

“Mejores Prácticas en Fluidos y Control de Sólidos durante la Perforación de Domos Salinos en el Golfo de México.”

Gustavo Santos Castañeda (OPEX Perforadora)

Luis Francisco Poches (OPEX Perforadora)

Carlos David Córdova Hernández (OPEX Perforadora)

Miguel Fernando Leon Gokees (OPEX Perforadora)

Rigel Antonio Diaz (OPEX Perforadora)

RESUMEN

La perforación de domos salinos, aparte de la complejidad geológica por su condición intrusiva y plasticidad involucra un reto adicional al tener altas presiones y temperaturas como es el caso del campo POKCHE en las aguas someras cerca al litoral de Tabasco, Méx. En el cual se presentaron varios problemas relativos al fluido de perforación, los cuales van desde pérdidas de lodo, pegas de tubería, influjos, contaminación fisicoquímica del fluido reduciendo la estabilidad eléctrica, rompimiento de la emulsión y pérdida de las propiedades reológicas.

La incorporación progresiva de finos en el fluido y un aparente influjo de agua detectado en los incrementos de la relación agua aceite (RAA). La mayor o menor longitud del domo salino a perforar influye directamente sobre la velocidad y el tiempo en que las propiedades del fluido se afectan. A simple vista parece que el problema se limita a la remoción de estos sólidos; sin embargo, y de acuerdo con los incidentes ocurridos de NPT el principal problema lo representa el rápido deterioro de las propiedades del fluido ocasionando la suspensión de la operación. Los sólidos debido a las altas densidades de fluido manejadas, el perfil o forma de los cristales de sal y su misma gravedad específica representan un problema atípico para su separación en los equipos primarios de control de sólidos tipo mallas y en la mayoría de los casos regulares un arreglo ideal de mallas resulta ineficiente en la remoción de estos finos.

INTRODUCCIÓN

La forma del cristal de sal con contornos y aristas “afiladas” y “puntiagudas” representan un factor adverso y determinante en el tiempo de vida útil de las mallas, llegando a romperse de manera acelerada inclusive con solo minutos de operación, favoreciendo la incorporación de finos al sistema. Adicionalmente, la alta densidad de lodo manejada influye en este deterioro prematuro por impacto directo.

Igualmente, la misma gravedad específica de la sal (2.1) a diferencia de las formaciones normales (2.6) y la alta concentración en el lodo de sólidos de alta gravedad (4.2) es un problema al cual se le había dado un manejo inadecuado en la configuración de los equipos de separación mediante fuerza centrífuga.

Los hidrociclones como equipo de remoción, independiente de que se tenga una zaranda para procesar la descarga pesada de los conos, convierte esta práctica en ineficiente y contraria a los principios estándares de separación de sólidos.

Derivado de las experiencias y problemáticas ocurridas en POKCHE 37, POKCHE 3 y POKCHE 22, se han implementado acciones preventivas y correctivas, tanto a nivel de ingeniería de fluidos como de control de sólidos que han venido mitigando y controlando los eventos de deterioro del fluido, identificando oportunidades de mejora en cada uno de estos servicios e implementando diversas estrategias tanto en el diseño, proceso de mezcla, transporte y aseguramiento en sitio de los fluidos como en la optimización del funcionamiento, eficiencia, arreglos de mallas y adecuación del equipo de centrifugación para eliminar la mayor cantidad de sólidos perforados posibles y evitar el deterioro prematuro del fluido.

ACCIONES FLUIDOS	ACCIONES CONTROL DE SÓLIDOS
Verificación de propiedades en planta	Inspección e implementación de ajustes y cambios en equipos de control de sólidos
Supervisión directa en campo	Uso continuo de centrifugas en modo de control de densidad y viscosidad
Mantenimiento de la estabilidad eléctrica desde el inicio de la perforación del domo salino	Optimización uso del “SCALPER” como protección de las mallas primarias
Volumen de respaldo en sitio para desplazamiento total	Supervisión directa en campo

Establecer mínimo valor permisible de estabilidad eléctrica	Prueba y estandarización arreglo de mallas
---	--

Estas acciones aplicadas parcialmente en POKCHE 22 y POKCHE 12 han reducido los problemas de manera puntual, alcanzando en POKCHE 102 un control total sin evidenciar deterioro del fluido. Sin embargo, este último pozo fue el que perforó el menor tirante de sal, dejando oportunidad abierta a una posterior evaluación durante la perforación de un mayor intervalo.

