

**PROPUESTA DE SUSTITUCIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS
IMPORTADOS POR PRODUCTOS QUÍMICOS DE PRODUCCIÓN LOCAL EN
LOS FLUIDOS DE PERFORACIÓN.**

PAULA YOLANDA CASANOVA GÓMEZ

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISCOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE HIDROCARBUROS
BUCARAMANGA**

2015

**PROPUESTA DE SUSTITUCIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS
IMPORTADOS POR PRODUCTOS QUÍMICOS DE PRODUCCIÓN LOCAL EN
LOS FLUIDOS DE PERFORACIÓN.**

PAULA YOLANDA CASANOVA GÓMEZ

**Monografía presentada como requisito para optar el título de
Especialista en Gerencia de Hidrocarburos**

Director

DRA. ZULY CALDERÓN CARRILLO

Ingeniera de Petróleos

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISCOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE HIDROCARBUROS
BUCARAMANGA**

2015

DEDICATORIA

A Dios que me ha bendecido con mi vida, con mi familia y la posibilidad de continuar mi formación académica, que sea para su Gloria y en su nombre.

A mi papa Daniel y mama Lucía por su apoyo incondicional.

A mis hermanas Daniela y Gabriela por su cariño y ternura.

A mis abuelos en el cielo que como ángeles me cuidan y a mis abuelos paternos por su ejemplo de trabajo.

A Luis Ca Bueno por su comprensión, paciencia y acompañamiento.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág
INTRODUCCIÓN.....	20
1. OBJETIVOS.....	23
1.1.OBJETIVO GENERAL.....	23
1.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	23
2. MARCO TEÓRICO.....	24
2.1.¿QUIEN ES HALLIBURTON?.....	24
2.2.PRODUCTOS QUÍMICOS EN LA PERFORACIÓN Y PRODUCCIÓN DE POZOS PETROLEROS.....	25
2.3.FLUIDO DE PERFORACIÓN.....	26
2.3.1. Sistemas de fluidos de perforación.....	29
2.3.2. Propiedades de los fluidos de perforación.....	30
2.3.3. Productos químicos en los fluidos de perforación.....	31

2.4. OTRAS APLICACIONES DE PRODUCTOS QUÍMICOS EN LA INDUSTRIA PETROLERA.....	34
2.5. INDUSTRIA DE PRODUCTOS QUÍMICOS.....	35
2.5.1. Competitividad.....	35
2.5.2. Tecnología.....	36
2.5.3. Investigación y desarrollo.....	37
2.6. DINÁMICA DE IMPORTACIONES Y EXPORTACIONES DEL SECTOR PETROLERO.....	37
3. ESTUDIO DEL PORTAFOLIO DE PRODUCTOS QUÍMICOS DE BAROID.....	39
4. METODOLOGÍA PARA PROPONER SUSTITUCIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS IMPORTADOS.....	43
5. SELECCIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS POTENCIALES PARA REALIZAR LA SUSTITUCIÓN.....	45

	Pág.
5.1. Prioridad en las operaciones.....	45
5.2. Volumen de ventas del producto.....	50
5.3. Precio del producto.....	51
6. SELECCIÓN DE PRODUCTOS NACIONALES COMO SUSTITUTOS POTENCIALES.....	52
7. PRUEBAS DE DESEMPEÑO.....	54
7.1. BARAZAN D PLUS vs. goma xántica transmerquim.....	55
7.2. BARAZAN D PLUS vs. goma xántica andina minerales.....	60
7.3. BAROFIBRE vs b-fiber y celullose fiber.....	64
7.4. BAROLUBE GOLD SEAL vs encapsos.....	64
7.5. BOREHIB vs aqp clay 55 y qc-clay sil k.....	69
7.6. CLAY SEAL PLUS vs qc clay y amina multichem.....	76

	Pág.
8. ESTUDIO DEL PORTAFOLIO EN LA ACTUALIDAD.....	85
9. CONCLUSIONES.....	89
10. RECOMENDACIONES.....	91
BIBLIOGRAFÍA.....	92
ANEXOS.....	98

LISTA DE TABLAS

	Pág
Tabla 1. Líneas de servicio compañía HALLIBURTON.....	24
Tabla 2. Consumo de aditivos para fluidos de perforación de 1983 a 1993 en China (TON).....	33
Tabla 3. Ejemplo de tabla resumen de información del portafolio de productos químicos de la línea de servicio Baroid.....	39
Tabla 4. Cuantificación de productos químicos del portafolio de Baroid de acuerdo a su procedencia.....	40
Tabla 5. Porcentaje de participación de productos químicos importados y de origen local utilizados en las operaciones de Baroid.....	40
Tabla 6. Distribución del portafolio de productos químicos en commodities o de innovación tecnológica, y su procedencia.....	42
Tabla 7. Metodología para proponer sustitución de productos químicos importados por productos químicos locales.....	44

	Pág.
Tabla 8. Materiales viscosificantes y densificantes de mayor volumen de venta.....	47
Tabla 9. Productos de mayor volumen de ventas en el portafolio Baroid entre el 2012 y el 2014.	50
Tabla 10. Productos químicos de mayor precio en el portafolio Baroid.....	51
Tabla 11. Productos importados seleccionados vs. Posible sustituto nacional.....	53
Tabla 12. Formulación de fluido base para prueba de desempeño BARAZAN D PLUS vs Goma Xantica TRANSMERQUIM.....	55
Tabla 13. Resultados de las pruebas reológicas BARAZAN D PLUS vs Goma Xantica TRANSMERQUIM.....	57
Tabla 14. Formulación del fluido base prueba de desempeño BARAZAN D PLUS vs Goma Xantica ANDINA MINERALES.....	61
Tabla 15. Resultados de las pruebas reológicas BARAZAN D PLUS vs Goma Xantica ANDINA MINERALES.....	61

	Pág.
Tabla 16. Resultados de las pruebas reológicas BARAZAN D PLUS vs Goma Xantica ANDINA MINERALES después de rolado.....	63
Tabla 17. Formulación del fluido base para prueba de lubricidad de BAROLUBE GOLD SEAL vs ENCAPSO.....	65
Tabla 18. Pruebas API realizadas al fluido base, fluido con 18 lpb de ENCAPSO, y fluido CON 3%v de BAROLUBE GOLD SEAL.....	66
Tabla 19. Prueba de lubricidad.....	68
Tabla 20. Formulación de fluido base para prueba de desempeño de inhibidor y estabilizador de arcillas BOREHIB vs AQP CLAY 55, y QC-CLAY SIL K.....	69
Tabla 21. Propiedades de caracterización del fluido de perforación: lodo base y lodos base+ BOREHIB / AQPC CLAY 55 / QC CLAY SIL K.....	70
Tabla 22. Resultados de la prueba de hinchamiento lineal BOREHIB vs AQP CLAY 55 y CLAY SIL K Chemcar.....	73

	Pág.
Tabla 23. Resultados prueba de dispersión BOREHIB vs AQP CLAY 55 y CLAY SIL K Chemcar.....	74
Tabla 24. Resultados pruebas de acreción BOREHIB vs AQP CLAY 55 y CLAY SIL K Chemcar.....	75
Tabla 25. Formulación de fluido base para prueba de desempeño de inhibidor y estabilizador de arcillas CLAY SEAL PLUS vs QC CLAY y Amina MULTICHEM.....	78
Tabla 26. Formulación para prueba CST de CLAY SEAL PLUS vs QC CLAY y Amina MULTICHEM.....	78
Tabla 27. Caracterización de los fluidos con CLAY SEAL PLUS, QC CLAY y Amina MULTICHEM después del proceso de mezclado.....	79
Tabla 28. Caracterización del fluido con CLAY SEAL PLUS, QC CLAY y Amina MULTICHEM después de rolar.....	81
Tabla 29. Prueba de hinchamiento lineal CLAY SEAL PLUS vs QC CLAY y Amina MULTICHEM.....	82

Tabla 30. Distribución del portafolio de productos químicos en el primer trimestre de 2015.....86

Tabla 31. Distribución en porcentaje de participación de los productos químicos del portafolio de Baroid de acuerdo a su origen.....86

LISTA DE GRÁFICAS

	Pág.
Gráfica 1. Funciones de los fluidos de perforación.....	28
Gráfica 2. Propiedades físicas de mayor importancia en los fluidos de perforación.....	30
Gráfica 3. Propiedades químicas de mayor importancia en los fluidos de perforación.....	31
Gráfica 4. Productos químicos utilizados en los fluidos de perforación.....	32
Gráfica 5. Importaciones y exportaciones empresas BB&SS de 2008-2012.....	38
Gráfica 6. Porcentaje de participación de productos químicos importados y de origen local utilizados en las operaciones de Baroid.....	41
Gráfica 7. Comparación Viscosidad plástica y Yield point BARAZAN D PLUS vs Goma Xantica TRANSMERQUIM.....	58
Gráfica 8. Comparación del Yield Stress BARAZAN D PLUS vs Goma Xantica TRANSMERQUIM.....	58

	Pág.
Gráfica 9. Resultados de la prueba de hinchamiento lineal BOREHIB vs AQP CLAY 55 y CLAY SIL K Chemcar.....	73
Gráfica 10. Resultados prueba de hinchamiento lineal CLAY SEAL PLUS vs QC CLAY y Amina MULTICHEM.....	82
Gráfica 11. Prueba CST de CLAY SEAL PLUS vs QC CLAY y Amina MULTICHEM.....	84
Gráfica 12. Distribución de productos químicos del portafolio de Baroid según su porcentaje de participación de acuerdo a su origen para los años de 2012 a 2015.....	87

LISTA DE ANEXOS

	Pág
Anexo A. Portafolio de productos químicos de Baroid.....	98
Anexo B. Hoja de información del producto AQUAGEL.....	103
Anexo C. Hoja de información del producto BARAZAN D PLUS.....	104
Anexo D. Hoja de información del producto BAROFIBRE.....	105
Anexo E. Hoja de información del producto BAROTROL.....	106
Anexo F. Hoja de información del producto BAROLUBE GOLD SEAL.....	107
Anexo G. Hoja de información del producto BOREHIB.....	108
Anexo H. Hoja de información del producto CLAY SEAL PLUS.....	109
Anexo I. Concentraciones recomendadas para el fluido de perforación.....	110
Anexo J. Propiedades propuestas de los fluidos (targets).....	111

RESUMEN

TITULO: PROPUESTA DE SUSTITUCIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS IMPORTADOS POR PRODUCTOS QUÍMICOS DE PRODUCCIÓN LOCAL EN LOS FLUIDOS DE PERFORACIÓN.

AUTOR: PAULA YOLANDA CASANOVA GOMEZ * **

PALABRAS CLAVE: Fluidos de perforación, bentonita, inhibidor, goma xánthica, desempeño, volumen, precio.

Descripción:

El Portafolio de productos químicos utilizados dentro de la sublínea de Drilling Fluids de la compañía prestadora de servicios HALLIBURTON está compuesto por productos importados y productos de origen local. El mayor porcentaje de participación lo tienen los productos importados, en su mayoría TradeMarks, mientras la participación de los productos nacionales es baja. Los TradeMarks son aquellos productos fabricados por la compañía e importados directamente de casa matriz en Houston, todos con amplia innovación tecnológica. Por su parte, los productos nacionales son en su mayoría commodities, es decir, productos sin innovación tecnológica. Como objetivo de esta monografía se plantea la viabilidad de sustitución de productos químicos importados por productos químicos nacionales como alternativa de reducción de costos de materias primas en la prestación de servicio de fluidos, sin comprometer la alta calidad y desempeño que identifica a HALLIBURTON. Esta alternativa también podrá dar apertura del mercado nacional de productos químicos en el interior de la compañía. Para este fin se realizó estudio y evaluación del portafolio de productos químicos, identificando productos objetivo a ser sustituidos de acuerdo a los criterios de prioridad en las operaciones, volumen de ventas y precio. Se obtienen como principales candidatos los TradeMark: AQUAGEL, BARAZAN D PLUS, BAROFIBRE, BAROLUBE, BOREHIB, CLAY SEAL PLUS. Se identificaron posibles sustitutos nacionales de distintos proveedores obteniendo los siguientes productos: Goma xánthica de Transmerquim y goma xántica de Andinas Minerales, ENCAPSO, AQP CLAY 55, QC-CLAY SIL K, QC CLAY y Amina MULTICHEM. Se realizaron pruebas de desempeño para comprobar rendimiento y calidad de los productos importados vs. Productos de origen local. Se encuentra que sólo la goma xánthica de Andinas Minerales y el ENCAPSO cumplen con las características para sustituir sus equivalentes importados.

*Monografía de grado.

