

NUEVAS TECNOLOGIAS EN EMULSIONES INVERSAS

Benjamin Paiuk
M-I Swaco

Introducción

Los fluidos base aceite son muy populares debido a sus muchas ventajas, entre ellas altas penetraciones y estabilidad del pozo. Las limitaciones incluyen el deshecho de los recortes, la remoción de hidrocarburo de los recortes, la remoción eficiente del revoque y otros problemas relacionados con las condiciones de los pozos petroleros tales como cementación. Otra limitación es la inhabilidad de las emulsiones inversas de conducir la corriente eléctrica. Para superar estas limitaciones asociadas con los fluidos de perforación de emulsión inversa, se desarrollaron alternativas muy atractivas

Para superar estas limitaciones se han desarrollado diversas tecnologías. En este trabajo presentaremos tres de ellas:

1. Una emulsión inversa reversible (EIR). Esta emulsión inversa (agua en aceite) es reversible pudiendo convertirse en una emulsión directa (aceite en agua) y viceversa utilizando un convertidor ácido/base.
2. Emulsión Inversa conductora de la electricidad. Esta emulsión permite correr registros FMI (Los cuales permiten sacar una “fotografía” de la formación). Una nueva versión permitirá correr los registros GVR que permitirá optimizar la productividad de los pozos horizontales permitiendo el ajuste correcto de la trayectoria de los mismos.
3. Emulsión Inversa cuyos recortes pueden ser convertidos en fertilizantes por medio de la utilización de sales especiales y una base aceite más degradable.

Emulsión Inversa Reversible

Durante la etapa de perforación, el fluido de perforación puede ser una emulsión inversa consiguiendo todos los beneficios de performance asociados con la emulsión base aceite. Sin embargo durante la etapa de terminación el lodo residual en el pozo y las superficies en contacto con el fluido reversible pueden ser revertidos a una emulsión directa por medio del agregado de ácidos solubles en agua. Esto proveerá excelente remoción de los sólidos del revoque, mayor productividad en una completación a pozo abierto, mejor cementación y mejor limpieza de los recortes y manejo de los desechos.

El impacto global de la tecnología de emulsiones inversas reversibles en las operaciones de perforación especialmente en la remoción eficiente del revoque y producción mejorada en completaciones de pozos horizontales será presentada. El impacto ambiental de este sistema en lavado y deshecho de los recortes será discutido. La aplicación en campo (Africa Occidental) de la tecnología de emulsiones inversas reversibles mostrando sus beneficios económicos será presentada.

Una de las nuevas alternativas es la EIR que exhibirá la mejor performance para perforar como si fuera un fluido base aceite reteniendo las ventajas asociadas con un fluido base agua.

Una emulsión inversa nueva, útil para perforar, completar y reparar pozos ha sido desarrollada. Esta emulsión inversa (agua en aceite) es reversible pudiendo convertirse en una emulsión directa (aceite en agua) y viceversa utilizando un convertidor ácido/base.

Los surfactantes utilizados en la emulsión directa reversible son emulsificantes fuertes en la presencia de alcalinidad. Sin embargo los mismos surfactantes se transforman en emulsificantes directos en presencia de ácidos solubles en agua. Las propiedades de la emulsión de los surfactantes de la emulsión reversible le permite al fluido de perforación cambiar de una emulsión inversa a una emulsión directa en diferentes etapas de la perforación y completación.

Durante la etapa de perforación, el fluido de perforación puede ser una emulsión inversa consiguiendo todos los beneficios de performance asociados con la emulsión base aceite. Sin embargo durante la etapa de terminación el lodo residual en el pozo y las superficies en contacto con el fluido reversible pueden ser revertidos a una emulsión directa por medio del agregado de ácidos solubles en agua. Esto proveerá excelente remoción de los sólidos del revoque, mayor productividad en una completación a pozo abierto, mejor cementación y mejor limpieza de los recortes y manejo de los desechos.

El impacto global de la tecnología de emulsiones inversas reversibles en las operaciones de perforación especialmente en la remoción eficiente del revoque y producción mejorada en completaciones de pozos horizontales será presentada. El impacto ambiental de este sistema en lavado y deshecho de los recortes será discutido. La aplicación en campo de la tecnología de emulsiones inversas reversibles mostrando sus beneficios económicos será presentada.

Para superar la limitación exhibida por la falta de conductividad de las emulsiones inversas se desarrolló una emulsión inversa conductiva. Este fluido permitirá correr los registros FMI que permiten analizar mejor las zonas perforadas y GVR para asegurar que se mantiene el mejor control direccional

Finalmente para superar las limitaciones ambientales se desarrolló una emulsión inversa que permite utilizar los recortes como fertilizante. Es decir que en vez de generar un residuo dañino se genera un producto con valor comercial

Motivación para una emulsión Inversa Reversible (EIR)

Las ventajas de perforar con un fluido base aceite comparadas con las ventajas de correr registros y completar con un fluido base agua han producido decisiones difíciles para los operadores. Problemas con la limpieza del pozo con emulsión inversa han sido mas pronunciados especialmente con el desarrollo de los pozos horizontales extendidos mas allá de los límites de los fluidos base agua especialmente cuando existen programas de completación mas sofisticados. La EIR ha sido diseñada de manera tal que la fase externa pueda transformarse en la fase interna, permitiendo que la base interna se convierta en la externa, creando una emulsión regular, en lugar de ser invertida. Esto significa que después de perforar con un fluido que moja por aceite (o sintético), las características de mojabilidad pueden ser modificadas de forma tal que el revestidor, recortes y tubería no están mojados por aceite. Esto mejora notablemente los registros, limpieza y completación.