FLUIDOS

Debido a las altas presiones de formación de las zonas a perforar donde se encuentra el domo salino, el fluido de perforación por sí solo representa un reto importante en su diseño por el alto contenido de sólidos. Mantener la emulsión estable y la humectación de los sólidos para esta densidad, aunado al manejo de la incorporación de sólidos perforados provenientes del domo constituyen el principal objetivo durante la perforación del intervalo.

Se han identificado varios factores que inciden en mayor o menor grado en la desestabilización de la emulsión:

- Zonas re presionadas con agua libre
- Estratos delgados con presencia de agua
- Incorporación de sólidos perforados al fluido
- Composición mineralógica del domo salino
- Uso de emulsificantes de insuficiente calidad
- Falta de emulsificantes en sitio

Los dos últimos puntos se deberían considerar como tratamiento para evitar los riesgos de rompimiento temprano de la emulsión, sin embargo, al no tenerlos en sitio y/o no tener la eficiencia adecuada han incidido en el deterioro del fluido.

Durante los incidentes con pérdidas de tiempo ocurridos durante la perforación de las zonas salinas en los pozos POKCHE 37, POKCHE 3 y POKCHE 22, la disminución de la estabilidad eléctrica y rompimiento de la emulsión ocurre por la variación en los valores de la relación agua aceite, reflejando una posible incorporación de agua al sistema. A pesar de que se han utilizado las densidades adecuadas, se han observado cambios drásticos en esta relación (RAA), que podrían explicarse como un influjo de agua en el fluido que la calidad del emulsificante y/o concentración no lo han tolerado, generando el rompimiento de la emulsión mencionada.

POZO	Relación Agua/Aceite Inicial	Relación Agua/Aceite Final
POKCHE 3	83/16	79/21
POKCHE 22	89/11	87/13

Igualmente, la incorporación excesiva de sólidos de sal en forma de cristales que no es posible separar en los equipos de control de sólidos influye en la reducción de la estabilidad eléctrica del fluido, por incremento de área superficial que consume el humectante y reduce su concentración, favoreciendo el rompimiento de la emulsión.

Lo anterior, constituye una de las razones de la importancia del trabajo eficiente del control de sólidos como se verificó en el POKCHE 102.

Adicionalmente, se pudo observar que un método eficaz de mitigación de los riesgos es la de iniciar la perforación con un fluido con valores de estabilidad eléctrica por arriba de 1800 mv y desde los primeros metros de la etapa mantener la adición de emulsificante-humectante para garantizar lecturas de estabilidad eléctrica en niveles altos antes de manifestarse un deterioro del fluido.

En resumen, e independiente del diseño y programa de pozo que se determine, el reto principal para el fluido y la ingeniería de este, en este tipo de pozos es el de mantener y controlar la intermitencia en las variaciones de la Relación Agua Aceite con el uso adecuado de emulsificantes y productos para mantener valores estables de estabilidad eléctrica y evitar el rompimiento de la emulsión.

CONTROL DE SÓLIDOS

Un sistema de control de sólidos se diseña con base entre muchos factores de acuerdo con la densidad del fluido, gasto, espacios en plataforma, tipo de pozo, carga de sólidos etc. Sin embargo, para la perforación de este tipo de formación, donde el perfil y forma de sólido es un factor adverso en detrimento de la durabilidad de las mallas, un arreglo específico para estas zonas requiere de un gran cuidado y atención para mitigar el efecto adverso en las propiedades del fluido. Un arreglo que garantice mayor durabilidad y tiempo de las mallas es mejor y más eficiente en separación que un arreglo con mallas muy finas de baja durabilidad debido al rompimiento prematuro que ocasionan los cristales de sal.