** Facultad de Ingenierías físico-químicas. Escuela de Ingeniería de Petróleos. Directora: Zuly Calderón

ABSTRACT

TITLE: PROPOSAL TO REPLACE IMPORTED CHEMICALS BY CHEMICALS OF LOCAL PRODUCTION IN DRILLING FLUIDS.

AUTHOR: PAULA YOLANDA GOMEZ CASANOVA * **

KEYWORDS: Drilling fluids, bentonite, inhibitor, xantham gum, performance, volume and price.

Description:

The portfolio of chemicals used in the subline of Drilling Fluids of services company HALLIBURTON comprises imported products and local produce. The highest percentage of participation is of imported products, mostly trademarks, while the share of domestic products is low. Trademarks are those products manufactured by the company imported directly from headquarters in Houston, all with extensive technological innovation. Meanwhile, domestic products are mostly commodities, ie products without technological innovation. Aim of this paper is feasibility of replacing chemicals imported by national chemical as an Alternative of reduction of costs of raw materials in the execution of fluids service, without compromising quality and performance that identifies HALLIBURTON. This alternative may also provide opening of the national market chemicals inside the company. For this purpose study and evaluation of the portfolio of chemicals was carried out, identifying target products to be replaced according to the criteria for priority in operations, sales volume and price. They are obtained as main candidate TradeMark: AQUAGEL, BARAZAN D PLUS, BAROFIBRE, BAROLUBE, BOREHIB, CLAY SEAL PLUS. Possible substitutes different national providers identified obtaining the following products: Andinas Minerales xantham gum and Transmerquim xanthan gum, ENCAPSO, 55 AQP CLAY, CLAY SIL-K QC, QC CLAY and Amina MULTICHEM. Performance tests are conducted to test performance and quality of imported products vs. Local produce. It's only the Andinas Minerales Xantham gum and ENCAPSO meet the characteristics to replace their imported equivalents.

* Monograph of degree.

** Faculty of Engineerings physicist - chemistry. School of petroleum Engineering . Director: Zuly Calderón, Petroleum Engineer.

INTRODUCCIÓN

En la sublínea de servicios Drilling Fluids, perteneciente a la línea Baroid de la compañía HALLIBURTON existe un portafolio de productos químicos utilizados en la elaboración de los fluidos de perforación. Este portafolio incluye productos químicos importados, que por lo general corresponden a los denominados “TradeMarks”, es decir, aquellos que poseen marca registrada propiedad de la compañía, lo que garantiza altos estándares de calidad e innovación en los productos ofrecidos. El portafolio incluye además, productos químicos nacionales y extranjeros que son suministrados por proveedores externos, y que se refieren a productos genéricos que normalmente no tienen innovación tecnológica.

Para el caso Colombiano, desde el inicio de la empresa en el país se han manejado en un alto porcentaje productos químicos importados “TradeMarks” ya que no se contaba con oferta local para los mismos o los disponibles no cumplían con las especificaciones de calidad establecidas por la empresa.

En los últimos años en el país se ha adoptado dentro del proceso de internacionalización de la economía medidas de integración económica mediante acuerdos, programas y tratados que han permitido tener mayor acceso a tecnologías de países desarrollados y a precios más accesibles.¹ La llegada de estas tecnologías y conocimiento ha permitido que algunas empresas nacionales externas a HALLIBURTON comiencen a ofertar sus

¹ REINA, MAURICIO. Internacionalización de la economía Colombiana: comercio e inversión, Banco de Desarrollo de America Latina (CAF). 2012. 12 p. [En línea] <<http://www.caf.com/media/378/Comercio Exterior.pdf>> [Citado en 2 de agosto de 2014].

productos químicos producidos localmente, iniciativa que puede comenzar a desarrollar mercados locales que ayudarían a dar un giro positivo para los porcentajes de participación que tiene la industria local en la compañía, y podría reducir los costos de compra, haciendo al producto local atractivo frente a los importados en los que el porcentaje de rentabilidad se ve afectado por los costos asociados a los fletes, transportes, bodegaje y personal que debe ser contratado para realizar esta labor, además de minimizar los riesgos logísticos que podrían ser causados por colapso de la planta de producción principal o dificultades políticas entre ambos países.

Actualmente en el interior de la empresa se cuenta con un número reducido de productos químicos de origen local y no se ha realizado un estudio en el que se encuentren identificados los productos químicos importados para los que se tienen los mayores volúmenes de importación y/o prioritarios en las operaciones, de tal forma que la atención pueda ser concentrada en estos productos como posibles objetivos a sustituir con aquellos disponibles localmente con proveedores externos. Se está desperdiciando una gran oportunidad de reducción de costos y de desarrollo industrial del país y apertura de mercado local de productos químicos debido a la inexistencia de un estudio al respecto, y propuestas formales que incorporen la información y ofertas disponibles para buscar beneficios económicos en las líneas de servicio.

Mediante el estudio se podrán cuantificar las ventajas de realizar la sustitución con casos concretos de productos importados que sean buenos candidatos a sustituir, sin afectar la calidad de los servicios y productos ofrecidos,

característica diferenciadora de HALLIBURTON respecto a otras compañías de servicios.

Estableciendo la propuesta como documento se puede dar estructura y formalidad a la iniciativa que han mencionado algunos empleados de reemplazo de productos importados por aquellos de origen local pero que no han sido consignadas de forma escrita para ser divulgada, oficial y sobre la que se pueda realizar seguimiento y control. El texto servirá de referencia para dar continuidad a la iniciativa y extensión hacia los productos químicos que no serán tenidos en cuenta en este estudio, y aquellos que pertenecen a las demás líneas de servicio que no son mencionadas en el escrito.

1. OBJETIVOS

1.1. **Objetivo general**

Proponer la sustitución de productos químicos importados por productos químicos de producción local en los fluidos de perforación.

1.2. **Objetivos específicos**

- Establecer los antecedentes del proyecto cuantificando los productos químicos del portafolio de Baroid de acuerdo a su procedencia e innovación tecnológica.
- Seleccionar productos químicos importados para desarrollo de estudio de viabilidad de sustitución por productos nacionales, de acuerdo a los volúmenes de compra, prioridad de los productos en las operaciones y precios del producto.
- Seleccionar productos químicos locales como posibles sustitutos de los productos químicos importados, de acuerdo a la disponibilidad del producto.
- Evaluar el desempeño de los productos químicos nacionales seleccionados, usando como referencia los productos importados a ser sustituidos.
- Evaluar el portafolio de productos químicos de Baroid posterior a la divulgación de los resultados del estudio.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. ¿Quién es Halliburton?

HALLIBURTON es una de las compañías más grandes del mundo que provee productos y servicios a la industria energética. La compañía sirve a la industria de petróleo y gas en todo el ciclo de vida del yacimiento, desde el manejo de datos geológicos para evaluación de la perforación y formación, construcción y completamiento del pozo y optimización de la producción a través de la vida del campo. HALLIBURTON está comprendida por 13 líneas de servicio (PSLs) que operan en dos divisiones: Evaluación y perforación, y Completamiento y producción.²

Tabla 1. Líneas de servicio compañía HALLIBURTON.

Drilling and Evaluation Division	
Baroid	Sperry Drilling
Drill Bits and Services	Testing and Subsea
Landmark Software and Services	Wireline and Perforating
Completion and Production Division	
Artificial Lift	Completion Tools
Boots & Coats	Multi-Chem
Cementing	Production Enhancement
Supporting Both Divisions	
Consulting and Project Management	

Fuente: HALLIBURTON, Baroid. (tomado de <http://www.halliburton.com/en-US/about-us/corporate-profile/default.page?node-id=hgeyxt5p>).

² HALLIBURTON, About Us- Corporate Profile, [En línea] ,<<http://www.halliburton.com/en-US/about-us/corporate-profile/default.page?node-id=hgeyxt5p>> [Citado en 20 de febrero de 2014].

Dentro de la organización de la empresa, las PSLs se encuentran divididas en SubPSLs que especifican el servicio dentro de la línea. Para efectos de este estudio, la SubPSL de Drilling Fluids (Fluidos de perforación) perteneciente a la PSL de Baroid será el objetivo de análisis.

2.2. Productos químicos en la perforación y producción de pozos petroleros.^{3,4}

La perforación de pozos de petróleo y gas exige ingeniería audaz, utilizando los mejores principios mecánicos y químicos. Es obvio que muchos aspectos del llamado problema de la estabilización del pozo son mecánicos, y pueden ser mejor tratados por medios mecánicos. Sin embargo, para la década de 1930, se identifican problemas en las operaciones que no podían ser resueltos por procedimientos totalmente mecánicos, algunos aspectos de los inconvenientes de estabilización de la pared del pozo eran principalmente químicos, y podían ser aliviados por la debida atención a los factores químicos implicados. Altas temperaturas y sus efectos en los fluidos de perforación y cementos, así como las arcillas hidratables, depósitos de sal, pérdidas de circulación y varios obstáculos más, significaron grandes desafíos para perforadores, ingenieros y ejecutivos. Estas complicaciones fueron agravadas cuando se iniciaron investigaciones para perforaciones más profundas y en terrenos más desconocidos.

No sorprende pues, que la química y la ingeniería química empezaran a ser aplicadas en superar estas dificultades, ya que si cualquier método químico

³ ROBINSON W.W. The application of chemicals to drilling and producing Operations. En Energy API. 40-236 API Conference Paper. The Texas Co. 1940. 1 p.

⁴ BROWNING W.C. (Milwhite Mud Sales Company) and PERRICONE A.C. (Milwhite Mud Sales Company). En American Institute of Mining, Metallurgical, and Petroleum Engineers, Inc, Drilling and Rock Mechanics Symposium, 23-24 January, Austin, Texas. 1963 1 p.

factible podía ser empleado para hacer la perforación más eficiente, o para facilitar el hacer frente a los problemas de perforación de pozos, debían aprovecharse tales medios. Es por ello, que la solución radicó en el intento de obtener beneficios mediante la asistencia de materiales (productos químicos). Al hacerlo, fue posible seguir aumentando la eficiencia y minimizar el costo de la perforación de pozos de petróleo. Fue así, como la química llegó y se quedó en el campo, convirtiéndose en el nuevo miembro del negocio petrolero.

2.3. Fluido de Perforación.^{5, 6, 7, 8}

El fluido de perforación, llamado a menudo "lodo", fue introducido por primera vez alrededor del año 1913 para el control de la presión del subsuelo. Las décadas de 1920 y 1930 fueron testigo de las primeras compañías Estadounidenses especializadas en la distribución, desarrollo e ingeniería de los fluidos y componentes de perforación.

El crecimiento del conocimiento acerca del fluido de perforación fue fenomenal. Mucho antes de la industria estar interesada en las propiedades del lodo, se perdió mucho dinero y tiempo en una única dificultad: la "ruptura" del lodo con la separación del agua libre y la rápida sedimentación de los sólidos. Muchos casos de pega de herramientas y pega de revestimiento fueron atribuidos directamente a las propiedades del lodo. Para resolver esta dificultad

⁵ WILLIAMSON D. Fundamentos de los fluidos de perforación. En Oilfield Review Primavera 2013, 25, No.1. [En línea], <http://www.slb.com/~media/Files/resources/oilfield_review/spanish13/spr13/defining_fluids.pdf> [Citado en 28 de marzo de 2015].

⁶ DALLEY C et al. Drilling. General Reporters' Summary. En World petroleum congress Paper, 1st World petroleum congress, 18-24 July, London, UK. WPC-1086. 1933.

⁷ ABRAHAM W, The functions of mud fluids used in rotary drilling. En World petroleum congress Paper, 1st World petroleum congress, 18-24 July, London, UK. WPC-1093. 1933

⁸ ZHANG D et al. Application of Drilling Fluid chemicals in China. En Society of petroleum engineers, SPE International Symposium on Oilfield Chemistry, 13-16 February, Houston, Texas. SPE- 65384-MS. 2001.

una arcilla coloidal conocida como bentonita empezó a utilizarse, ésta posee la propiedad de al ser humedecida, forma una masa viscosa con la capacidad de mantener en suspensión partículas no coloidales, además, resiste la mayoría de los cambios que normalmente causan la separación de las fases líquida y sólida.

De igual importancia a la propiedad de suspensión de partículas no coloidales, estuvo el hecho de las altas presiones de formación que creaban problemas para prevenir patadas de pozo de forma efectiva. El desarrollo de materiales densificantes como el sulfato de bario (conocido comercialmente como barita) y el óxido de hierro, dieron un nuevo significado a el papel que desempeñaba el lodo, y resultó en una herramienta de amplia aplicación. Para ese momento pese a que se iniciaron grandes cantidades de trabajos experimentales se supo que había mucho más que aprender acerca de las funciones y cualidades que debería tener y cumplir el fluido que las que podrían llegar a ser correlacionadas.