Se puede utilizar como base para la formulación de la EIR diferentes fluidos sintéticos y destilados y una salmuera puede ser la fase dispersa. Los sólidos y la salmuera utilizada en el sistema son suspendidos en la fase aceite, por lo tanto las arcillas y lutitas de formación mantienen su integridad y el pozo permanece estable. La reversibilidad es controlada utilizando un conmutador ácido-base para producir la conversión a una emulsión regular.

La EIR puede perforar pozos en calibre y ofrecer integridad de recortes como las Emulsiones Inversas convencionales proveyendo al mismo tiempo la habilidad de convertirse en una emulsión directa para limpieza y terminación

Formulación

El fluido de perforación formulado es similar a un fluido de perforación convencional tanto en términos de composición y performance, excepto los emulsificantes. Los emulsificantes utilizados en la emulsión inversa Reversible juegan un rol muy importante en las características y rendimiento de este fluido. Los emulsificantes utilizados en este sistema reversible forman una emulsión inversa muy estable en la presencia de materiales alcalinos, tales como la cal. Sin embargo, en la presencia de ácidos solubles en agua (alcalinidad negativa), estos surfactantes se convierten en emulsificantes directos y forman emulsiones directas. La emulsión inversa puede pasar a directa agregando un ácido y revertir a emulsión inversa agregando una base (Figura 1).

Estos fluidos pueden formularse con diferentes bases, Con carbonato de calcio o Barita como densificante y salmuera de cloruro de calcio. En las tablas se muestran diferentes formulaciones.

Resultados de Laboratorio

La **tabla 1** muestra una formulación de 9 lb/gal con 20 % CaCl_2 y sus propiedades a temperatura ambiente

La **tabla 2** muestra una formulación 75:25 densificada con carbonato de calcio y sus propiedades a 150 F.

La **tabla 3** muestra resultados de contaminación con sólidos simulados; Cemento y con agua de mar. ,

La **tabla 4** muestra una formulación utilizada en el Mar del Norte y sus propiedades

La **tabla 5** muestra tiempo de dispersión. Aquí se puede ver la gran capacidad de inhibición.

Registros

Las Emulsiones Inversas comunes no conducen la electricidad. La opción era utilizar fluidos base aceite para perforar sin problemas o base agua para correr ciertos registros eléctricos. En muchos casos la sustitución con una herramienta de inducción por una herramienta de resistividad resolvió el problema, pero existen casos donde los métodos de correr registros requieren la utilización de almohadillas de resistividad (medición de buzamiento). La EIR permite la posibilidad de correr esos registros después de haber perforado ese intervalo. El fluido puede ser revertido para transformarse en un fluido conductor de la electricidad aceite en agua. Es importante notar que la respuesta puede estar modificada por la invasión del filtrado y la estabilidad del pozo puede ser comprometida por la reversión.

Cementación

Los espaciadores y fluidos de tratamiento necesarios para cementar cuando se perforó con emulsión inversa requieren agentes humectantes fuertes antes de cementar para mojar por agua rápidamente el revestidor, porque la unión entre el cemento y el revestidor es muy débil, una condición de mojado por aceite. Agentes humectantes muy potentes son requeridos porque los emulsificantes utilizados en las emulsiones inversas comunes son muy potentes y típicamente han sido expuestos al revestidor y formación por un largo período debido al tiempo requerido para perforar un intervalo antes de correr el revestidor.

El revoque y residuo mojado por aceite de la EIR puede ser revertidos mas fácilmente ya que el agente humectante fue diseñado con un balance mas adecuado. Es suficientemente fuerte para permitir una perforación sin problemas, pero no es innecesariamente mojante fuertemente por aceite. El paquete emulsificante EIR puede ser revertido durante los registros o cuando se circula el pozo antes de la cementación. Esto deja la formación y el revestidor mojado por agua, sin utilizar agentes humectantes muy fuertes.

Fuerzas de compresión como las que se encuentran con lodos base agua se pueden conseguir mas fácilmente en áreas que se deben perforar con emulsiones base aceite. Un buen programa de espaciadores debe utilizarse en el frente y en la cola para evitar la contaminación de la EIR con

cemento, pero también para evitar aumentar el pH de los productos químicos no alcalinos utilizados para mojar por agua el revoque y el residuo remanente en el revestidor y la formación (Fig. 5)

Prácticas de Terminación

La reversibilidad de la EIR significa que el conjunto de completación puede ser dejado en condiciones de mojabilidad por agua a pesar de haber sido perforado con una emulsión inversa. Los conjuntos de completación mojados por agua son menos atractivos a los hidrocarburos y sólidos recubiertos por hidrocarburos y sólidos recubiertos con hidrocarburos lo que hace que los conjuntos se tapen menos.