Como se comentó anteriormente, la característica del tipo de formación a perforar de alta presión genera una condición especial del fluido con alta densidad y por lo tanto un alto contenido de sólidos, al cual se le tiene que realizar un tratamiento cuidadoso, especial y eficiente con el equipo de control de sólidos disponible.

7 - 10 de junio, 2023 · Campeche, Camp.

Este tratamiento especial comienza por las mallas, donde por razones de la misma distribución y contenido de material del lodo, el usar mallas muy cerradas (>140 API) ocasiona un triple efecto adverso tanto para el sistema de fluido como para el proceso eficiente de separación:

- Daño y rompimiento prematuro de la primera malla que recibe la carga de lodo y recortes sin poder identificar este daño y tener que perforar hasta la siguiente conexión con la entrada continua de sólidos perforados al sistema.
- Pérdida de material densificante de mayor tamaño y disminución de la densidad.
- Pérdida de lodo por sobre flujo en cada equipo.

Basados en lo anterior se realizaron pruebas de campo con arreglos diferentes de mallas buscando la mayor eficiencia de separación.

POZO	SCALPER (API)	PRIMARIO (API)
POKCHE 3	20/40/60/80	80
POKCHE 22	20/40/60/80	80/100
POKCHE 12	20	100/120/140
POKCHE 102	20	120/140

Uno de los mayores errores e inconsistencias que se tenía en la operación de estos equipos VSM 300 disponibles como zarandas en todas las plataformas, con excepción de la PAE ODIN era el uso del SCALPER o canasta superior. Por diseño del equipo y operación de esta canasta su función es la de separar los recortes gruesos tipo grava API, con el fin de proteger las mallas inferiores y garantizar una mayor capacidad de flujo. El uso de mallas mayores a 40 API en la canasta superior genera un frente de inundación por fuera de la bandeja de recolección y hace que el lodo filtrado caiga directamente sobre la segunda malla en la canasta inferior ocasionando su daño prematuro y disminuyendo la capacidad de acarreo y flujo sobre este panel de separación.

Para los pozos POKCHE 12 y POKCHE 102 se utilizaron solo mallas 20 API en la canasta superior, permitiendo el cierre y optimización de arreglos en las canastas inferiores; al mismo tiempo que se disminuyó el consumo y daño de mallas.

En la canasta inferior, se probaron diferentes combinaciones de mallas tanto en el pozo POKCHE 12 y POKCHE 102 con el fin de optimizar y estandarizar el arreglo más eficiente en la perforación del domo salino.

Independiente del fabricante de mallas utilizado, ya que se tienen diferentes marcas y proveedores, el rendimiento y calidad no es muy notorio ni representa ventajas y/o desventajas entre los diferentes fabricantes y no tiene mayor incidencia en los arreglos

7 - 10 de junio, 2023 · Campeche, Camp.

probados para determinar el uso de una u otra marca de malla. En la tabla adjunta un compendio y comentarios de los diferentes arreglos probados:

POZO	MALLAS	D ₁₀₀ (Micras)	COMENTARIOS
POKCHE 12	4X100	141	Baja separación, frente inundación corta
	4x140	114	Perdida de lodo, daño acelerado
	4x120	136	Daño moderado primera malla
	2x100/2x140	141/114	Menor daño en primera malla, mejor separación
POKCHE 102	2x120/2x140	136/114	Daño moderado en primera malla, buena separación

De acuerdo con las pruebas realizadas, el mejor arreglo tanto para garantizar una mejor eficiencia total de separación como un consumo optimizado de mallas; 100 API en la entrada y 140 API en la descarga comparado con un arreglo similar de 120 API en la entrada y 140 API en la descarga, se creería que estas últimas ofrecen una mayor eficiencia. Sin embargo, al revisar su punto de separación, D₁₀₀ de la malla 120 (136 micras) esta solo difiere en 5 micras con la referencia de malla API 100, D₁₀₀ (141 micras), con la ventaja de esta última de tener una mayor durabilidad ante el efecto adverso de los cristales de sal. Igualmente, cabe anotar que en esta primera malla por la misma inercia de la entrada de la carga de fluido y sus condiciones reológicas es donde se tiene el menor tiempo de retención y por ende la menor separación.