Fue así como los trabajos experimentales se dirigieron hacia dos direcciones. Desde el punto de vista puramente mecánico las funciones del lodo de perforación deberían ser: lubricar las herramientas de perforación y las paredes del hueco, y evacuar los cortes de la broca. Mientras desde el punto de vista de los geólogos la función principal del lodo debía ser sellar tan rápida, efectiva y rápidamente como sea posible todos los poros a través de los que el pozo pasa. Otras funciones auxiliares mencionadas que pueden ser todas importantes en un pozo son: consolidar los estratos que tienden a “fluir” en el interior del pozo y que dificultan la perforación, y proveer presión hidrostática en la cantidad requerida.

Finalmente, fue considerado el uso del fluido de perforación para prevenir la invasión de fluidos y sólidos contenidos en él y que puedan obstaculizar el movimiento del crudo o gas a través del pozo.

En la actualidad, las funciones de fluidos de perforación más comunes se describen en la gráfica 1 que aparece a continuación:

Gráfica 1. Funciones de los fluidos de perforación.

Remover los recortes del pozo.	Control de las presiones de formación.	Suspender los recortes	Sellar formaciones permeables.
Mantener la estabilidad del pozo.	Reducir al mínimo los daños al yacimiento.	Refreshar, lubricar, y apoyar a soportar la broca y conjunto de perforación.	Transmisión de energía hidráulica a herramientas y la broca.
Garantizar la adecuada evaluación a la formación.	Control de corrosión	Facilitar la cementación y el completamiento.	Minimizar el impacto al medio ambiente.

El orden de importancia está determinado por las condiciones y operaciones del pozo que se está perforando.

2.3.1. Sistemas de fluidos de perforación. Los sistemas de fluidos de perforación poseen una fase continua, que es líquida, y una fase discontinua compuesta por sólidos. En ocasiones también, exhiben una fase gaseosa; ya sea por diseño o como resultado del arrastre del gas de formación. La fase continua puede ser utilizada para clasificar los tipos de fluidos de perforación en: gaseosos, fluidos acuosos o sistemas no acuosos. Estos fluidos son una mezcla de componentes líquidos y sólidos, cada uno de los cuales está diseñado para modificar una propiedad específica del fluido de perforación, tal como su viscosidad y densidad.

Los fluidos de perforación acuosos, conocidos como "lodos base agua", son los más comunes y los más variados de los tres tipos de fluidos de perforación. Su composición varía entre mezcla de simple agua y arcilla, y sistemas complejos de fluidos de perforación inhibidores, o estabilizadores de arcillas, que incluyen muchos componentes.

Los fluidos de perforación no acuosos, conocidos como "lodos base aceite", consisten en una fase continua que puede ser un aceite mineral, ésteres biodegradables, oleofinas u otras variantes. Aunque por lo general son más costosos que los fluidos acuosos, estos sistemas tienden a proporcionar un excelente control de pozo, estabilidad térmica, lubricidad y velocidades de penetración, lo que puede ayudar a reducir el costo total para el operador.

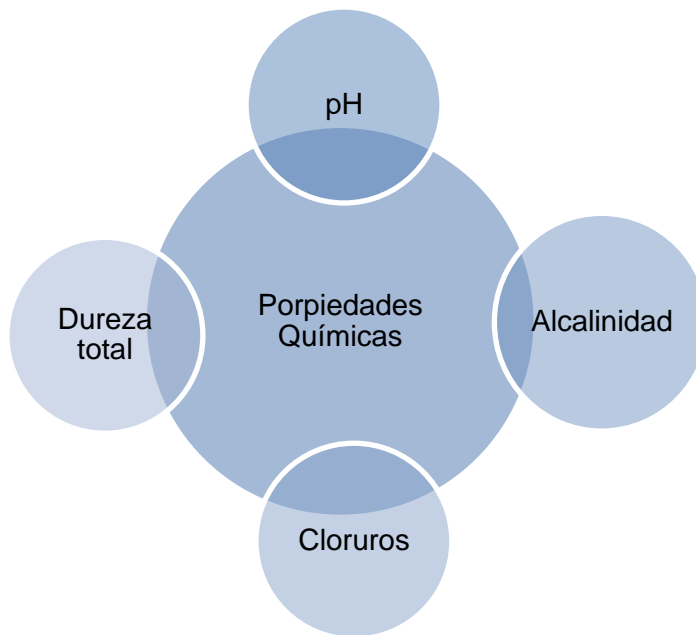
En rocas fracturadas o ambientes que no podrían sustentar una columna de agua sin una pérdida significativa de fluido en la formación, se utilizan sistemas de aire, bruma o espuma para ayudar a remover los cortes del pozo y mantener la integridad del mismo.

2.3.2. Propiedades de los fluidos de perforación. Para cumplir con cada una de las funciones que se han propuesto para el fluido de perforación, se hace necesario la medición y el monitoreo de algunas propiedades físicas y químicas que permiten determinar las condiciones en las que se encuentra el lodo. La gráfica 2 presenta las propiedades físicas del fluido de perforación de mayor relevancia, mientras que la gráfica 3 presenta las propiedades químicas.

Gráfica 2. Propiedades físicas de mayor importancia en los fluidos de perforación.

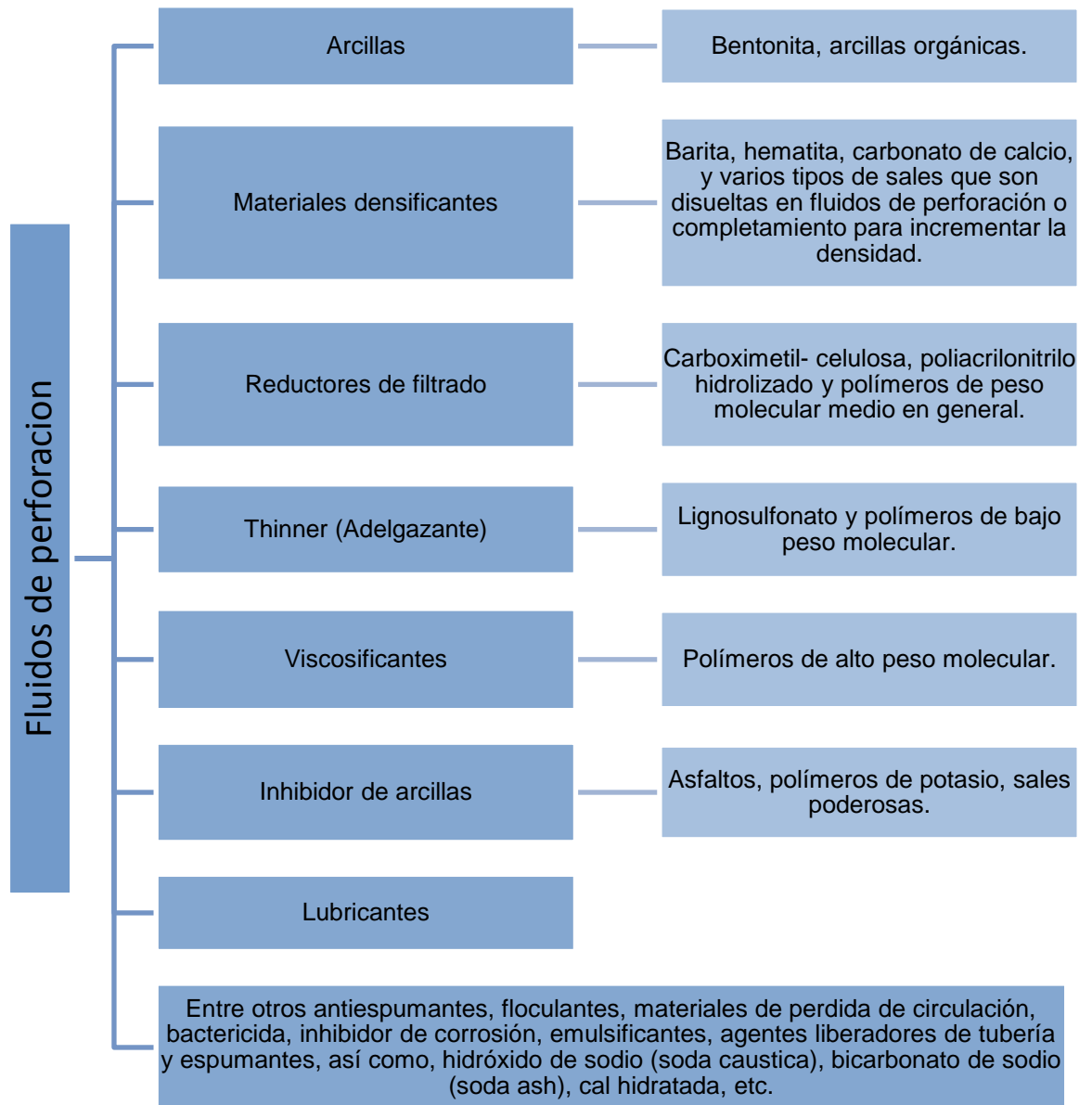


Gráfica 3. Propiedades químicas de mayor importancia en los fluidos de perforación



2.3.3. Productos químicos en los fluidos de perforación. Desde el desarrollo de la industria química en el sector petrolero, grandes cantidades de químicos para la preparación fluidos de perforación han sido necesitados en la ingeniería de perforación. Existen 16 tipos de químicos que son considerados los más importantes:

Gráfica 4. Productos químicos utilizados en los fluidos de perforación.



El consumo de aditivos de fluidos de perforación en China desde 1983-1993 aparece en la tabla 3. Los datos de la tabla 3 ilustran que el consumo de reductores de filtrado, viscosificadores, materiales de pérdidas de circulación y liberadores de tubería se incrementan en gran medida en los últimos años,

especialmente los viscosificadores, para los que el consumo se incrementó de 556,2 toneladas a 3.249,4 toneladas.

Tabla 2. Consumo de aditivos para fluidos de perforación de 1983 a 1993 en China (TON).

No	Year Name	1983	1985	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
1	Clay	97713.5	104902.6	62764.5	81518.0	95473.1	96137.3	71336.7	100225.8	85775.2
2	Weighting Material	537331.0	1064750.1	649510.5	719758.7	693018.0	769955.3	741374.2	810961.1	577241.5
3	Filtrate Reducer	19423.8	32743.0	33585.0	39817.0	35755.5	38292.2	34546.3	32545.7	31674.2
4	Viscosifier	556.2	2544.4	7624.6	5181.9	5014.9	4702.8	3239.3	2869.4	3249.4
5	Emulsifier	478.6	594.6	438.8	654.6	1112.6	783.4	669.7	472.9	428.4
6	Shale inhibitor	9456.4	12536.1	19651.1	42444.4	50608.1	42878.1	44062.4	38415.0	35837.4
7	Lost Circulation M.	488.1	1380.3	7948.2	5447.9	11159.3	7302.8	7885.2	7983.6	7871.8
8	Thinner	14644.5	27901.4	28438.2	28622.1	25690.0	25420.3	24618.4	23004.8	18295.5
9	Flocculant	796.2	1951.6	879.2	1831.8	996.7	930.0	1913.9	1400.1	559.6
10	Lubricant	575.2	617.9	4169.2	4410.4	6771.6	7902.8	10019.7	9111.3	9815.9
11	Bactericide	107.2	112.2	52.9	20.8	18.0	7.1	13.0	14.9	33.0
12	Defoamer	352.3	1297.3	871.3	1247.5	1212.1	1171.6	1248.5	696.2	1302.2
13	Pipe-freeing Agent	-	300.4	1028.4	2724.8	2211.7	2182.7	2743.6	1880.3	1627.2
14	Corrosion Inhibitor	-	28.5	15.5	35.1	15.5	89.8	35.5	38.8	39.0
15	Foamer	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	Others	18732.1	21798.4	26441.1	26792.8	20632.3	19282.0	207755.7	21020.1	19575.9
	Total	700655.1	1273458.8	843518.8	960507.8	949689.4	1017139.2	965002.1	1050913.0	793326.2

Fuente: ZHANG.

Hoy por hoy el avance tecnológico y la continua innovación nos dan la posibilidad de extraer y refinar hidrocarburos en condiciones extremas. Precios altos del crudo dan vida a una mayor cantidad de proyectos, por esta razón, gran cantidad de campañas de perforación y mantenimiento de pozos han generado una mayor demanda de productos químicos para la elaboración de fluidos de perforación, tal y como se predice el crecimiento en el artículo anterior. Estos hechos favorecen la industria de producción de productos químicos a nivel global.

