoción total del tren completo.

En ambos ensayos se trata de tener una velocidad tangencial equivalente a la ascensional que se tendrá en el pozo

Simulación de remoción de lodo sobre la superficie de cañería

Se realizó un ensayo de humectabilidad al casing post-limpieza y se confirmó que la superficie resultó oleo humectada. Como puede observarse en la figura 5 (izquierda), el ángulo de gota del agua es alto, el agua escurre muy rápido de la superficie metálica sin dispersarse sobre la misma, esto es indicativo de la oleo humectación de la superficie metálica.

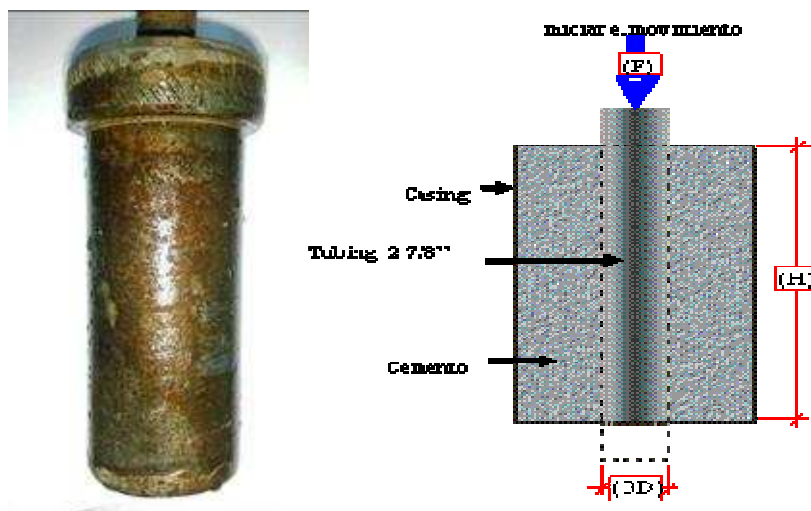


Figura 5. Ensayo de limpieza de lodo simulando las condiciones de un casing (izquierda). Ensayo de adherencia de cemento a casing (derecha).

Para confirmar una posible falla de la adherencia del cemento a la cañería a raíz de este fenómeno, es que se decidió realizar un ensayo de adherencia en forma comparativa entre un casing limpio y otro acuohumectado. El ensayo de adherencia consiste en:

- 1- La lechada a ensayar se vierte en la sección anular comprendida entre las probetas de tubing y casing.
- 2- Posteriormente, según las condiciones solicitadas se las somete a proceso de curado, en autoclave o baño termostático.
- 3- La adherencia se determina con una prensa hidráulica, midiendo la fuerza necesaria para producir un desplazamiento inicial del núcleo de cemento a través de la tubería (Figura 5 derecha). Este resultado se

relaciona con el área de la celda para obtener el valor de la tensión de adherencia mecánica (Shear Bond) del cemento al tubing se determina como:

$$\text{Shear Bond: } \frac{\text{Fuerza}}{\text{Área de Contacto}}$$

La fuerza necesaria para generar el desplazamiento inicial fue:

- Para casing limpio: 2400 lb., esto se traduce en un Shear Bond igual a **238,7 psi**.
- Para casing con superficie oleo humectada: 1900 lb., esto es un Shear Bond de **189.0 psi**.

Cabe recordar que la superficie oleo humectada se logró únicamente con los productos químicos del lodo, no se generó retorta sobre este casing, por lo que la diferencia de Shear Bond se debe únicamente al efecto de humectación.

Ensayos de remoción de retorta:

Objetivo: Definir el tren de colchones más adecuados para remover la retorta generada por el lodo en estudio en el mayor porcentaje posible.