Como experiencia de esta prueba de diferentes arreglos de mallas con diferentes marcas y proveedores se identificó y seleccionó las mallas de acuerdo con el punto de separación, D₁₀₀, su conductancia o capacidad de flujo y no tanto con base en su número o referencia API.

Todas las plataformas con equipos VSM 300 en esta operación de OPEX tienen como primer frente de separación de mallas 4 equipos en línea. El último de los 4 ensamblado con dos arreglos de conos como DESARENADOR y DESARCILLADOR respectivamente. En la mayoría de las plataformas existe una errónea concepción en la aplicación de estos equipos en lodos de alta densidad.

El uso del limpia lodos con fluidos pesados, aparte de los efectos adversos de separación, ocasiona una mayor pérdida de material de peso del lodo como lo muestra el análisis anexo realizado en el pozo POKCHE 44 con lodo de 2.10 gr/cc

7 - 10 de junio, 2023 · Campeche, Camp.

EQUIPO	MALLAS (API)	LGS (% v/v)	HGS (% v/v)
Zaranda	2x120 / 2x140	33.67	22.54
Limpia lodos	4x140	20.14	34.91

En la mayoría de los pozos perforados últimamente, bien sea con fluidos livianos o pesados de emulsión inversa, OPEX ha logrado romper el paradigma del uso del limpia lodos en lodos de alta densidad y se ha utilizado esta zaranda para optimizar el arreglo de mallas y conseguir una mayor separación.

Otra de las prácticas que se han conseguido implementar para la integración y eficiencia de todo el sistema de control de sólidos es el uso de las centrífugas como última línea de limpieza del fluido. Estos equipos no se utilizaban de manera frecuente, bien sea por no encontrarse disponibles, falta de líneas de succión/descarga, y desconocimiento de su operación.

Los arreglos sugeridos y derivados de la inspección en cada uno de los equipos, así como la asistencia técnica y operativa por parte del grupo de OPEX fluidos y control de sólidos ha permitido incrementar su uso de manera adecuada y eficiente; con lineamientos operativos claros y precisos en el control de la densidad para fluidos livianos y control de viscosidad en fluidos pesados como es el caso de la perforación en los domos salinos de este campo.

CONCLUSIONES

- La perforación de domos salinos con lodos pesados representa un reto de gran cuidado, atención, seguimiento y aplicación de las lecciones aprendidas tanto a nivel de fluidos como de control de sólidos.
- El principal foco de atención y cuidado por parte del fluido es el de mantener una vigilancia estricta sobre las pequeñas variaciones en la relación agua aceite, las cuales por la misma naturaleza de la formación y la actividad de perforación se presentan continuamente, y por lo tanto el mantenimiento del fluido para mitigar esta acción también debe ser continuo.
- Iniciar la perforación del domo con una estabilidad eléctrica en el fluido por arriba de 1800 que permita mantener estable el fluido e iniciar la adición de emulsificante-humectante al sistema activo desde el inicio de la perforación de la etapa para tener un rango o ventana operativa mayor que permita asegurar el control sobre las propiedades del fluido.
- Para el proceso de control de sólidos por ser una condición atípica por el tipo de formación, también se lograron probar y modificar ciertas prácticas y establecer tanto arreglos de mallas en zarandas como en equipos centrífugos para optimizar

7 - 10 de junio, 2023 · Campeche, Camp.

la separación y limpieza del fluido y garantizar los parámetros de perforación requeridos.