Este mismo concepto se puede aplicar cuando se empaca con grava. Se puede revertir después de colocar la grava, dejando un revoque que permite el transporte adecuado de la grava. Se realiza la reversión cambiando el pH en el momento adecuado. Esto hace el revoque más fácil de remover. Tratamiento químico posterior será solamente necesario cuando el material puenteante es demasiado grande como para tapar el conjunto de terminación. Si esto fuera necesario los ácidos son más efectivos en el ambiente mojado por agua.

Una completación horizontal típica perforada con emulsión inversa convencional requiere un procedimiento de pasos múltiples incluyendo el lavado del revoque con solventes y surfactantes para remover o lavar la emulsión inversa con una solución ácida empapadora. Extensión del tiempo requerido para limpiar el pozo puede resultar en inestabilidad y colapso del pozo. Pero, si en lugar de lavar el revoque y el residuo del fluido con un procedimiento de múltiples pasos utilizados en una emulsión convencional, se puede en una EIR convertir el revoque en mojado por agua agregando ácido. El ácido llegará y convertirá y disolverá los sólidos solubles en agua, dejando la formación o las mallas libres de revoque. Un experimento de laboratorio mostró que el tiempo requerido para disolver el revoque producido con una EIR Densificado con carbonato de calcio es mucho menor que para un revoque de una emulsión convencional. El revoque hecho con EIR se disolvió limpia y completamente en una solución de HCl al 15% en menos de una hora, mientras que el revoque hecho con el fluido tradicional tenía bastante residuo aún después de 24 horas.

Consideraciones Ambientales

Cuando se descartan recortes perforados con fluidos base aceite, este fluido previene que el agua penetre y los disperse. Este mismo fenómeno que evita llenar de lodo la columna de agua produce una sobrecarga en el fondo marino alrededor de la locación

Bajo estas cargas orgánicas los niveles de oxígeno existentes en el sedimento son consumidos rápidamente. La mayoría de las bases se degradan en presencia de oxígeno pero no en condiciones anaeróbicas.

Las EIR favorecen la suspensión del hidrocarburo en la columna de agua permitiendo la rápida biodegradación en condiciones aeróbicas. Cuando los sólidos llegan al fondo están muy dispersados y agregan sola una pequeña carga orgánica al fondo marino teniendo un impacto menor.

Sin embargo, por dispersar mas en la columna de agua, mostraran una mayor toxicidad que una emulsión inversa tradicional hecha con el mismo fluido base.

Ensayos de Campo

Sector Noruego del Mar del Norte

Perforación de mas de 300 pies/hora en un pozo de 16" con un ángulo de 46 grados. Fue necesario mejorar la velocidad de reinyección para poder manejar el volumen de recortes. Para conseguir esto se aplico el interruptor químico (pH) para mojar por agua los recortes para dispersarlos mejor y más rápido.

Africa Occidental

California

Conclusiones EIR

La EIR ha demostrado tanto en el laboratorio como en el campo su aplicabilidad. Ha mejorado la inyectabilidad, Producción y dispersión de recortes.

Con mas experiencia en el campo y en el laboratorio se va a extender las posibilidades de aplicación de esta técnica tan prometedora.

La EIR es simple y fácil de correr y no requiere cambios importantes en las operaciones corrientes. Este sistema provee los beneficios de los fluidos base aceite de mejor perforación, manteniendo las ventajas de los fluidos base agua de menor impacto ambiental y menor daño de formación,

Emulsión Inversa Conductiva

Debido a la necesidad de correr registros FMI (Formation Micro Image) que permite sacar “fotografías” de la formación se desarrolló la emulsión conductora de la electricidad. Un desarrollo posterior permite correr el registro GVR que nos permite optimizar la productividad del yacimiento al asegurarnos que perforamos la zona productiva en pozos de dirección controlada.

La figura 2 muestra el valor de conductividad necesario (500 microsiemens) para conseguir una “fotografía” aceptable de la formación. También muestra como se ve una formación en el FMI cuando se corre una prueba con OBM (Lodo Base Aceite) tradicional, con salmuera y con Emulsión Base Aceite Conductivo.

La Figura 3 Muestra los tres métodos de generar conductividad:

Agregando sólidos

Bajando la estabilidad de la emulsión

Haciendo la fase continua conductiva

También se puede utilizar una combinación de los anteriores.

La figura 4 muestra que se puede conseguir una buena fotografía utilizando un fluido con una conductividad de 500 microsiemens

Este fluido perfora muy parecido a la emulsión inversa común pero no posee estabilidad eléctrica.

Este fluido ha sido utilizado en varios trabajos en el sector Noruego del mar del Norte.