2.4. Otras aplicaciones de productos químicos en la industria petrolera.

Como se ha discutido, la industria química tiene una amplia aplicación en la industria petrolera y no solo en el área de preparación de fluidos de perforación y completamiento.

Por ejemplo, aunque el cemento *per se* no es considerado como un químico, éste se encuentra conformado por compuestos químicos, y en el comportamiento de estos radica la importancia para los procedimientos de cementación de pozos. La temperatura del pozo acelera el fragüe del cemento. El agua puede reaccionar con el cemento solo entrando a través de la superficie de las partículas del cemento, un decremento en el tamaño de partícula (incremento en el área) produce un cemento más reactivo a la temperatura y al agua, y a mayor sea la superficie, mayor será la cantidad de agua necesaria para formar la lechada. A partir de esto, la industria se preocupa por ciertos principios fundamentales como que mayor cantidad de agua agregada al cemento para formar la lechada, menor será la resistencia de sentado al final, y si se desea incrementar la resistencia del cemento a la temperatura se debe hacer el cemento más grueso.

Asimismo, fue encontrado que la adición de tanato de sodio prolongará el tiempo de engrosamiento del cemento a altas temperaturas.

De la misma manera, como en procesos de cementación, desde 1896 cuando el Dr. Herman Frasch trataba a algunos pozos de agua de Michigan con ácido que, 33 años después, promovió un procedimiento que cobró gran importancia en la industria del petróleo: La acidificación, que implicaba la utilización de sustancias químicas en el interior del pozo. La limitación de las primeras aplicaciones de ácido, por supuesto, existían debido al hecho de que la

inyección de un material activo tal como el ácido muriático (ácido clorhídrico) implicaba el daño o la destrucción inevitable de todo el acero con que entraba en contacto. Desde esto, se ha encontrado, en relación con el pickling de los metales, que la adición de pequeñas cantidades de determinadas sustancias a la solución de ácido, hace a la superficie metálica temporalmente pasiva a la acción del ácido, con una pérdida nominal de metal. Esta acción ha llegado a ser nombrada como "inhibición". A partir de esto, se han adelantado diversos estudios para desarrollar inhibidores químicos que eviten la atracción eléctrica debido a la diferencia de cargas existente entre los materiales.

Así como las aplicaciones mencionadas anteriormente, existen gran cantidad de áreas en la que los productos químicos juegan un papel protagónico en la eficiencia y ejecución de los diferentes procesos que tienen lugar en la cadena hidrocarburífera.

2.5. Industria de productos químicos.⁹

2.5.1. Competitividad. La industria química es muy competitiva. El comercio de productos químicos es internacional y las compañías se ven forzadas a competir, en sus propios países, con compañías extranjeras tanto en sus propios mercados como en los extranjeros. Esta competencia es de dos tipos: la competencia que se genera entre compañías que producen y venden el mismo producto, sobre todo si el producto a elaborar constituye una materia prima de gran demanda; como por ejemplo, producir amoníaco; este producto es la materia prima de varias industrias químicas tales como la de fertilizantes, explosivos, farmacéutica, polímeros entre otras. Existen pocas diferencias entre

⁹ SUAREZ TRINO. Química industrial y procesos industriales, VI Escuela Venezolana para la Enseñanza de la Química. 2004. 20-22p. [En línea], <<http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/16719/1/procesos.pdf>> [Citado en 29 de agosto de 2014].

las diferentes corporaciones que producen este producto respecto a la calidad y atención técnica al cliente, la tendencia es que el número de productores sea bajo, se generen altos volúmenes de producción y la competencia en los precios sea intensa. Una compañía que no cuente con las bases relacionadas con materia prima o tecnología de procesamiento necesario para lograr costos de producción competitivos simplemente no puede funcionar de manera efectiva en este tipo de mercados; el otro tipo de competencia es la que se realiza entre los diferentes productos. Son muchos los productos químicos que se adquieren para satisfacer una necesidad particular, por ejemplo, para emplearlos como antioxidantes, destruir bacterias o absorber luz ultravioleta; con frecuencia ocurre que hay varios productos diferentes con características diferentes, diferente grado de efectividad y precios diferentes pero que llevan a cabo funciones similares. Como estos productos representan formas alternas para que el cliente satisfaga la misma necesidad, los productos compiten entre sí. En este tipo de mercado, la efectividad del producto, el precio y el servicio o garantía que se ofrece al cliente son elementos importantes para tener éxito en las ventas.

2.5.2. Tecnología. La eficiencia de la capacidad de producción y el continuo mejoramiento de los productos comerciales depende en gran medida del conocimiento tanto técnico como científico. Son muy pocas las industrias químicas que utilizan sus propias tecnologías y la gran mayoría, prefiere la dependencia tecnológica ya que con esto ahorran costos en investigaciones tecnológicas, que de por sí son bastante elevadas, debiendo recargar los mismos a los productos finales. La tecnología química es dinámica y avanza constantemente a pasos agigantados por lo que la rapidez y obsolescencia en procesos y productos resulta muy alta; sin embargo, una rápida obsolescencia no es característica de todas las plantas químicas, por ejemplo, el equipo para obtener productos químicos inorgánicos de gran volumen, donde la tecnología no cambia rápidamente, puede incluso durar de 20 a 30 años como es el caso

de las plantas de amoníaco y ácido sulfúrico construidas en los años treinta y hoy en día siguen funcionando con muy pocos cambios en su tecnología.

2.5.3. Investigación y desarrollo. La industria química invierte grandes capitales en el área de investigación y desarrollo. Una Industria química que se considere completa, debe tener dentro de su estructura, un departamento de investigación y desarrollo en que labora personal técnico calificado y altamente calificado, (ingenieros, licenciados y doctores en química) junto con laboratorios de investigación bien dotados desde el punto de vista de infraestructura (materiales, reactivos y equipos científicos); esto permitirá, desarrollar nuevas líneas de producción, minimizar etapas en los procesos de producción con la consiguiente disminución de costos, evaluación e investigación de nuevos procesos, desarrollo de patentes, asesoramiento técnico y científico a industrias similares y lo más importante, desarrollo de nuevas tecnologías. Debe destacarse que la industria química es la que se encarga de financiar su propia investigación sin depender de subsidios del gobierno por lo que resulta bastante costoso no solo en el pago de nómina del personal altamente calificado sino en la adquisición y mantenimiento de los equipos indispensables, adquisición de reactivos específicos.

2.6. Dinámica de importaciones y exportaciones en el sector petrolero.¹⁰

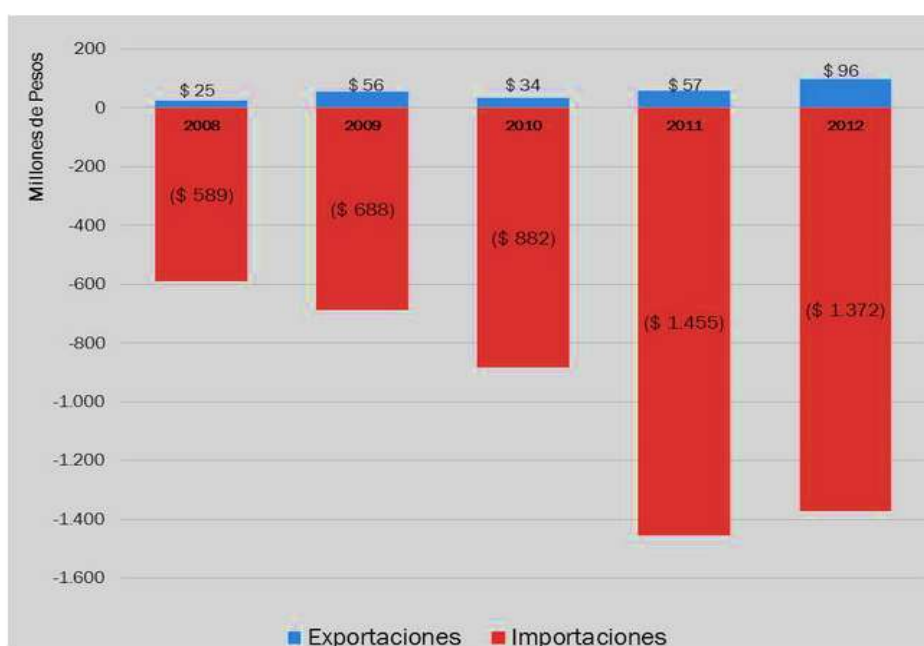
En junio de 2013 la DIAN presentó el informe de las exportaciones e importaciones de las empresas de bienes y servicios (BB&SS) para el sector petrolero para el año 2012, las ventas externas del país crecieron 69% con

¹⁰ Campetrol, Cámara Colombiana de Bienes y Servicios Petroleros. Balanza Comercial Empresas de BB&SS. 2013. [En línea], <<http://campetrol.org/balanzacomercial/>> [Citado en 30 de agosto de 2014].

relación al año 2011, al pasar de US\$57 millones a US\$96 millones. El crecimiento se debe principalmente a que las exportaciones colombianas en ese año aumentaron gracias a las ventas de combustibles y productos de las industrias de BB&SS tales como, máquinas y aparatos para extraer o perforar tierra o minerales, Herramientas útiles para perforación o sondeo y productos químicos orgánicos.

Las importaciones de las empresas de BB&SS para el 2012 bajaron un 6% con relación al año directamente anterior, al pasar de USD\$1.371 millones a USD\$ 1.455 millones. Por lo que se refiere, el primer trimestre de 2013, reportó un incremento de 5.6% en comparación al trimestre del 2012, al pasar de USD\$4.563 millones a USD\$4.820 millones. En cambio las importaciones nacionales para el mismo trimestre de 2013, estas disminuyeron 15,5% con relación al mismo trimestre del año directamente anterior, al pasar de US\$5.100,2 millones a US\$4.311,1 millones.

Grafica 5. Importaciones y exportaciones empresas BB&SS de 2008-2012



Fuente: <http://campetrol.org/balanzacomercial/>, fuente original: DIAN)

3. ESTUDIO DEL PORTAFOLIO DE PRODUCTOS QUÍMICOS DE BAROID.

De acuerdo al histórico de ventas de productos químicos en la línea de servicios de Baroid desde el segundo semestre de 2012 hasta el primer trimestre de 2015¹¹, se realiza un resumen de la información, estableciendo el número del material que es asignado para su identificación, origen de producto, descripción del producto: que incluye el nombre y la presentación del mismo, las unidades vendidas por año, así como el promedio de ventas mensuales de acuerdo al número de meses estudiados, tal como aparece en la tabla 3 de ejemplo: (Ver anexo 1 para información completa); de esta manera, se pretende sintetizar la información de interés para facilitar su entendimiento y estudio.

Tabla 3. Ejemplo de tabla resumen de información del portafolio de productos químicos de la línea de servicio Baroid.

			Unidades vendidas / año				Promedio de unidades vendidas/mes en cada año				
Material	Origen	Material Description	2012	2013	2014	2015	Gran total	2012	2013	2014	2015
200585	Intl	AQUAGEL GOLDSEAL - 50 LB BAG	1725	1134	235	0	3094	287,5	94,50	19,58	0

Para el desarrollo inicial de este trabajo se tomarán en consideración únicamente los datos correspondientes desde el año 2012 hasta el 2014, ya que la información para el año 2015 se encuentra influenciada por la divulgación de los resultados obtenidos a lo largo de esta monografía.

¹¹ HALLIBURTON- Baroid. Base de datos de ventas de productos químicos en la línea de Baroid. Bogotá. 2014.

La tabla 4 presenta el número de productos químicos de origen local o internacional presentes en el portafolio de Baroid. Sólo se considerarán activos en el portafolio productos para los que el volumen de ventas sea mayor o igual a una unidad, aquellos para los que no se reporten ventas, estarán inactivos en el portafolio.

Tabla 4. Cuantificación de productos químicos del portafolio de Baroid de acuerdo a su procedencia.

Año/ Procedencia	2012	2013	2014
Productos internacionales del portafolio	93	104	90
Productos locales del portafolio	48	47	50
Total de productos del portafolio	141	151	144

En la tabla 5 y la gráfica 6 se presentan la distribución del portafolio de productos químicos según su origen en función del porcentaje de participación.