Con el tren de colchones químicos tradicionales, sin la acción dinámica (alta velocidad de rotación) no se obtuvieron resultados satisfactorios, buscando acentuar la acción de limpieza química se probaron:

Surfactantes de distinta polaridad. Como puede observarse en la figura 6, la remoción obtenida con estos colchones es casi nula. En las siguientes fotografías puede observarse que no cambia la coloración de ninguna de las dos soluciones y que el depósito de sólidos desprendidos es insignificante.



Figura 6. Evaluación de eficiencia de colchones con distinto carácter iónico.

Utilización de un colchón fuertemente oxidante luego del tratamiento con surfactante. La utilización de un oxidante fuerte directamente sobre la retorta no generó una limpieza aceptable (Figura 7), el efecto se acentuó cuando previamente fue tratada la retorta con un surfactante que preparó la retorta para ser removida, esta combinación fue sumamente eficaz y a posteriori se trabajó en la optimización en la composición de ambos colchones, esto es tiempos de contacto, agresividad del colchón oxidante, polaridad del surfactante, etc.



Figura 7. Evaluación de eficiencia de colchones oxidante.

En la figura 8 se observan los desprendimientos de la retorta generados por la acción química del colchón ácido luego que fue tratado con un colchón base surfactante. El porcentaje de remociones muy alto (teniendo en cuenta la velocidad de flujo a la que se ensayó)



Figura 8. Desprendimiento de sólidos de la retorta lograda con la acción combinada de un colchón base surfactante y otro ácido.

Evaluación semicuantitativa del ataque químico

La retorta extraída tratada con surfactante específico es sumergida en el tratamiento ácido

- Peso de retorta inicial: 3.54 g
- Volumen de ácido agregado: 15 ml (el mínimo para cubrir la retorta)
- Concentración inicial del ácido: 5%
- Tiempo de contacto: 7 min.
- Condición de ensayo: Totalmente estático

Bajo estas condiciones se pudo observar la reacción química producida entre la retorta de lodo y el sistema oxidante. A los 7 minutos de tiempo de contacto se retiró cuidadosamente el papel con lo que quedó de retorta adherida y se tomó una muestra del ácido sobrenadante. Se determinó la concentración del mismo y se midió el porcentaje de remoción de la retorta (Figura 9):

- Concentración de ácido: 3.23%
- Peso final de la retorta: 0.57 g
- Porcentaje de remoción + solubilidad: 83.89%



Figura 9. Evaluación semicuantitativa de la eficiencia del sistema de limpieza.

DETERMINACIÓN DEL FACTOR POTENCIAL DE GAS

Muchos pozos muestran en el registro de cemento ingreso de gas al anular lo que indudablemente deteriora la calidad de aislación, por este motivo se analiza para un pozo promedio de la zona el Factor Potencial de Gas, el cual es un parámetro que nos permite predecir a priori cuan severa es la condición del pozo a cementar, para esto se deben evaluar las características del pozo a cementar, altura, densidades y otras propiedades de fluidos en anular(3). En la tabla 3 se presentan los parámetros del pozo utilizados para determinar el Factor Potencial de Gas (FPF).

Tabla 3. Parámetros del pozo utilizados para determinar el Factor Potencial de Gas.

DATOS DEL POZO A CEMENTAR	
Profundidad zona de gas (mts)	980
Presión de formación (psi)	1237
OD Casing(“)	5.5
Diámetro de pozo (“)	8.87
Capacidad espacio anular (lts/mt)	24.55
DATOS DE LOS FLUIDOS	
Densidad colchón acuohumectante (gr/lt)	1000
Altura colchón acuohumectante (mts)	52
Densidad colchón espaciador #1 (gr/lt)	1000
Volumen colchón espaciador #1 (Bbls)	3
Altura colchón espaciador #1 (mts)	19
Densidad colchón obturante (gr/lt)	1180
Volumen colchón obturante (Bbls)	15
Altura colchón obturante (mts)	97
Densidad colchón espaciador #2 (gr/lt)	1000
Volumen colchón espaciador #2 (Bbls)	5
Altura colchón espaciador #2 (mts)	32
Tope Lechada de cemento relleno (mts)	200
Densidad Lechada de cemento relleno (gr/lt)	1279
Altura Lechada de cemento relleno (mts)	410
Tope Lechada de cemento principal (mts)	610
Densidad Lechada de cemento principal (gr/lt)	1766
Altura Lechada de cemento principal (mts)	370
Presión hidrostática zona de gas (psi)	1983