El trabajo publicado SPE 62977 describe los ensayos hechos en el patio de pruebas y en el campo con la emulsión conductora. En este trabajo se pueden ver los registros tomados utilizando este fluido. Esto ayuda enormemente a evaluar las formaciones.

Emulsión Inversa Generadora de Recortes Amigables al Medio Ambiente

Con esta emulsión se buscan superar las limitaciones ambientales de las emulsiones tradicionales.

Este fluido posee las características de perforación de los fluidos tradicionales pero se puede utilizar para mejorar la tierra. Cada uno de los componentes del sistema fluido base, fase polar interna, estabilizadores de la emulsión, agentes humectantes, agentes de control de filtración y los materiales densificantes poseen esta características atractivas.

Existe una versión que puede ser utilizada directamente y otras que es recomendable procesarlas primero por un bioreactor.

Este fluido ha sido probado con éxito en Nueva Zelanda en el pozo Wataria # 1 donde sofisticados fluidos base agua fracasaron

En la Figura 5 se muestran las opciones posibles de tratamiento de los recortes que están cubiertos con aceite. Los recortes con esta tecnología pueden ser utilizados como fertilizantes.

La figura 6 muestra los efectos de los componentes de los fluidos de perforación en el crecimiento de las plantas.

El Trabajo publicado SPE 74474 describe la aplicación de esta novedosa tecnología en Nueva Zelanda. En las conclusiones de esta trabajo se menciona que la degradación de estos recortes va a ser bastante rápida y se puede descargar en el campo donde las restricciones ambientales son moderadas. En áreas con regulaciones más estrictas se recomienda procesar los recortes cubiertos con fluido en un bioreactor. La figura 7 muestra el proceso descrito en este trabajo donde se utilizan gusanos en lugar de bacterias para efectuar la bioremediación.

La figura 8 muestra el circuito completo de tratamiento del fluido de perforación. Cuando se aplica este proceso el impacto ambiental es nulo y hasta podríamos decir que en muchos casos es positivo.

Conclusiones

En este trabajo se mostraron tres fluidos de emulsiones inversas que superan algunas de las limitaciones de las aplicaciones de los fluidos de base aceite.

Los fluidos base aceite son ideales para perforar pero pueden ocasionar problemas de remoción. Esto se puede superar con la Emulsión Inversa Reversible. Pueden tener problemas para correr ciertos registros por la falta de conductividad. Esto se puede superar con la Emulsión Inversa Conductora. Finalmente existe la consideración ambiental. Esto se puede corregir utilizando la Emulsión Inversa Generadora de Recortes Amigables al Ambiente.

Agradecimientos

Quiero agradecer a la Compañía M-I L.L.C por permitir la publicación de este trabajo

Referencias

1. Abrams, A.: "Mud Design to Minimize Rock Impairment Due to Particle Invasion," Journal of Petroleum Technology (May 1977) 586.
2. Andersen, M.A., Thomas, D.C. and Teeters, D.C.: "A New Formation Wettability Test: The Dynamic Wilhelmy Plate Wettability Technique," SPE 17368 presented at the SPE/DOE Symposium on Enhanced Oil Recovery, Tulsa, April 17-20, 1988.
3. Ballard, T.J. and Dawe, R.A.: "Wettability Alteration Induced by Oil-Based Drilling Fluid," SPE 17160 presented at the SPE Formation Damage Control Symposium, Bakersfield, California, Feb 8-9, 1988.
4. Burke, C.J. and Veil, J.A.: Synthetic-Based Drilling Fluids Have Many Environmental Pluses," Oil & Gas Journal (November 27, 1995) 59.
5. Candler, J.E., Rushing, J.H., Leuterman, A.J.J.: "Synthetic-Based Mud Systems Offer Environmental Benefits Over Traditional Mud Systems," paper SPE 25993 presented at SPE/EPA Exploration & Production Environmental Conference, San Antonio, Texas, March 7-10, 1993.
6. Carlson, T.: "Finding a Suitable Replacement for Petroleum Hydrocarbons in Oil Muds," AADE Drilling Fluids Technology Conference, Houston, April 22-23, 1992.