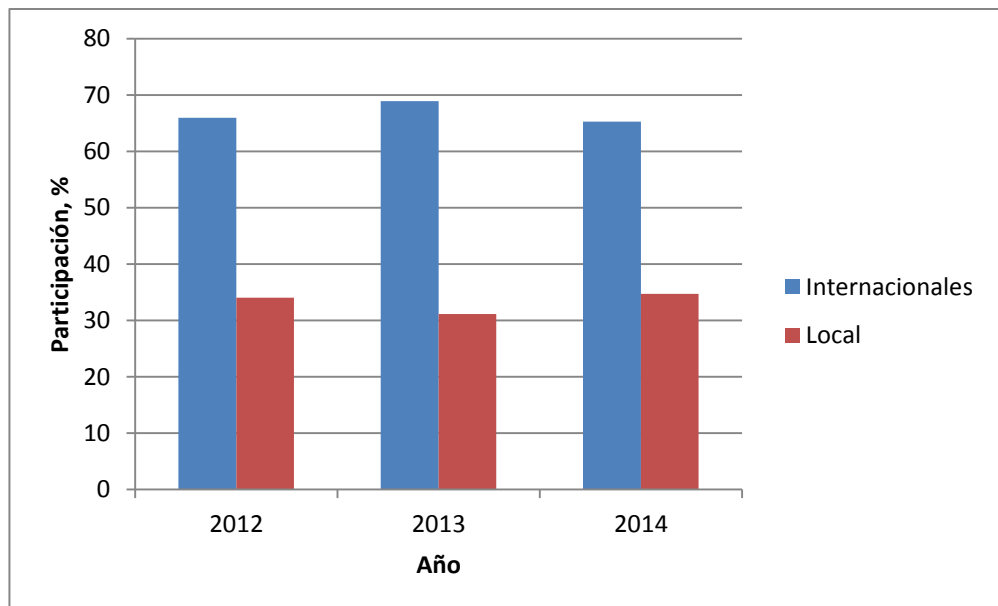
Tabla 5. Porcentaje de participación de productos químicos importados y de origen local utilizados en las operaciones de Baroid.

	2012	2013	2014	Promedio
Internacionales (%)	65,96	68,87	65,28	66,7
Local (%)	34,04	31,13	34,72	33,3

En la tabla anterior, se observa que el porcentaje de productos químicos importados utilizados en las operaciones entre los años 2012 y 2014 corresponde en promedio a 66,7%, valor correspondiente al doble del espacio

que ocupan los productos de origen local representados con un promedio del 33,3%.

Grafica 6. Porcentaje de participación de productos químicos importados y de origen local utilizados en las operaciones de Baroid.



Se puede observar que para los años analizados, los valores que representan el porcentaje de participación de productos químicos importados y locales se mantienen bastante estables, no presentando variaciones superiores a 4 puntos porcentuales entre los diferentes años. Con base a lo anterior, se puede determinar que es un comportamiento típico del portafolio de productos que más del doble de sus aportes correspondan a productos importados, esto se traduce en una oportunidad para la industria nacional que debe intentar capturar una gran fracción del mercado que pertenece a industrias extranjeras.

Los productos de innovación tecnológica son aquellos que provienen de estudios y de trabajos de investigación en los que se han sintetizado u optimizado moléculas de acuerdo a las necesidades o requerimientos de las operaciones. Por otra parte, los commodities son productos químicos que no cuentan con ningún valor agregado, o proceso, o diferenciación con los productos que se encuentran en el mercado. Los commodities poseen varios productos sustitutos¹², y son utilizados incluso en otras industrias no vinculadas al sector de hidrocarburos.

La tabla 6 presenta el número y el porcentaje de productos químicos del portafolio de Baroid que pertenecen a la categoría de commodity o de productos de innovación tecnológica. Asimismo, se muestra su distribución de acuerdo al origen del producto.

Tabla 6. Distribución del portafolio de productos químicos en commodities o de innovación tecnológica, y su procedencia.

	Int			Locales		
	2012	2013	2014	2012	2013	2014
Número de productos tecnológicos	92	103	89	18	18	20
Número de productos commodity en el portafolio	1	1	1	30	29	30
% productos tecnológicos en el portafolio Baroid	98,9	99	98,9	37,5	38,3	40
% commodities en el portafolio Baroid	1,1	1	1,1	62,5	61,7	60

De acuerdo a la tabla anterior se puede determinar que un valor muy cercano al 99% de los productos internacionales corresponde a productos de

¹² UNIVERSIDAD UCESI. Consultorio de comercio exterior. Commodities. [En línea], <<http://www.icesi.edu.co/blogs/icecomex/2008/09/12/commodities/>> [Citado en 15 de abril de 2015].

innovación tecnológica. Por el contrario, para el caso de los productos locales se observa que en promedio el 61% de los productos utilizados en Baroid corresponden a commodities. Esto permite ratificar la tesis planteada en la que se afirma que la oferta nacional de productos especializados para fluidos de perforación aún no ha sido ampliamente estudiada, aunque la tendencia al aumento de los productos tecnológicos en el mercado local y crecimiento en 2,5 puntos porcentuales (de 37,5 a 40) sí refleja algunas iniciativas al respecto.

4. METODOLOGÍA PARA PROPONER SUSTITUCIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS IMPORTADOS.

La tabla 7 presenta la metodología establecida para proponer la sustitución de productos químicos importados por productos químicos de origen local.

Tabla 7. Metodología para proponer sustitución de productos químicos importados por productos químicos locales.

Tarea	Metodología
<p>1. Seleccionar productos químicos importados de interés para sustituir.</p>	<p>Seleccionar los productos importados de interés de acuerdo a los siguientes criterios:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Prioridad en las operaciones. -Volumen de ventas del producto. - Precios de venta del producto. <p>Identificar los productos de mayor relevancia para cada uno de los criterios, y continuar con el siguiente paso.</p>
<p>2. Identificar productos químicos nacionales disponibles.</p>	<p>Para cada producto importado seleccionado, revisar disponibilidad de productos químicos nacionales con composición química similar o que cumplan con la funcionalidad del producto que se desea sustituir. Seleccionar pares de productos (importado-nacional) que puedan dar continuidad al estudio.</p>
<p>3. Estudiar el desempeño de productos nacionales.</p>	<p>Realizar pruebas de laboratorio que comparen el desempeño de los productos químicos ofrecidos nacionalmente utilizando como referencia los productos importados. Para esto debe utilizarse los standards API para caracterización de fluidos, y los métodos de trabajo al interior de Halliburton para la corrida de pruebas especiales.</p> <p>Tabular y analizar los resultados para definir la viabilidad de la sustitución.</p>

5. SELECCIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS POTENCIALES PARA REALIZAR LA SUSTITUCIÓN.

5.1. Prioridad en las operaciones.

El proceso básico de perforación involucra para su realización dos tipos de energía: Energía Mecánica y Energía Hidráulica.

La energía mecánica impuesta sobre el fondo del pozo se refiere a la aplicación de la carga sobre broca transmitida a la formación a ser perforada por esta última, y a la velocidad de rotación impuesta en la broca mediante la sarta de perforación. Con esto, los elementos cortadores de la broca realizan la función de raspar, triturar o fracturar las formaciones.

La energía hidráulica proporcionada por la circulación del fluido de control a través del sistema circulatorio del pozo, tiene como principal función la limpieza del fondo del pozo y del agujero, así como el transporte de los mismos hacia la superficie.

Con la aplicación de estas dos energías, se cumple con el fundamento básico de la perforación: destruir la roca y remover los recortes generados.¹³

¹³ HERNÁNDEZ J. Análisis de los fluidos de perforación en la industria petrolera. Monografía de la universidad Veracruzana. 2010. [En línea] <<http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/32882/1/hernandeztrejo.pdf>>. [Citado en 27 de junio de 2015].

En la literatura se establece que los principales problemas de los que debe ocuparse la ingeniería de fluidos de perforación son: pegas de tubería, estabilidad de pozo, control de pozo, y minimizar daños a la formación. Estos problemas generalmente representan las mayores pérdidas de dinero y tiempo durante la perforación de pozos petroleros, pueden llegar a ocasionar la pérdida total del pozo así como comprometer la producción y el factor de recobro de los hidrocarburos.¹⁴ Los ingenieros de fluidos deben preocuparse por monitorear con atención aquellas propiedades que deben ser controladas para evitar o minimizar la ocurrencia de estos eventos. Estas complicaciones durante las operaciones han existido desde el inicio de la perforación de pozos, es por esta razón que no es sorpresa que los primeros productos que fueron incorporados en la industria fueron aquellos que otorgaban al fluido capacidad de arrastre y acarreo de los cortes de perforación desde el fondo del pozo hasta la superficie para mantener el hueco en óptimas condiciones de limpieza y evitar pegas de tubería, así como aquellos que ayudaban a sostener las paredes del hueco y evitaban la entrada de fluidos desde la formación hacia el pozo. El arrastre, suspensión y acarreo de cortes del fluido es otorgado gracias a la viscosidad presente en él, asimismo, la presión hidrostática ejercida sobre las paredes del pozo para mantener su estabilidad y evitar el flujo de los fluidos de la formación es función de su densidad.

En virtud de la información anterior se establece que los dos tipos de productos químicos de mayor prioridad en los fluidos de perforación son:

1. Viscosificantes.
2. Densificantes.

Una vez definido esto, en la tabla 8 se analizan los materiales viscosificantes y densificantes de mayor volumen de venta presentes en el portafolio de BAROID desde el año 2012 hasta el 2014.

¹⁴ HALLIBURTON- Baroid. Engineering Resource Material. Baroid Fluids Handbook. Versión 10-2012.

Tabla 8. Materiales viscosificantes y densificantes de mayor volumen de venta.

Origen	Función	Material Description	Unidades vendidas
Intl	Viscosificantes	AQUAGEL GOLDSEAL - 50 LB BAG	1725
Intl		AQUAGEL - 50 LB BAG	51 023
Intl		BARAVIS - 50 LB BAG	499
Intl		BARAZAN D PLUS - 25 KG BAG	34 744
Intl		BORE-VIS II - 50 LB BAG	15 604
Intl		GELTONE II- 50 LB BAG	10 911
Local	Densificantes	BARITE (FG) - 100 LB BAG	1 315 367
Local		BARACARB-DF 600 - 50 KG BAG	29212
Local		BARACARB-DF 150 - 50 KG BAG	74526
Local		BARACARB-DF 50 - 50 KG BAG	225 690
Local		BARACARB-DF 25 - 50 KG BAG	238 091

En la tabla anterior se puede observar que los productos densificantes son en su totalidad de origen nacional por lo que fueron descartados en la continuidad de este estudio. De la misma manera, aquellos productos viscosificantes de menor volumen de venta. Se identifica el AQUAGEL y BARAZAN D PLUS como aquellos de interés. De acuerdo a las hojas de información de los productos (Ver anexos 2 y 3)¹⁵ se conoce que el principal componente del AQUAGEL es la bentonita (Sodium Montmorillonite), y del BARAZAN D PLUS es goma xántica.

La bentonita es una arcilla jabonosa que absorbe un gran número de veces su propio volumen de agua, adquiriendo un aspecto gelatinoso. Inicialmente fue descubierta en el año 1888 en Fort-Benton, en la región de Rock-Creed en el estado de Wyoming, Estados Unidos, lugar de donde tomó su nombre¹⁶.

¹⁵ HALLIBURTON- Baroid. Fichas técnicas de los productos de fluidos de perforación. Bogotá. 2010.

¹⁶ DÉRIBÉRE M, ESME A. La bentonita. Las arcillas coloidales y sus usos. Editorial Aguila, 1ra edición. Madrid 1952.

La bentonita está compuesta fundamentalmente por montmorillonita, silicato de magnesio y aluminio hidratado, que se presenta en forma de láminas cristalinas de tamaño coloidal. Un cristal unitario de montmorillonita está constituido por una capa octaédrica de alúmina entre dos capas tetraédricas de sílice y, debido a sustituciones isomórficas en la red cristalina, por ejemplo Mg^{2+} por Al^{3+} , adquiere una carga negativa compensada por cationes metálicos alcalinos intercambiables¹⁷.

En Colombia existen depósitos de bentonita en la cordilleras Central y Occidental, donde afloran rocas volcánicas terciarias y cuaternarias, principalmente en los Departamentos de Caldas, Huila, Nariño, Quindío, Risaralda y Valle del Cauca¹⁸.

Una caracterización y estudio reológico de la bentonita del Valle del Cauca fue realizado en el Instituto de Cerámica y Vidrio en Madrid, España.¹⁹ Los resultados de las pruebas arrojaron que de acuerdo con el contenido en Na_2O , la bentonita estudiada se puede considerar sódica, lo cual es un factor positivo para su aplicación en fluidos de perforación, ya que si el mineral de montmorillonita contiene iones diferentes al sodio, las propiedades de hinchamiento, la construcción de viscosidad, y la permeabilidad de la torta serán afectados de forma adversa²⁰. Por otro lado el contenido en hierro, expresado como Fe_2O_3 , es alto. Los porcentajes en peso de SiO_2 y Al_2O_3 de 56% y 19% son similares a los de la bentonita más típica, la de Wyoming, esto

¹⁷ OLPHEN H.V. An Introduction to Clay Colloid Chemistry. En Journal of Pharmaceutical Sciences. Volume 53, Issue 2, page 230, February 1964. Interscience Publishers. New York.