El flujo de gas en anular es causado por la pérdida de presión hidrostática antes de que la lechada desarrolle suficiente resistencia de gel estático, (Se adopta SGS = 500 lb/100 pies²) necesario para resistir dicha invasión de gas. SGS es la rigidez desarrollada internamente en la matriz de cemento que lo hace resistente a cualquier fuerza aplicada sobre él. El SGS comienza después de detener el bombeo y continúa hasta que el cemento fragua.

A medida que el SGS crece, ocurren dos fenómenos paralelos:

- 1.- La columna de cemento comienza a auto-soportarse parcialmente.
- 2.- El volumen de cemento decrece

A medida que estos fenómenos ocurren disminuye la presión hidrostática. En la tabla 4 se presentan los cálculos del FPG y las medidas correctivas a implementar dependiendo de su severidad.

Tabla 4. Cálculo del factor potencias de Gas (FPG) y medidas correctivas a implementar dependiendo de su severidad.

Máxima reducción de presión = $(SGS / 300) * (L/D)$	Presión sobre balance = $P_h - P_r$
SGS (resistencia de gel, no fluya gas) = 500 lb/100 ft ²	P. Hidrostática = 1983 psi
L (longitud Columna de cemento)= 370 mts	P. Poral de reservorio = 1237 psi
D (Diámetro equivalente: OH – OD Casing)= 3.37"	
MRP = 600	Sobre balance= 746 psi

FACTOR POTENCIAL DE GAS (FPG) = MRP / OBP = 0.8



FPG	FACTOR POTENCIAL DE GAS	SOLUCIONES
1	MENOR CONDICION	BAJO FILTRADO
2	MENOR CONDICION	
3	MENOR CONDICION	ALTA DENSIDAD
4	MENOR/MODERADA CONDICION	
5	MODERADA CONDICION	GELIFICACION
6	MODERADA CONDICION	RETARDADA
7	MODERADA CONDICION	BAJO FILTRADO
8	MODERADA/SEVERA CONDICION	TIXOTROPIA
9	SEVERA CONDICION	
10	SEVERA CONDICION	CEMENTOS
>10	INFINITAMENTE SEVERA	COMPRESIBLES

RESULTADOS DE LAS CEMENTACIONES

Se lograron debido a todas las mejoras introducidas en esta última campaña de perforación, un porcentaje de más del 80% de resultados exitosos en los registros de cemento, existiendo comunicación entre niveles que deben ser evaluadas en profundidad para confirmar si son debida a la proximidad de los niveles punzados o a través de formación, tener en cuenta que la roca no está totalmente consolidada y es posible que cuando se comience a bajar la dinámica en un nivel, se movilice arena de formación que facilita la posterior comunicación, esto no sería un indicativo de que la cementación no fue exitosa.

En las figuras 10 a 16 se muestran tramos de registros de cemento (superior, medio e inferior de las cementaciones antes y después de la utilización del sistema base surfactante (SURF CLEAN).