- Durante los incidentes de NPT como consecuencia del deterioro en las propiedades del fluido en POKCHE 3 y POKCHE 22 se pudo observar un rápido cambio en la relación agua aceite generando el consecuente rompimiento de la emulsión. Por lo tanto, las buenas prácticas derivadas de la curva de aprendizaje para el manejo de estas condiciones tanto en fluidos como en control de sólidos deben ser aplicadas y optimizadas durante la perforación de futuros pozos que involucren domos salinos con altas presiones y temperaturas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores y coautores agradecen a las directivas de OPEX perforadora y en especial equipo de fluidos de perforación y control de sólidos por su soporte en la redacción e información técnica, fundamental para la realización de este documento.

REFERENCIAS

- Recap POKCHE 37, OPEX, 2022
- Recap POKCHE 3, OPEX, 2022
- Recap POKHE 22, OPEX, 2022
- Recap POKCHE 12, OPEX, 2022-2023
- ICR POKCHE 3, OPEX, 2022
- ICR POKCHE 22, OPEX, 2022

TRAYECTORIA PROFESIONAL DEL AUTOR Y COAUTORES:

Gustavo Santos Castañeda.

Ingeniero Petrolero egresado de la Universidad Industrial de Santander, con 35 años de experiencia en Fluidos de Perforación y Control de Sólidos en el sector de Oil and Gas, ha colaborado en operaciones Terrestres, Off-Shore y On-Shore en diferentes países como Colombia, Venezuela, Ecuador, Chile, Argentina, Perú, Irán y México. Líder de perforación de pozos de desarrollo, exploratorios y estratigráficos del 2008-2016. Ha participado como especialista en análisis de recursos y reservas de petróleo y gas, y como analista en proyectos de recobro mejorado. Actualmente es Gerente de Fluidos de Perforación y Control de Sólidos en el Golfo de México.

Luis Francisco Poches.

Ingeniero de Petróleos, egresado de la Universidad Industrial de Santander-Colombia, con 30 años de experiencia en la industria de Oil and Gas, con énfasis total en ingeniería, diseño y optimización de sistemas de control de sólidos y manejo ambiental de efluentes de la perforación en sistemas cerrados de cero descargas inadecuadas al exterior del sistema de operación.

Desarrolló su experiencia en operaciones en tierra y Off-Shore en Colombia, Ecuador, Bolivia, Argentina y México.

Carlos David Córdova Hernández

Ingeniero Químico egresado de la universidad Veracruzana. Desarrollado profesionalmente en el área de fluidos de perforación y terminación de pozos cursando diferentes programas de capacitación de las empresas Baker Hughes, MI Swaco, Weatherford, Halliburton y Opex. Logrando conjugar conocimientos y experiencias técnicas administrativas en el área de fluidos, para participar como ingeniero en campo y en la coordinación y representación de proyectos en: Región Norte en los proyectos Burgos, Chicontepec, Lankahuasa, ATG Región Sur en el proyecto 5 cabezas con alcance en las unidades operativas de Cardenas, Reforma, Comalcalco y ciudad Pemex, Región Marina en los activos Litoral, Abkatún, Cantarel.

Miguel Fernando Leon Gokees

Ingeniero Químico, con 18 años de experiencia en la Industria Oil and Gas como coordinador de operaciones, supervisor de operaciones en región marina y terrestre, y representante técnico.

Experto en fluidos de perforación base agua, aceite y de manejo especiales como nitrogenados y bajo balance para pozos direccionales y horizontales en pozos HT-HP, experiencia en el manejo de planta de fluidos para producción, acondicionamiento y almacenamiento, así como encargado de logística para el envío de materiales y equipos de perforación en la región marina.

Rigel Antonio Diaz

Ingeniero Petrolero, egresado del Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México, en entrenamiento en el área fluidos y control de sólidos en OPEX Perforadora, titulado por medio de seminario de actualización en fluidos desarrollando una tesina con nombre “Importancia del Sistema de Bombeo en el Desplazamiento de Fluidos de Control Empleados en la Construcción de Pozos Petroleros”.