¹⁸ NUÑEZ A. Recursos Minerales de Colombia. Publicaciones Geológicas de Ingeominas. Ed. Raul Ángulo Carmona, Bogotá, 1978.

¹⁹ PINZON J.A, REQUENA J. Caracterización y estudio reológico de una bentonita colombiana. En Boletín de la sociedad Española de cerámica y vidrio. Volumen 35, Número 5. Páginas 337-344. Septiembre-Octubre 1996.

²⁰ SAMSURI A, LEYONG K.P, ABDULLAH H. Potential of an Andrassy and Mansuli bentonite as a Drilling Mud Material. En Society of Petroleum Engineers. SPE Asia Pacific Oil and Gas Conference and Exhibition, 9-11 September, Jakarta, Indonesia. 2003.

es, 63.6% y 20,1% respectivamente²¹, lo que presenta una excelente perspectiva de sustitución.

Por otra parte, la goma Xantica o goma xantana es un polisacárido producido y extraído de la bacteria *xanthomonas campestris*.

Las características físicas de la goma xantana es que se diferencia por ser un polvo de color crema, el cual puede disolverse fácilmente en agua, logrando así, obtener soluciones viscosas.²²

La goma xantana tiene ciertas características que la hacen un producto espesante único, como por ejemplo: es efectiva en todo tipo de fluidos de perforación de base agua, desde sistemas de bajo contenido de sólidos hasta los de alta densidad. Además, es compatible y estable en presencia de alta concentración de la sal. Se utiliza en lodos de agua dulce, agua de mar, sistemas saturados con sal y en sistemas KCl. La alta capacidad de la goma xantana produce una óptima limpieza del hueco perforado, en zonas de bajas velocidades anulares. Se logran máximas tasas de penetración al reducir al mínimo las pérdidas de presión para maximizar la potencia hidráulica y el adelgazamiento, lográndose una viscosidad mínima en la broca. Asimismo, es compatible con todos los aditivos normalmente utilizados y suspenderá adecuadamente los materiales densificantes. Los contaminantes como yeso, la anhidrita, el CO₂, el H₂S y las sales no tienen efecto sobre la viscosidad producida por el producto. Además, ésta no se afecta por los lignosulfonatos.

²¹ MONDELO F.J, *et al.* Caracterización de bentonitas y zeolitas sin tratamiento como refuerzo en materiales compuestos de matriz polimérica. En Ingeniería Mecánica. Volumen 17. Número 1, enero-abril, 2014, páginas. 57-67

²² QUIMINET. Usos y aplicaciones de la goma xantana. [En línea]
<<http://www.quiminet.com/articulos/usos-y-aplicaciones-de-la-goma-xantana-61616.htm>> [Citado en 30 de junio de 2015].

La goma Xantica tiene amplias aplicaciones en la industria cosmética, farmacéutica, alimenticia, minera, ambiental, entre otros.²³

5.2. Volumen de ventas del producto.

La tabla 9 presenta los productos de mayor volumen de ventas en las operaciones de Baroid desde el año 2012 al 2014.

Tabla 9. Productos de mayor volumen de ventas en el portafolio Baroid entre el 2012 y el 2014.

ORIGEN	Material Description	Unidades vendidas
Intl	AQUAGEL - 50 LB BAG	51023
Intl	BAROFIBRE - 25 LB BAG	47211
Intl	BARAZAN D PLUS - 25 KG BAG	34744
Intl	BARO-TROL - 25 KG BAG	41562
Local	BARITE (FG) - 100 LB BAG	1 315 367
Local	FILTER-CHEK - 50 LB BAG	68039
Local	SODIUM FORMATE - 25 KG BAG	75870
Local	BARACARB-DF 150 - 50 KG BAG	74526
Local	BARACARB-DF 50 - 50 KG BAG	225 690
Local	BARACARB-DF 25 - 50 KG BAG	238 091
Local	BARACARB-DF 5 - 50 KG BAG	64024

En la tabla anterior se observa que de acuerdo al volumen de ventas los productos de mayor atención a sustituir son el BAROFIBRE y el BARO-TROL. Así como el AQUAGEL y BARAZAN D PLUS que ya habían sido seleccionados en el criterio anterior.

²³ QUIMINET. *Op Cit.*

De acuerdo a las hojas de información de los productos (Ver anexos 4, y 5)²⁴ el BAROFIBRE es un material celulósico natural utilizado para eventos de pérdidas de circulación, y el BAROTROL es un estabilizador de arcillas comparable con productos asfálticos sulfonados.

5.3. Precio del producto.

La tabla 10 presenta los productos químicos del portafolio de BAROID de mayor precio y su volumen de ventas entre los años 2012-2014:

Tabla 10. Productos químicos de mayor precio en el portafolio Baroid.

Origen	Material Description	Precio (USD)	Unidades vendidas
Intl	CFS-581 - 210 KG DRUM	1326,41	5
Intl	TORQ-TRIM II - 275 GAL DRUM	3093,96	8
Intl	N-FLOW 325 - 210 KG DRUM	1076,87	343
Intl	EZ GLIDE - 275 GAL TOTE TANK	3647,05	1
Intl	BARAKLEAN DUAL - 200 LITER DRUM	802,01	302
Intl	BARO-LUBE GOLD SEAL - 275 GAL IBC	3216,29	2254
Intl	BORE-HIB - 55 GAL DRUM	576,65	1991
Intl	CMO 568 - 1100 KG IBC	3436,52	15
Intl	CLAYSEAL PLUS - 275 GAL TOTE	2464,65	2132
Intl	BARASCRUB - 55 GAL DRUM	890,11	29
Intl	FACTANT - 55 GAL DRUM	693,56	11
Intl	GEM CP - 275 GAL IBC	3083,23	27
Intl	BARAKLEAN FL - 55 GAL DRUM	1053,20	341
Intl	RM-63 - 55 GAL DRUM	698,08	121
Intl	BARAFILM - 55 GAL DRUM	723,38	1
Intl	BARACOR 95 - 55 GAL DRUM	521,81	196
Intl	CLAYSEAL - 275 GAL DRUM	2167,66	225
Intl	AKTAFLO-S - 55 GAL DRUM	548,09	141
Intl	NO BLOK C - 55 GAL DRUM	1036,03	133

²⁴ HALLIBURTON- Baroid. *Op Cit.*

De acuerdo a la información contenida en la tabla anterior, se seleccionan el BAROLUBE GOLD SEAL, el BOREHIB, y el CLAY SEAL PLUS como los productos de interés para la continuación de este estudio de sustitución. De acuerdo a las hojas de información de los productos (Ver anexos 6, 7 y 8 respectivamente)²⁵ el BAROLUBE GOLD SEAL corresponde a un lubricante, el BOREHIB es un inhibidor y estabilizador de arcillas base silicato, y el CLAY SEAL PLUS es un inhibidor de arcillas base amina.

6. SELECCIÓN DE PRODUCTOS NACIONALES COMO SUSTITUTOS POTENCIALES.

Para la continuación del estudio se identifican posibles sustitos de los productos seleccionados anteriormente como productos de interés, de acuerdo a la disponibilidad de productos químicos ofrecidos por proveedores locales. La tabla 11 que contiene los productos químicos importados seleccionados frente aquellos de origen nacional con potencial para ser sus sustitutos.

²⁵ HALLIBURTON. *Op Cit.*

Tabla 11. Productos importados seleccionados vs. Posible sustituto nacional.

Productos Importados	Productos nacionales
AQUAGEL	BENTOGEL
BARAZAN D PLUS	GOMA XANTICA TRANSMERQUIM
	GOMA XANTICA ANDINA MINERALES
BAROFIBRE	B-FIBER
	CELLULOSE FIBER
BARO-TROL	No disponible
BARO- LUBE GOLD SEAL	ENCAPSO
BORE-HIB	AQP CLAY 55
	QC-CLAY SIL K CHEMCAR
CLAY SEAL PLUS	Amina MULTICHEM

De acuerdo a la literatura estudiada en el capítulo anterior, se conocía que la bentonita presente en el Valle del Cauca está principalmente compuesta por montmorillonita sódica tal como se refleja en los estudios de caracterización realizados a una muestra²⁶. Sin embargo, al realizar la búsqueda de un proveedor nacional de bentonita, en una conversación con el gerente comercial de BENTOCOL, empresa extractora y comercializadora de bentonita del Valle del Cauca, afirmó que durante los 47 años de explotación que lleva la compañía en la zona, sólo se han extraído bentonitas cálcicas y magnésicas, y desconocen de la existencia de minas de bentonitas sódicas en esa región. Esta información corresponde con otros estudios que reconocen la bentonita Colombiana como principalmente magnésica y estudian su modificación para aplicaciones en la industria del petróleo²⁷. Es por esta razón, que el producto que la industria nacional tiene a disposición es el BENTOGEL, una bentonita

²⁶ PINZON J.A, REQUENA J. *Op. Cit.*

²⁷ BECERRA L, MANTILLA C. Aplicación de una arcilla bentonítica Colombiana con potencial aplicación en la industria del petróleo. Tesis para optar por el título de Ingeniera Metalúrgica. Universidad Industrial de Santander. 2011.

sódica modificada obtenida a partir de bentonita cálcica. BENTOGEL²⁸ es una bentonita API, es decir, que cumple con el standard API 13A Sección 9 de Materiales para Fluidos de Perforación. Pese al cumplimiento del standard, debido a la naturaleza cálcica modificada de la bentonita, el rendimiento del producto responde a menos de la mitad del ofrecido por las bentonitas importadas de Wyoming.

Por esta razón se descarta el AQUAGEL como producto a ser sustituido en lo siguiente de este estudio. Asimismo, se descarta el BAROTROL para el que no se encuentra ofertas de productos nacionales como sustitutos, de hecho, algunos de los proveedores para la industria ofrecen en su portafolio el producto de marca Baroid.

7. PRUEBAS DE DESEMPEÑO.

Una vez se han identificado posibles sustitos de los productos de interés, se realizan pruebas de desempeño para comparar su comportamiento a nivel laboratorio. A continuación se presentan los resultados de las pruebas realizadas.

²⁸ BETONITAS COLOMBIANAS. Aplicaciones- Lodos de perforación. BENTOGEL [En línea], <<http://www.bentocol.com.co/uso-y-aplicaciones/>> [Citado en 30 de junio de 2015].

7.1. BARAZAN D PLUS Vs. GomaXantica TRANSMERQUIM²⁹

Para realizar la comparación de BARAZAN D PLUS con la goma xántica del proveedor nacional TRANSMERQUIM, se preparó una formulación de lodo base y se le agregó concentraciones de 0.5, 1.0 y 1.5 lpb (libras por barril) de BARAZAN D PLUS y Goma xántica. Estas concentraciones fueron determinadas de acuerdo a las más utilizadas del producto en los programas de fluidos de perforación de la sublínea de servicios Baroid 8 (Ver anexo 9)³⁰. La tabla 12 presenta las concentraciones de los productos químicos utilizados para la preparación del fluido base, sabiendo que 1 barril de laboratorio corresponde a 350 ml, siendo 1 lb equivalente a 1 g en pruebas de laboratorio.

Tabla 12. Formulación de fluido base para prueba de desempeño BARAZAN D PLUS vs Goma Xantica TRANSMERQUIM.

PRODUCTO	Concentración, lpb
AQUAGEL	0.580
FILTERCHEK	2.0
CLAYSEAL	3.0
BARACARB 25	9.0
REV DUST	6.0
Soda Cáustica	0.01

Fuente: BURGOS y SERRANO.

²⁹ BURGOS R, SERRANO M. Pruebas de laboratorio realizadas en laboratorio Toberin- Baroid. Bogotá.

³⁰ HALLIBURTON- Baroid. Base de datos programas de fluidos de perforación. Bogotá. 2014.

Con estos fluidos se realizó la prueba de reología a temperatura ambiente. El procedimiento para la medición de la reología se realizó de acuerdo a los standards API³¹.