Resultados de cementaciones sin sistema SURF CLEAN

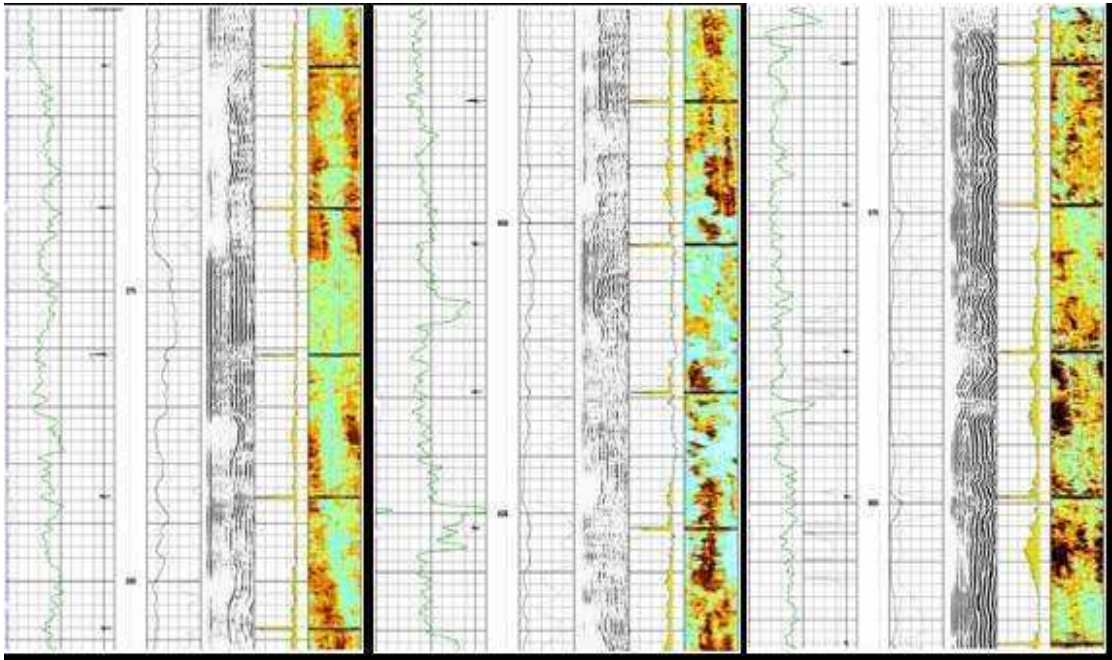


Figura 10. Pozo A – Simple etapa – dos lechadas

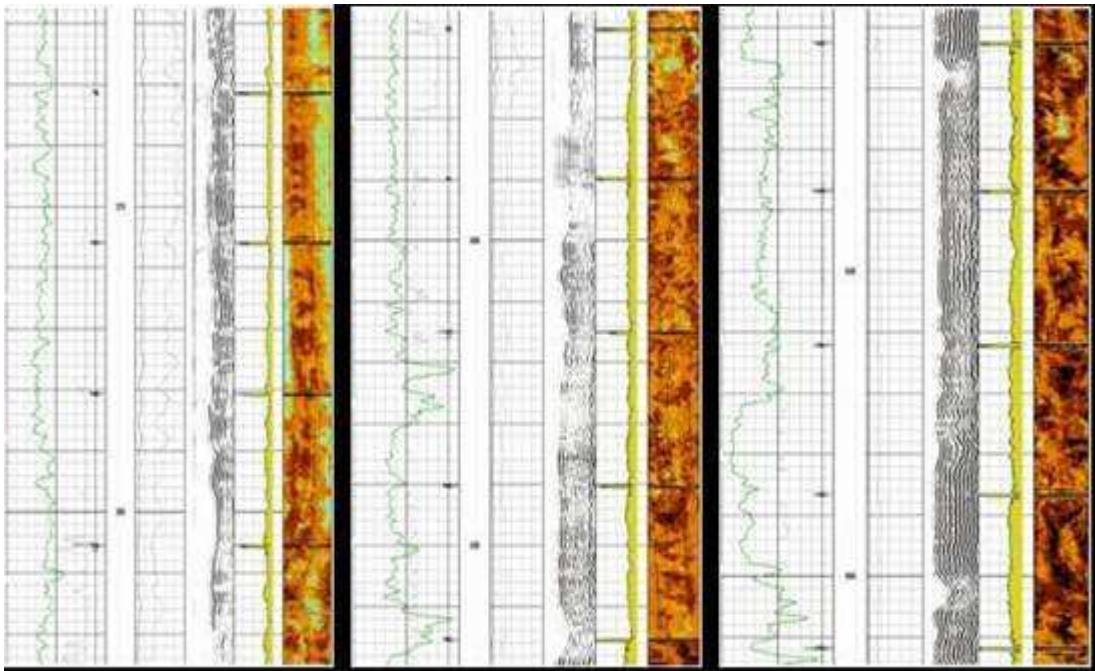