7. Carter, L.G. And Evans, G.W.: "A Study of Cement Pipe Bonding," *Journal of Petroleum Technology* (Feb 1964) 157.
8. Cuiec, L.: "The Effect of Drilling Fluids on Rock Surface Properties," *SPE Formation Evaluation* (Mar 1987) 38.
9. Friedheim, J.E. and Conn, H.L.: "Second Generation Synthetic Fluids in the North Sea: Are They Better?," paper SPE 35061 presented at the IADC/SPE Drilling Conference, New Orleans, Louisiana, March 12-15, 1996
10. Friedheim, J.E. and Pantermuehl, R.M.: "Superior Performance with Minimal Environmental Impact: A Novel Nonaqueous Drilling Fluid," SPE 25753 presented at SPE/IADC Drilling Conference, Amsterdam, Feb 23-25, 1993.
11. Friedheim, J.E. and Patel, A.D.: "Technical Solutions for Environmental Problems: Novel Drilling Formulations to Minimize Environmental Impact," SPE 52741 presented at the SPE/EPA Exploration and Production Environmental Conference, Austin, February 28 – March 3, 1999.
12. Friedheim, J.E. and Shinnie, J.R.: "New Oil-Base Mud Additive Reduces Oil Discharge on Cuttings," paper SPE/IADC 21941, presented at 1991 SPE/IADC Drilling Conference, Amsterdam, March 11-14, 1991.
13. Harrison, J.R, Unocal Thailand; Stansbury, M., Patel, J., Cross, A.T. and Kilburn, M., M-I L.L.C.: "Novel Lime-Free Drilling Fluid System Applied Successfully in Gulf of Thailand," SPE/IADC 52817, presented at 1999 SPE/IADC Drilling Conference, March 9-11, Amsterdam
14. Jones, R.R., Carpenter, R.B. and Conway, M.W.: "A Study of Formation Damage Potential During Cementing Operations," SPE 22777 presented at the SPE Annual Technical Conference, Dallas, October 6-9, 1991.
15. Martin, N.: "Developments in Fluid Recovery Technology," paper presented at IBC 5th Annual Conference on Minimising the Environmental Effects of Drilling Operations, Aberdeen, Scotland, June 23-24, 1997.
16. McKinney, L.K. and Azar, J. J.: "Formation Damage Due to Synthetic Oil Mud Filtrates at Elevated Temperatures and Pressures, SPE 17162 presented at the SPE Formation Damage Control Symposium, Bakersfield, California, Feb 8-9, 1988.
17. Patel, A.D., Wilson, J. M. and Loughridge, B.W.: "Impact of Synthetic-Based Drilling Fluids on Oil-Well Cementing Operations," SPE 50726 presented at the SPE International Symposium on Oilfield Chemistry, Houston, February 18-19, 1999.
18. Patel, A.D.: "Choosing the Right Synthetic-Based Drilling Fluids: Drilling Performance Versus Environmental Impact," SPE 39508 presented at the First SPE India Oil & Gas Conference, New Delhi, Feb 17-19, 1998.
19. Patel, A.D.: "Reversible Invert Emulsion Drilling Fluids – A Quantum Leap in Technology," SPE 47772 presented at the IADC/SPE Asia Pacific Drilling Technology Conference, Jakarta, Indonesia, Sept 7-9, 1998.
20. Sharma, M.M. and Wunderlich, R.W.: "The Alteration of Rock Properties Due to Interactions with Drilling Fluid Components," SPE 14302 presented at the SPE Annual Technical Conference, Las Vegas, Sept 22-25, 1985.
21. Simpson, D.T., Avern, N. and Stables, R.: "Ultrasonic Slurrification of Drill Cuttings," paper presented at IBC 5th Annual Conference on Minimising the Environmental Effects of Drilling Operations, Aberdeen, Scotland, June 23-24, 1997.
22. Thomas, D.C., Hsing, H. & Menzie, D.E.: "Evaluation of Core Damage Caused by Oil-Based Drilling and Coring Fluids," SPE 13097 presented at the SPE Annual Technical Conference, Houston, Sept 16-19, 1984.
23. H. Laastad and E. Haukefer./STATOIL; S. Young, A. Tehrani and Pdealuney. / M-I LLC. Water-Based Imaging and Resistivity Logging in Oil Based Drilling Fluids- Today's Reality. SPE 62977. Presented at the Dallas SPE Annual Technical Conference.
24. F Growcock, W Curtis, S Brooks, J Candler: SPE 74474 Designing Invert Drilling Fluids to Yield Environmentally Friendly Drilled Cuttings