La viscosidad plástica, denominada en adelante como VP, se describe generalmente como la parte de resistencia al flujo, que es causada por la fricción mecánica. La viscosidad plástica es afectada por la concentración, tamaño y forma de los sólidos, la viscosidad de la fase líquida, la presencia de polímeros, y la relación agua-aceite. Esta propiedad se determina como muestra la ecuación 1, donde θ_{600} y θ_{300} representan las lecturas del viscosímetro a la velocidad de 600 rpm y 300 rpm respectivamente.

$$PV (cP) = \theta_{600} - \theta_{300} \quad (1)$$

El punto cedente o yield point, denominado en adelante YP es una medida de las fuerzas electroquímicas o de atracción en un fluido. Estas fuerzas son el resultado de las cargas positivas y negativas en o cerca de la superficie de las partículas. El punto cedente es una medida de estas fuerzas bajo las condiciones de flujo, y depende de las propiedades superficiales de los sólidos del fluido, la concentración volumétrica de los sólidos, y el ambiente eléctrico de estos sólidos (concentración y tipos de iones en la fase líquida del fluido). Su cálculo se realiza con la ecuación 2 o 3³².

$$YP \left(\frac{lb}{100 \text{ pies}^2} \right) = 2 * \theta_{300} - \theta_{600} \quad (2)$$

³¹ ANSI/API RECOMMENDED PRACTICE 13B-1 FOURTH EDITION, MARCH 2009. ISO 10414-1:2008 (Identical), Petroleum and natural gas industries—Field testing of drilling fluids Part 1: Water-based fluids. Páginas: 11,12, 13.

³² MI SWACO. Drilling Fluids Engineering Manual. 2001.

$$YP \left(\frac{lb}{100 \text{ pies}^2} \right) = \theta_{300} - PV \quad (3)$$

El Yield Stress, en adelante YS, es la fuerza requerida para iniciar el flujo, es una medida independiente del tiempo, y se denota usualmente en el modelo reológico de Heshchel-Bulkley (yield-power law [YPL]) como Tau0, y en el modelo de Bingham como YP. También puede ser considerado como el esfuerzo de gel antes de cualquier cambio dependiente del tiempo observado en el fluido³³.

La tabla 13 y la gráfica 7 y 8 presentan los resultados de las pruebas reológicas.

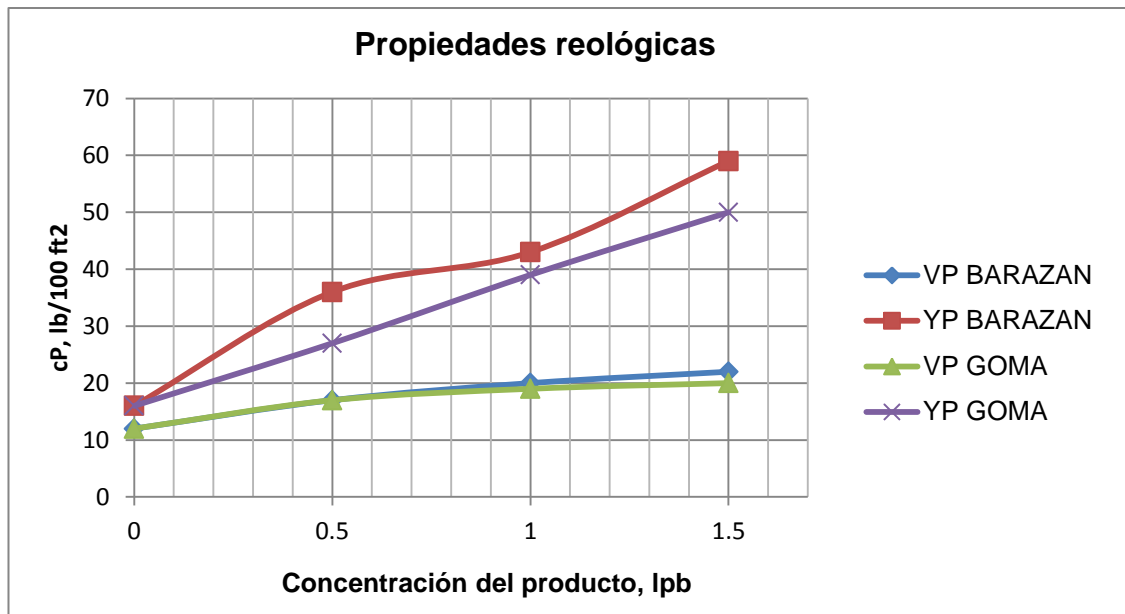
Tabla 13. Resultados de las pruebas reológicas BARAZAN D PLUS vs Goma Xantica TRANSMERQUIM

Reología @ T° Amb	Fluido Base	Base + 0.5 BARAZAN	Base + 1.0 BARAZAN	Base + 1.5 BARAZAN	Base + 0.5 Goma	Base + 1.0 Goma	Base + 1.5 Goma
600 / 300	40 / 28	70 / 53	83 / 63	103 / 81	61 / 44	77 / 58	90 / 70
200 / 100	24 / 18	45 / 34	55 / 42	71 / 56	37 / 28	49 / 38	61 / 48
6 / 3	10 / 9	14 / 13	18 / 15	25 / 22	12 / 10	16 / 14	22 / 19
VP (cP)	12	17	20	22	17	19	20
YP (lb/100 ft ²)	16	36	43	59	27	39	50
YS (lb/100 ft ²)	8	12	12	19	8	12	16

Fuente: BURGOS y SERRANO.

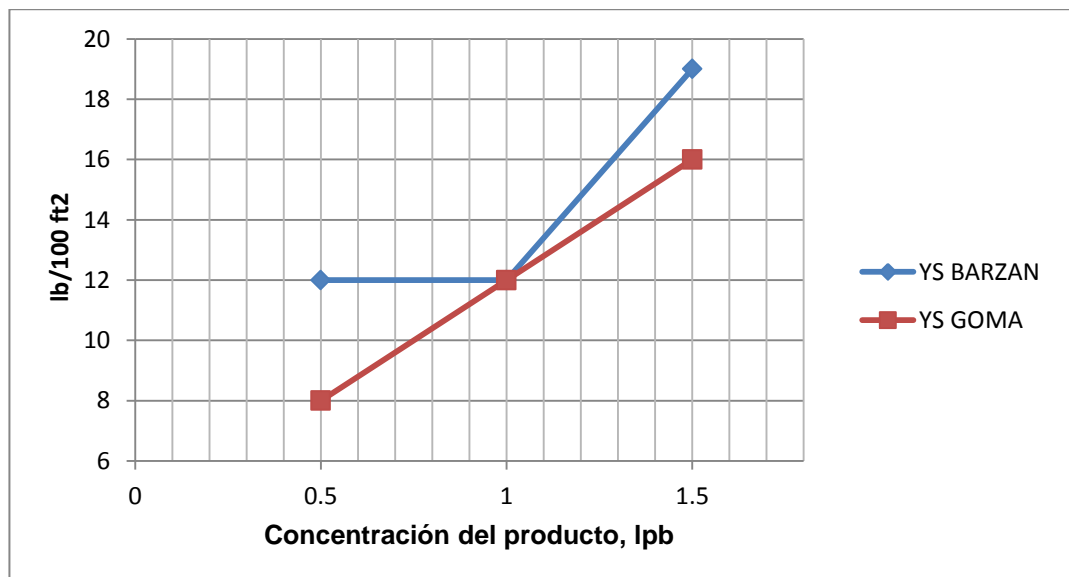
³³ HALLIBURTON- Baroid. Engineering Resource Material. *Op. Cit.* Página 12.

Gráfica 7. Comparación Viscosidad plástica y Yield point BARAZAN D PLUS vs Goma Xantica TRANSMERQUIM.



Fuente: BURGOS y SERRANO.

Gráfica 8. Comparación del Yield Stress BARAZAN D PLUS vs Goma Xantica TRANSMERQUIM.



Fuente: BURGOS y SERRANO.

En la tabla 13 y la gráfica 7, se puede observar que el comportamiento de la viscosidad plástica para ambos productos es igual para una concentración de 0.5 lpb. Sin embargo, estos valores son diferentes para concentraciones mayores. Es evidente que la diferencia aumenta a medida que lo hace la concentración de los productos, pasando de una diferencia del 5% con 1.0 lpb al 10% con 1.5 lpb.

Por otra parte, se identifica que para el yield point existen diferencias importantes entre los valores para todas las concentraciones, siendo de un 15% para 0.5 lpb, 10% para 1.0 lpb y 14% para 1.5 lpb, es decir, que al contrario de la VP, no se puede intuir una tendencia predominante de la diferencia entre los valores del YP respecto a la concentración del producto.

El yield stress representa la limpieza de pozo en régimen laminar en el espacio anular, así, mejores valores de YS garantizan mejor limpieza de pozo. En la gráfica 8 se puede observar que a lo largo de toda la curva el BARAZAN D PLUS presenta un comportamiento superior al de la goma Xantica.

En general, se puede apreciar que la Goma Xantica de TRANSMERQUIM presenta un desempeño reológico menor que el BARAZAN D PLUS. En los programas de fluidos de perforación para el monitoreo y control de las propiedades físicas y químicas que deben mantenerse, se manejan unos valores objetivos (targets) que están determinados por los rangos de valores permisibles para cada una de las propiedades de acuerdo a las necesidades operacionales y los requerimientos particulares del pozo. Para el caso específico de los objetivos de las propiedades reológicas (YP) normalmente se manejan diferenciales o deltas de +-5. Es decir, un rango normal de YP puede ir de 15 lb/100ft² a 20 lb/100ft².³⁴ (Ver anexo 10). Estos diferenciales pueden

³⁴ HALLIBURTON- Baroid. Base de datos programas de fluidos de perforación. *Op Cit.*

ser mayores en función a los pies perforados durante la sección y la litología del pozo.

Se descarta a la goma Xantica como posible sustituto debido a que se presentan diferenciales hasta de 9 puntos en el YP, lo que implicaría realizar incrementos en las concentraciones del producto para obtener resultados comparables con el BARAZAN D PLUS. Un incremento en la concentración no sólo implicaría el costo adicional del producto, sino que está asociado con el costo extra de movilización de mayores volúmenes.

7.2. BARAZAN D PLUS Vs. Goma Xantica ANDINA MINERALES³⁵

Se realizó la comparación del desempeño de una muestra de goma xantica de ANDINA MINERALES respecto al BARAZAN D PLUS mediante pruebas reológicas.

El procedimiento se llevó acabo de acuerdo a los standards API ya mencionados. La formulación para el fluido base se presenta en la tabla 14.

³⁵ BURGOS R, URIBE W. Pruebas de laboratorio realizadas en laboratorio Toberin- Baroid. Bogotá.

Tabla 14. Formulación del fluido base prueba de desempeño BARAZAN D PLUS vs Goma Xantica ANDINA MINERALES

PRODUCTO	Concentración, Lpb
AQUAGEL	12
PAC-L	2.5
DEXTRID	2

Fuente: BURGOS y URIBE.

A este fluido base se le agregó 0.5 lpb de las dos muestras, midiendo reología. La tabla 15 presenta los resultados de las pruebas reológicas a los fluidos.

Tabla 15. Resultados de las pruebas reológicas BARAZAN D PLUS vs Goma Xantica ANDINA MINERALES.

Reología @ 120 °F	0,5 lpb BARAZAN	0,5 lpb Goma Xanta
600/300	92/62	92/63
200/100	49/34	50/34
6 / 3	9 / 7	9 / 7
Gel 10"/10'	10 / 18	10 / 20
VP	30	29
YP	32	34
YS	5	5

Fuente: BURGOS y URIBE.

En base a la tabla anterior se puede apreciar que el comportamiento reológico de los dos productos es bastante similar, mostrando gran posibilidad para la

Goma Xantica como producto sustituto, quien de hecho presenta un mejor valor de YP que el BARAZAN D PLUS.

Debido a los excelentes resultados obtenidos en la prueba preliminar, se desea verificar la eficacia de los productos y su comportamiento en una aproximación a condiciones reales, por lo que se decidió realizar pruebas de rolado.

El rolado es un proceso de envejecimiento del fluido en el que se pretenden reproducir las condiciones de circulación y temperatura reales que se tendrían durante la perforación de pozos.³⁶

Las dos muestras existentes con concentraciones de 0.5 lpb para cada producto químico, utilizadas en las pruebas anteriores, fueron sometidas a proceso de rolado durante 16 horas a una temperatura de 250 °F. Previo al proceso de rolado se realiza incremento del pH del fluido hasta 9.6 y 9.8 para el BARAZAN D PLUS y la goma Xantica respectivamente. Una vez cumplido el tiempo de rolado, se realizaron pruebas reológicas para las muestras. La tabla 16 presenta los resultados obtenidos de las pruebas.

³⁶ FANN. Products- Drilling Fluid Testing. Roller. [En línea] <<http://www.fann.com/fann/products/drilling-fluids-testing/aging/df-rollerovens.page>> [Citado en 30 de junio de 2015].