Figura 10. Pozo B – Simple etapa – única lechada densidad 1280 gr./lt
S
—

Resultado de cementaciones utilizando Surfclean + Sistema ácido

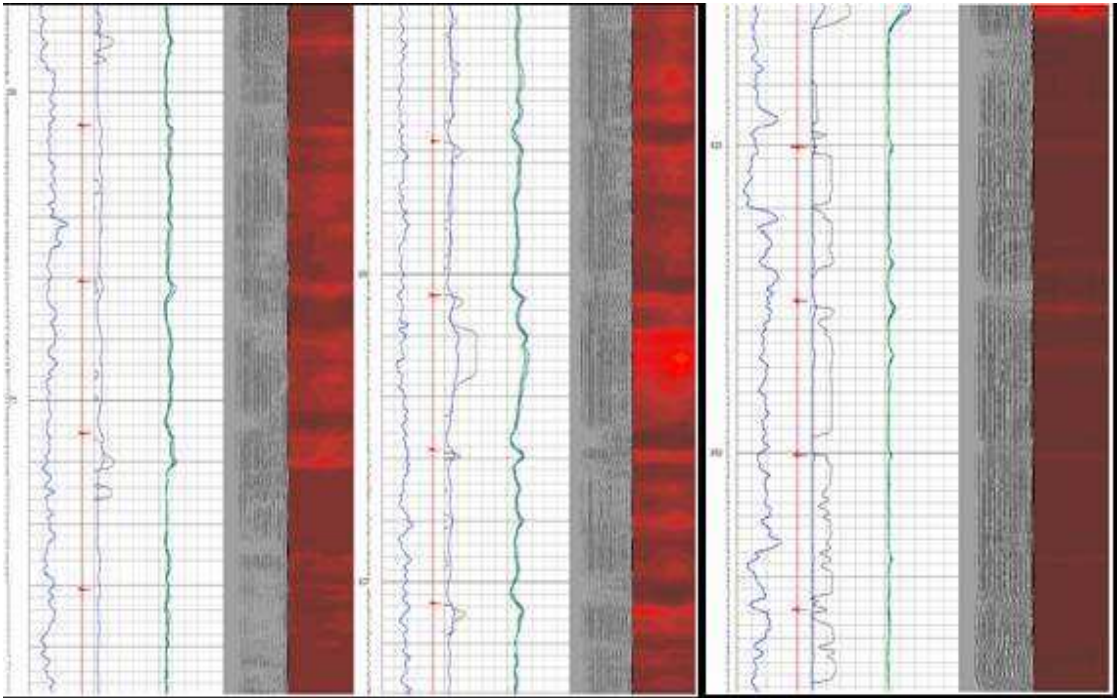


Figura 12. Pozo C – Simple etapa – dos lechadas