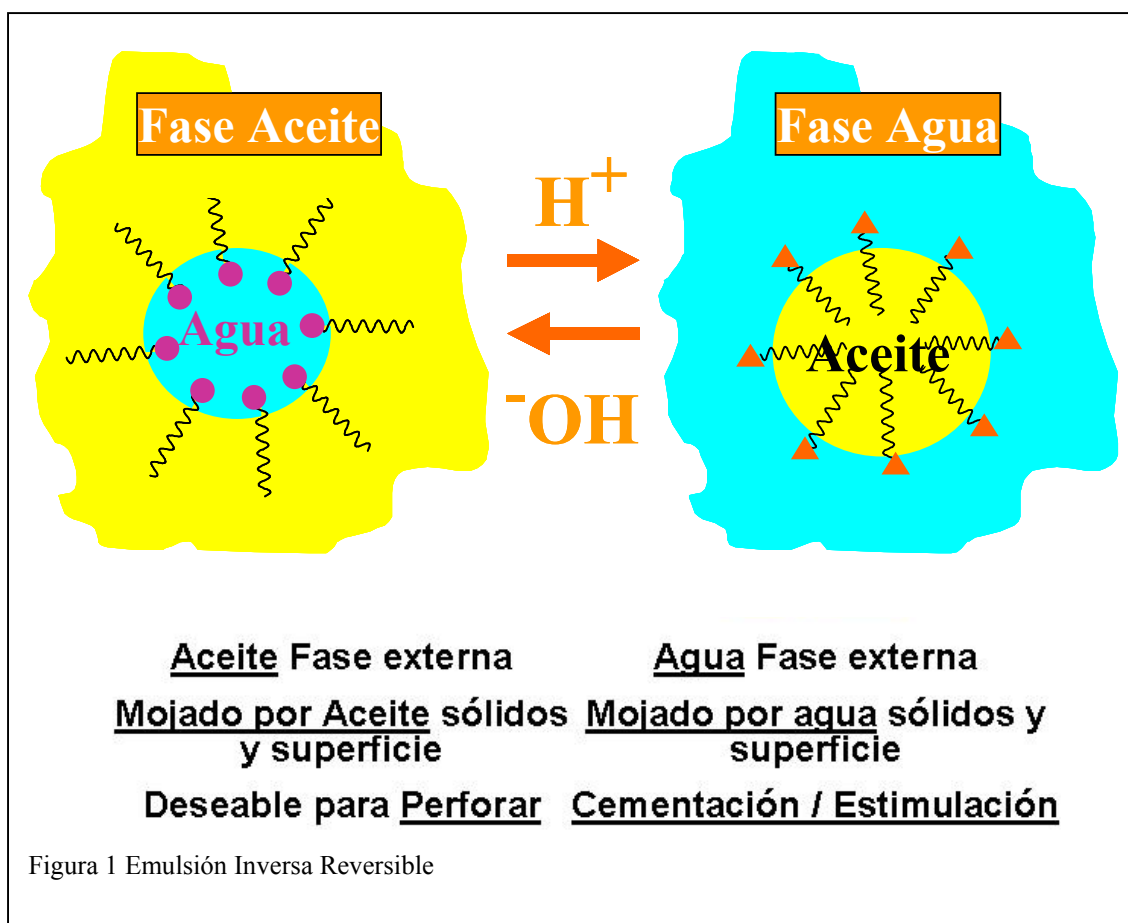


Tabla 1 –Formulación 9.0 lb/gal (SG: 1.08) 55:45 S/W 20% CaCl ₂ Salmuera Reversible SBM				
Producto		Peso (g)		
IO C16-C18		139.0		
Cal		3.0		
Arcilla organofílica		4.0		
Emulsificador reversible		12.0		
Agente Humectante		2.0		
20% CaCl ₂ Salmuera		177		
Barita		44		
Propiedades Temperatura ambiente				
	Inicial	Envejecido a T @200°F (93 °C)	Tratado ácido	Tratado Base
PV	27	29	23	40
YP	16	15	31	16
10-sec Gel	6	7	2	5
10-min Gel	7	8	3	8
Estabilidad Eléctrica (v)	721	710	6	650

Tabla 2 –Formulación Típica 12.0 lb/gal (SG:1.44) 75:25 S/W Densificado con CaCO₃	
Producto	Peso (g)
Aceite	166
Cal	1.0
Arcilla organofílica	3-4
Emulsificador reversible	8-12
Agente Humectante	2-0
Modificador reológico	0-1
25% CaCl ₂ Salmuera	71
CaCO ₃	267
Propiedades a 150°F (66°C)	
PV	25-27
YP	12-14
10-sec Gel	6-8
10-min Gel	5-7
Estabilidad eléctrica (v)	550-600
HTHP a 200°F (93°C) (ml)	2-3

Tabla 3 – Estudio Contaminación Lodo de la Tabla 1, Reología a 200°F (49°C)				
	Lodo Base	57 kg/m3 Rev Dust	28 kg/m3 Cemento	5%v/v Agua de mar
PV	16	19	17	19
YP	15	15	16	16
10-sec Gel	7	7	8	8
10-min Gel	8	7	8	9
Estabilidad eléctrica (v)	502	529	541	515
HTHP	0.8	1.1	0.6	1.0

Tabla 4 – Lodo reversible del Mar del Norte		
Producto	Concentración inicial	Concentración Final
Arcilla organofílica	14.2	10.5
Emulsificador reversible, Kg/m3	22.8	29.4
Agente Humectante, Kg/m3	11.2	15.7
Modificador reológico, Kg/m3	2.1	7.7
Cal, Kg/m3	14.2	8.8
CaCl ₂ Salmuera (%)	23.0	20.2
Propiedades		
	16-in	12¼-in.
Densidad SG	1.27 – 1.39	1.68 – 1.71
PV	22 – 27	32 – 42
YP	23 – 32	12 – 28
3-rpm	15 – 20	9 – 14
Estabilidad Eléctrica (v)	625 – 660	406 – 675
O/W	70/30	70/30 – 75/25
HTHP 250°F (121°C) (mL)	2.8 – 4.0	4.2 – 14.0

Tabla 5 – Tiempo de dispersión		
Fuente de la arcilla	Base aceite convencional	Base aceite Reversible
Pastillas Bentonita Comercial	2.5 hr	<20 min.
Bentonita cruda	28 hr	4 hr
Recortes lutita	>48 hr	9 hr