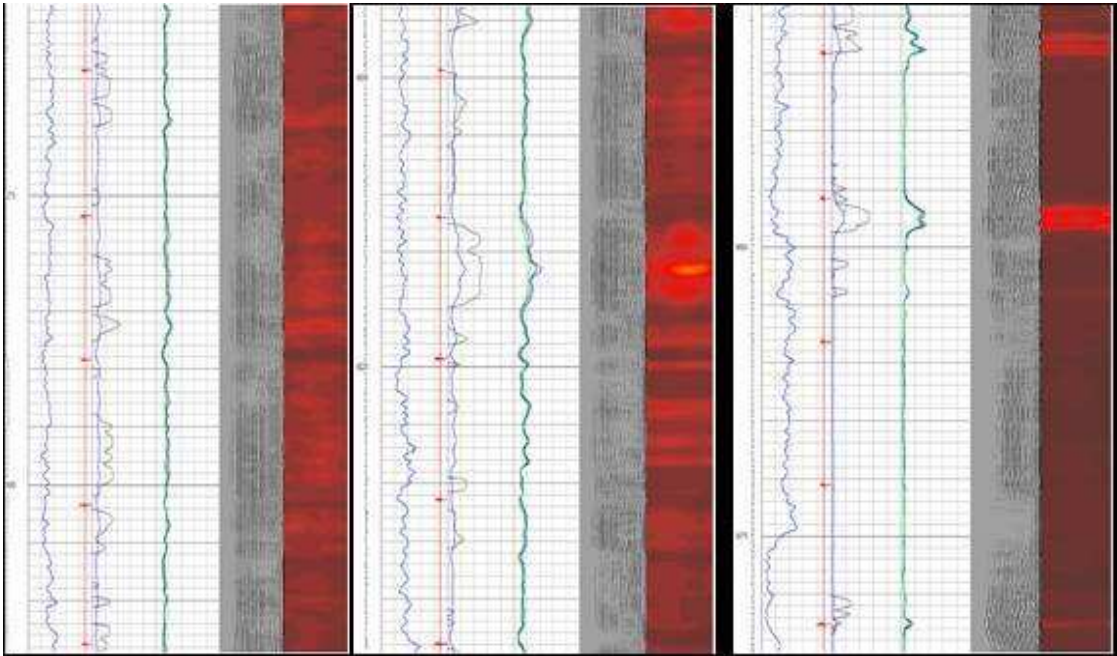


Figura 13. Pozo D – Simple etapa – dos lechadas

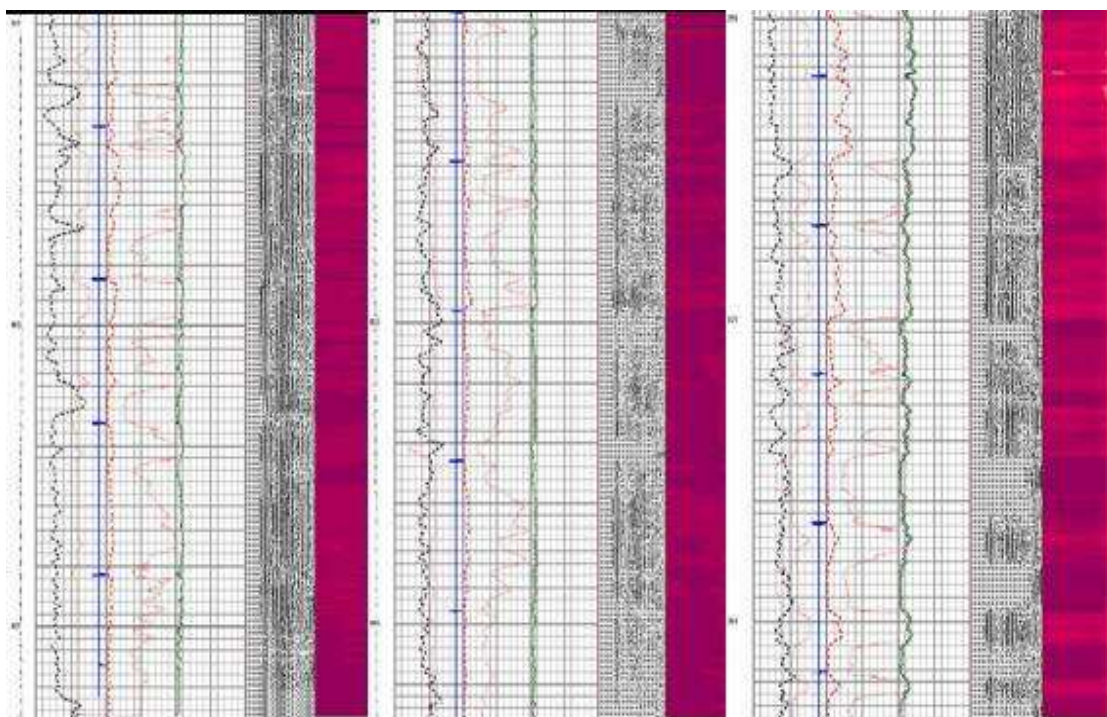


Figura 14. Pozo E – Una sola lechada de 1290 gr/lit (el pozo tuvo pérdidas previo a cementar)