Tabla 6 Pozos donde se utilizó el sistema de lodo base aceite conductivo		
Operador	Statoil	Statoil
Identificación del Pozo	Gullfaks South 34/10 L-4H	Gullfaks South 34/10 G-3H
Comienzo	16-Dec-99	05-May-01
Intervalo	8½"	12¼"
Profundidad Desde	2187 m	2252 m
Profundidad A	4746 m	4545 m
Días Perforación	33.2	13
Temp. Fondo (°C)	128	133
Conductividad 50°C (microS/m)	62-130	60-72
Conductividad a BHST (microS/m)	950	800
Perfilaje	FMI	FMI
Densidad (s.g)	1.50-1.75	1.57-1.73
Angulo Maximo	72	91

- **Agregando sólidos conductivos**
 - Se necesita alta concentración
 - Ingeniería difícil/ alto costo
 - Filtrado no conductivo
- **Desestabilizando la emulsión**
 - Podemos perder control de las propiedades del lodo
 - Posible inestabilidad del pozo
- **Haciendo la fase continua conductiva**
 - Fluido conductivo, revoque y filtrado
 - Ingeniería y control fácil

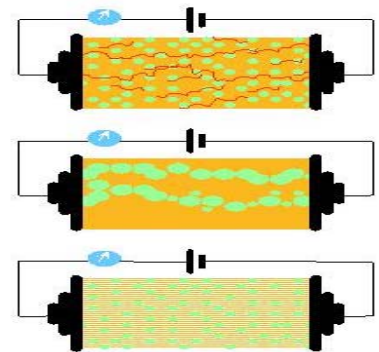
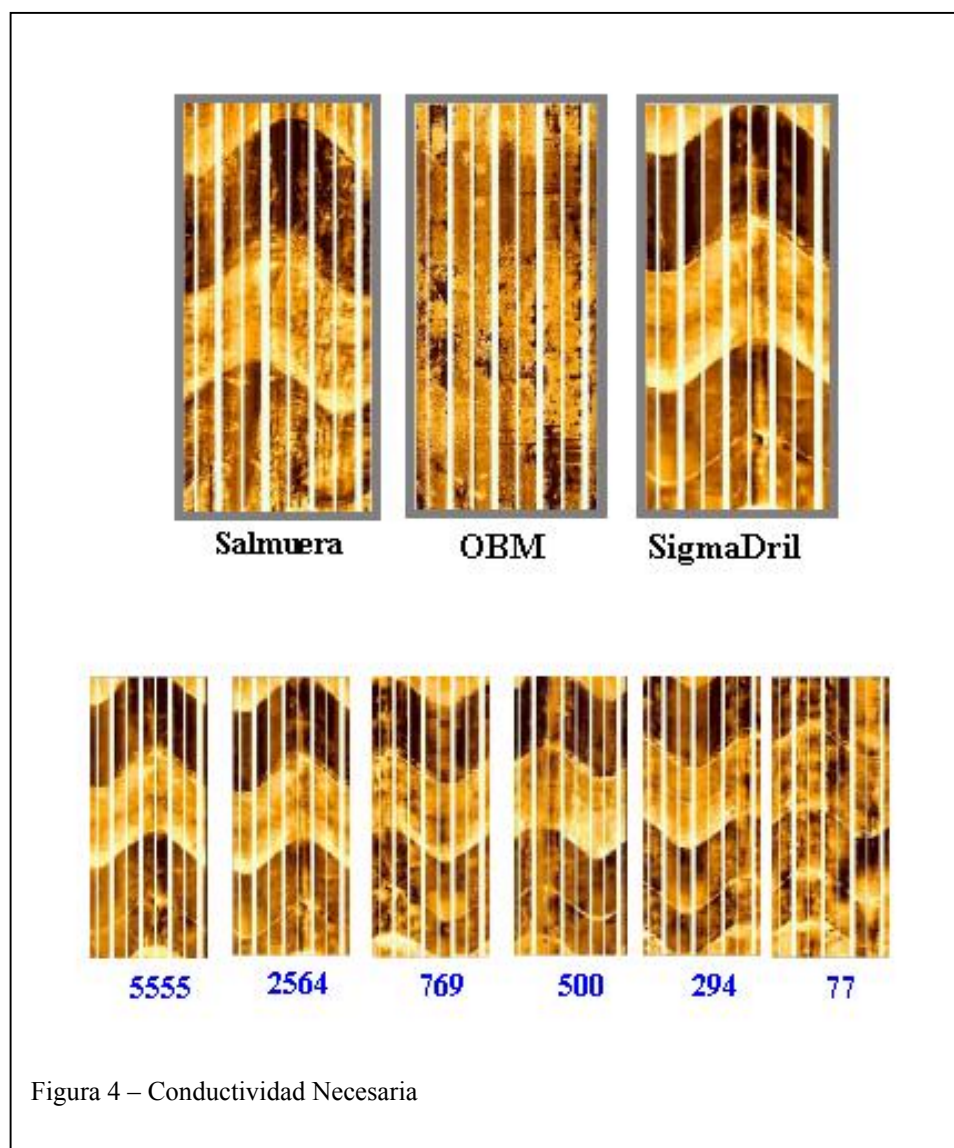


FIGURA 3 Métodos para conseguir conductividad eléctrica



Opciones de bioremediación

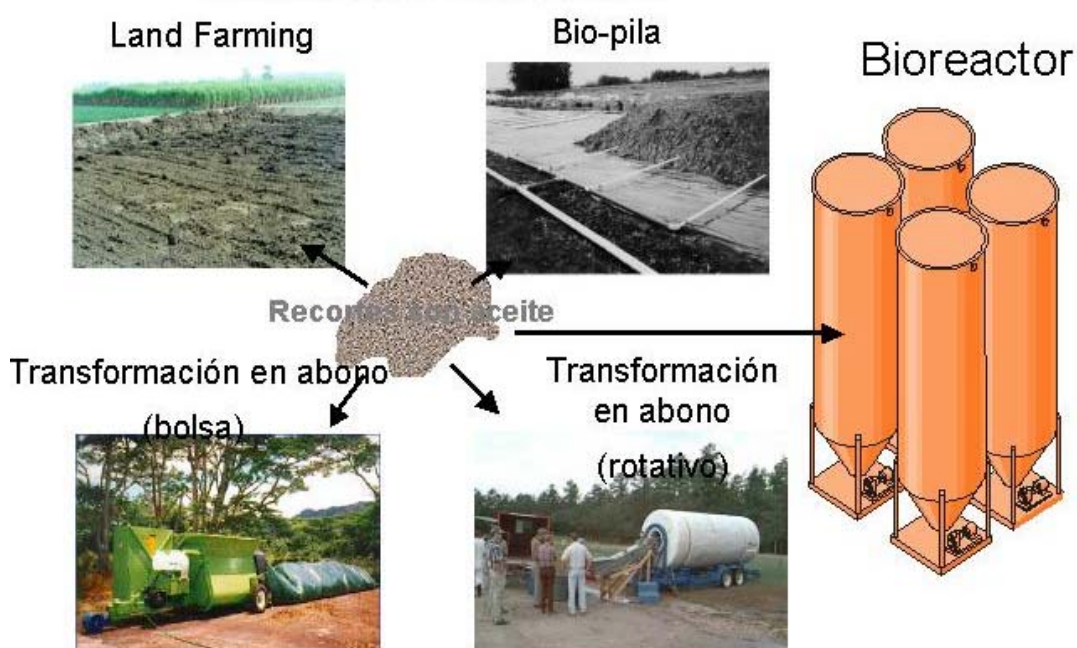


Figura 5 – Opciones de bioremediación.

Cuestiones Ambientales - Componentes Tradicionales

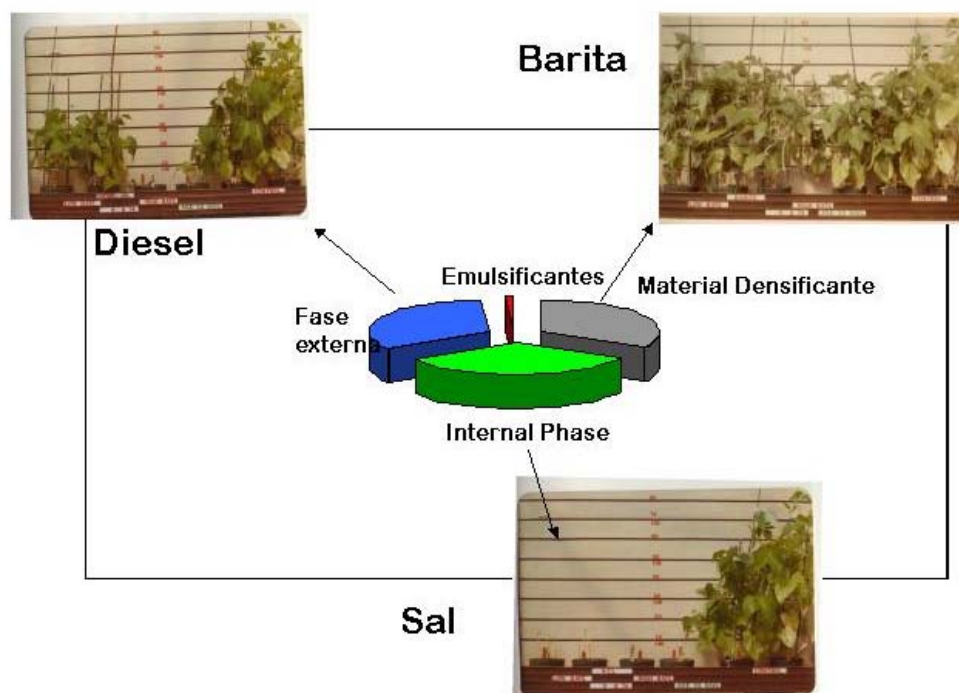


Figura 6 – Cuestiones Ambientales – Componentes Tradicionales.

Bioremediación con gusanos



Figura 7 – Bioremediación con gusanos.

Completando el círculo



Figura 8 – Completando el círculo.