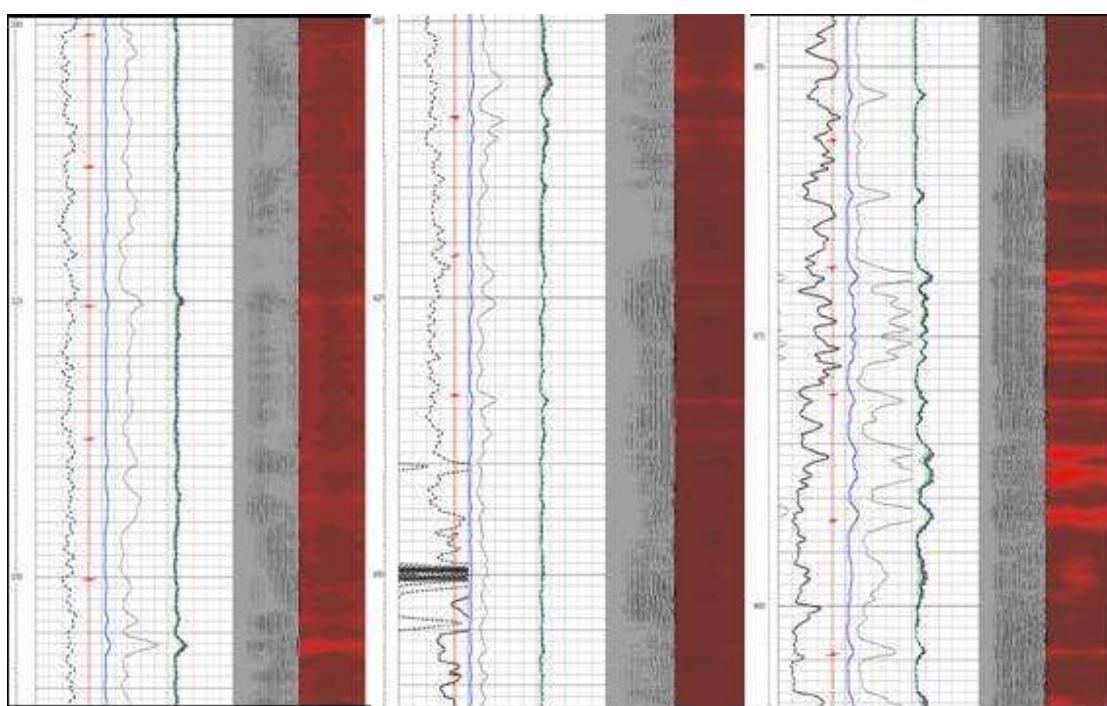


Figura 15. Pozo F – Simple etapa – dos lechadas

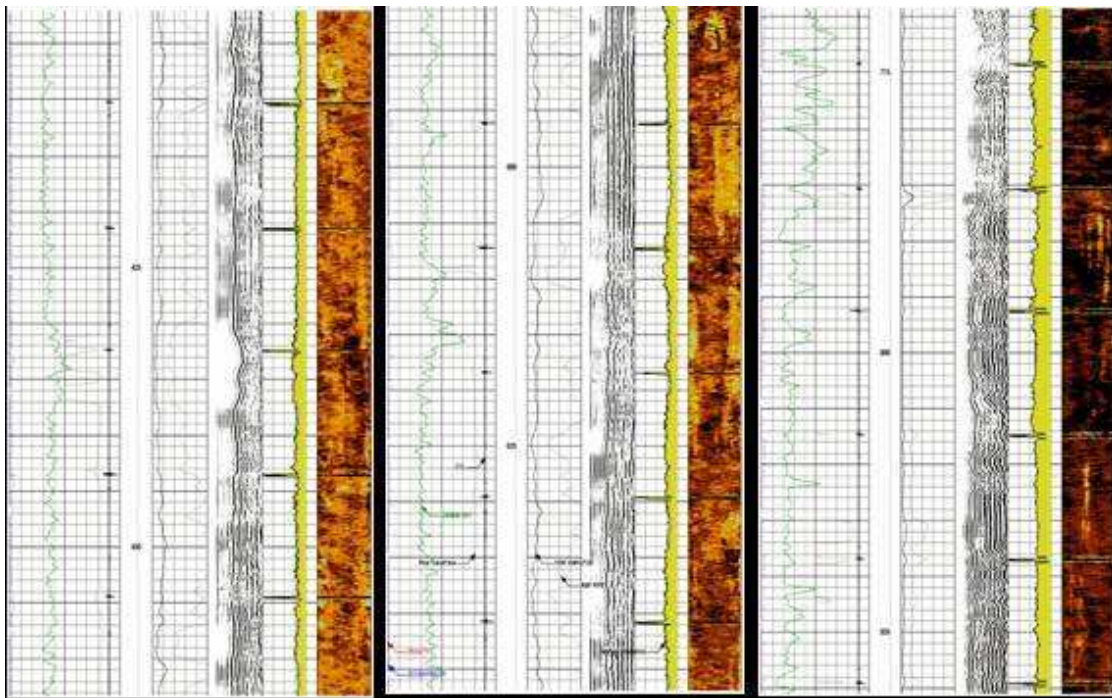


Figura 16. Pozo G – Doble etapa, dispositivo en 650 m

CONCLUSIONES

- La limpieza debe iniciarse con la remoción de la fase fluida del lodo, esto se logra usando un colchón dispersante afín con el lodo.
- Se recomienda el uso de un espaciador viscoso para ayudar en el desplazamiento viscoso del lodo fluidificado por el colchón que lo antecede.
- Como colchón químico se recomienda el uso de dos colchones combinados, primero el de surfactantes específicos para preparar la superficie del revoque y el segundo base ácida para lograr su completa remoción.
- El último colchón pretende asegurar la acuohumectación de las superficies para la óptima adherencia del cemento.
- En cuanto al régimen de bombeo, se debe buscar el máximo caudal sin que la dinámica lleve a sobrepasar los gradientes de fractura de los niveles de menos competentes.
- Tren de colchones recomendado:
 - Colchón Dispersante: Utilizando dispersante afín con el lodo
 - Colchón Mecánico Espaciador
 - Colchón Químico base surfactante (Surf Clean) *Tpo de contacto: 7 min.*
 - Colchón base ácida *Tpo. de contacto: 7 min*
 - Colchón Acuohumectante *Tpo. De contacto: 7 min.*

REFERENCIAS:

1. Robles, J., Criado, M., Jensen, E., and Morris, W. "Dynamic mud-cake removal evaluation under annulus hydrodynamic conditions", SPE 95058, SPE-LACPEC Rio de Janeiro, Brazil, 2005.
2. K. Quijada y R. Perez, "Evaluación de Campo de Inhibidores Alternativos en el Distrito Anaco", Congreso Seflu-Cempo, Venezuela, 2004.
3. Christian, W.W., Chatterji, J, "Gas Leakage in Primary Cementing - A Field Study and Laboratory Investigation" SPE 5517, Journal of Petroleum Technology, Volume 28, Number 11, 1976.