Tabla 16. Resultados de las pruebas reológicas BARAZAN D PLUS vs Goma Xantica ANDINA MINERALES después de rolado.

Reología @ 120 °F	0,5 lpb BARAZAN	0,5 lpb Goma Xanta
600/300	33/20	23/14
200/100	16 / 10	11 / 7
6 / 3	4 / 3	3 / 2
Gel 10"/10'	4 / 4	4 / 4
VP	13	9
YP	7	5
YS	2	1
pH	8	7,6

Fuente: BURGOS y URIBE.

En la tabla anterior, se puede observar que las características reológicas de los dos lodos disminuyen después de someter las muestras a envejecimiento dinámico. Esto se debe a la degradación que le ocurre al fluido. La muestra de Goma Xantica de ANDINA MINERALES refleja una mayor afectación en las propiedades reológicas debido a la degradación. Sin embargo, los valores de VP no reflejan diferenciales superiores a 2 puntos por lo que indica que para condiciones operacionales, la eficiencia y comportamiento de dicho producto son similares al BARAZAN D PLUS. Además, hay que tener en cuenta que en condiciones reales se realiza un permanente monitoreo al fluido, para realizar mantenimientos necesarios y evitar efectos de degradación tan marcados y nocivos como los obtenidos en la prueba de rolado.

Debido a la similitud del desempeño tanto para condiciones iniciales de mezcla como la aproximación en condiciones reales, se selecciona a la goma Xantica de ANDINAS MINERALES como excelente sustituto del BARAZAN D PLUS.

7.3. BAROFIBRE vs B-FIBER y CELULLOSE FIBER.

La prueba de desempeño establecida para comparar la eficacia de los productos utilizados en los eventos de pérdidas de circulación es el PPT (Prueba de taponamiento de la permeabilidad). Este ensayo mide la capacidad de taponamiento de poros de un fluido, a unas determinadas condiciones de temperatura y presión.³⁷

Pese a identificar posibles sustitutos para el BAROFIBRE, no fue posible mostrar los resultados de la prueba anteriormente expuesta debido a que no estuvo disponible dentro del tiempo establecido para la culminación de este estudio.

7.4. BAROLUBE GOLD SEAL vs ENCAPSO.³⁸

Se realizó la evaluación del comportamiento y compatibilidad del fluido WBM (Water base mud - fluido base) con el lubricante ENCAPSO de origen local por medio de pruebas completas API³⁹, utilizando una concentración de 18 lpb del producto, en comparación con una preparación de 3% en volumen de BAROLUBE GOLD SEAL. Además, se verificó y determinó la eficiencia del producto ENCAPSO como lubricante a diferentes concentraciones (6 lpb, 12 lpb y 18 lpb) tanto del producto como de BAROLUBE GOLD SEAL (1%, 2% y 3%).

³⁷ GARCÍA. A. P. Formulación de un fluido para perforar la zona de 8 ½" de los pozos de campo Velázquez. Tesis de grado para optar por el título de ingeniera de petróleos de la Universidad Industrial de Santander. 2008. Página 117.

³⁸ AMAYA I, RAY C, GOMEZ C.M. Pruebas de laboratorio realizadas en laboratorio Toberin- Baroid. Bogotá. 2014.

³⁹ ANSI/API RECOMMENDED PRACTICE 13B-1 FOURTH EDITION, MARCH 2009. *Op. cit.* Páginas 7-32.

La prueba de desempeño realizada fue de lubricidad⁴⁰. Se preparó el lodo WBM base de acuerdo a formulación que se presenta en la tabla 17, dando los respectivos tiempos de mezclas. La tabla 18 presenta los resultados de las pruebas API realizadas.

Tabla 17. Formulación del fluido base para prueba de lubricidad de BAROLUBE GOLD SEAL vs ENCAPSO.

PRODUCTO	Concentración , Lpb
BARAZAN D PLUS	1.0
BARACARB DF 5/25	35/35
BARACARB DF 150	6.0
BARACARB DF 600	6.0
CLAY SEAL PLUS	9.0
N DRILL HT	6.0
PAC - L	2.0
SODA CAUSTICA	Hasta pH 9.5

Fuente: AMAYA, RAY y GOMEZ.

⁴⁰ HALLIBURTON- Baroid. PROCEDIMIENTO GLOBAL. LUBRICIDAD.

Tabla 18. Pruebas API realizadas al fluido base, fluido con 18 lpb de ENCAPSO, y fluido CON 3%v de BAROLUBE GOLD SEAL.

PRUEBAS	LODO BASE	LODO BASE + 18LPB ENCAPSO	LODO BASE + 3% BAROLUBE GOLD SEAL
REOLOGIA @ 120°F			
600/300	90/64	113/80	91/68
200/100	52/38	66/47	56/40
6 / 3	12 / 9	14 / 11	13 / 10
Gel 10"/10'	10 / 12	12 / 14	11 / 13
VP (cP)	14	33	23
YP (lb/100ft²)	24	47	45
YS (lb/100ft²)	6	8	7
Filtrado API (ml)	4.2	2.9	3.4
pH	9.5	8.56	8.62
Densidad (ppg)	9.5	9.5 +	9.5
pf/mf	0.37/1.30	0.28/1.33	0.31/1.35
Cl (ppm)	1400	1550	1500
Ca (ppm)	48	64	48
Oil (%)	0	4	3
Agua (%)	90	87	86
Solidos (%)	10	9	11

Fuente: AMAYA, RAY y GOMEZ.

En la tabla anterior, se puede observar que el comportamiento reológico varía con la adición de lubricante al fluido base, la VP y el YP aumentan tanto en presencia del ENCAPSO como del BAROLUBE GOLD SEAL, en ambos casos se presentan incrementos significativos ya que la fase aceitosa se comporta como un sólido en fluido. Por su parte, otras propiedades físicas como el filtrado API y pH disminuyen. Es notorio que el ENCAPSO produce unas más significativas mejoras a las propiedades reológicas y una mayor reducción del

filtrado respecto al BAROLUBE GOLD SEAL, esto en términos de propiedades básicas lo hace un producto más deseable para la preparación de los fluidos de perforación.

Durante la adición del lubricante ENCAPSO al lodo WBM se observa una buena incorporación de este, con el tiempo y la agitación se da una buena homogeneidad del producto, tal como ocurre con el lubricante de referencia el BAROLUBE GOLD SEAL. Esto indica una buena compatibilidad del producto con los sistemas de fluidos base agua, haciendo factible su utilización.

Para la realización de la prueba de desempeño de lubricidad se utiliza un equipo especial llamado lubricity tester que puede simular la rotación de la tubería bajo condiciones de presión que se encuentra el pozo⁴¹. Para iniciar se realizó el chequeo previo del equipo de lubricidad y se determinó el Coeficiente de Fricción del agua con un valor de 34 que coincide con lo establecido en la literatura⁴². Posteriormente, se realizó la prueba de lubricidad para cada formulación, verificándose por duplicado. La prueba de coeficiente de Lubricidad para el Lodo que contenía ENCAPSO se realizó dejando el equipo con la muestra por 30 minutos, según sugerencia del Proveedor.

La tabla 19 presenta los resultados de la prueba.

⁴¹ MALDONADO A.M. Formulación y evaluación de fluidos de perforación de base agua de alto rendimiento aplicados al campo balcón como sustitutos del lodo base agua. tesis para optar por el título de ingeniera de petróleos de la Universidad industrial de Santander. 2006. Página 25.

⁴² EXPOTECHUSA. E.P. (EXTREMA PRESION) - LUBRICIMETRO OFI PARTE N° 111-00 [En línea] <<http://www.expotechusa.com/catalogs/ofite/instructions/Spanish/111-00.PDF>> [Citado en 03 de julio de 2015].

Tabla 19. Prueba de lubricidad.

LODO	LUBRICIDAD
LODO BASE	0.23
LODO BASE + 1% BAROLUBE GOLD SEAL	0.18
LODO BASE + 2% BAROLUBE GOLD SEAL	0.14
LODO BASE + 3% BAROLUBE GOLD SEAL	0.11
LODO BASE + 6 LPB ENCAPSO	0.18
LODO BASE + 12 LPB ENCAPSO	0.16
LODO BASE + 18 LPB ENCAPSO	0.14

Fuente: AMAYA, RAY y GOMEZ.

De acuerdo a los resultados obtenidos se puede observar que los coeficientes de lubricidad son iguales para ambos productos a las concentraciones de 1% en volumen y 6 lpb de BAROLUBE GOLG SEAL y ENCAPSO respectivamente, sin embargo, a medida que aumenta la concentración de los productos los valores de coeficiente de lubricidad presentan mayores diferencias, del 12% para la segunda medida, y del 22% para la tercera. Es evidente que el BAROLUBE GOLD SEAL presenta mejores resultados para la prueba de desempeño de lubricidad que los obtenidos por el ENCAPSO.

Como ya se mencionó anteriormente, el ENCAPSO genera mejoras en el fluido de perforación en propiedades básicas como la viscosidad y filtrado. Asimismo, se tiene que para fluidos base agua se considera que un coeficiente de lubricidad menor al 0.2 es aceptable⁴³, encontrándose el ENCAPSO por debajo de este rango para todas las concentraciones estudiadas. En función de lo expuesto, se considera al ENCAPSO un adecuado sustituto para el BAROLUBE GOLD SEAL.

⁴³ MALDONADO. *Op Cit.* Página 103.

7.5. BOREHIB vs AQP CLAY 55 y QC-CLAY SIL K. ⁴⁴

Las pruebas establecidas para la comparación del desempeño del BOREHIB respecto a dos productos base silicato: AQP CLAY 55 y QC-CLAY SIL K CHEMCAR fueron el test de porcentaje de hinchamiento lineal, pruebas de dispersión y acreción. Para llevar a cabo las pruebas primero se mezcló lodo fresco. La tabla 20 presenta las concentraciones de los productos químicos utilizados para la preparación del fluido base.

Tabla 20. Formulación de fluido base para prueba de desempeño de inhibidor y estabilizador de arcillas BOREHIB vs AQP CLAY 55, y QC-CLAY SIL K .

PRODUCTO	FORMULACION Concentración, lpb
BORE PLUS	1.5
POLYAC PLUS	1.0
PAXCEL HV	0.75
BARAZAN D PLUS	1.0
BARACARB DF 25	20.0
ALDACIDE G	0.75
Barita	190
Inhibidor Base Silicato	8.0

Fuente: RAMIREZ, RAY y GOMEZ.

Posteriormente a la mezcla del fluido base se separaron diferentes muestras, adicionando a cada una de ellas una concentración de 8 lpb de cada producto que deseaba analizar. Se procedió a la caracterización de los fluidos siguiendo el procedimiento establecido en los standards API. La tabla 21 presenta los resultados de las pruebas básicas de evaluación de los fluidos de perforación.

⁴⁴RAMIREZ N.T, RAY C, GOMEZ C.M. Pruebas de laboratorio realizadas en laboratorio Toberin- Baroid. Bogotá. 2014.

Tabla 21. Propiedades de caracterización del fluido de perforación: lodo base y lodos base+ BOREHIB / AQPCLAY 55 / QC CLAY SIL K.

Fann 35	Lodo Base	Lodo Base + Borehib Houston	Lodo Base + AQPCLAY 55	Lodo Base + QC CLAY SIL K
600 / 300	53 / 36	50 / 33	48 / 35	50 / 34
200 / 100	29 / 21	27 / 18	22 / 18	27 / 19
6 / 3	6 / 5	5 / 4	5 / 4	6 / 4
Gel 10" / 10'	6 / 7	5 / 6	5 / 6	6 / 6
VP (cP)	17	17	13	16
YP (lb/100ft ²)	19	16	22	18
YS (lb/100ft ²)	4	3	3	2
Filtrado API (ml)	5.8	4.8	5.5	6.2
pH	8.43	10.96	11.54	10.3
Pf / Mf	0.68 / 1,46	1.72 / 3.3	0.35 / 2.65	3.0 / 5.95
Cloruros, ppm	320	380	360	560
Calcios, ppm	8	16	68	4

Fuente: RAMIREZ, RAY y GOMEZ.

En la tabla anterior, se puede observar que no se presentan grandes diferencias en las propiedades reológicas de las formulaciones que contienen BOREHIB y QC CLAY SIL K, mientras que se identifica un cambio más notorio para el producto AQP CLAY 55, quien es a su vez, el que presenta los mejores resultados para las pruebas reológicas.

Por otra parte, se observa que otras propiedades como el filtrado responden mejor en presencia del BOREHIB, seguido del AQP CLAY 55 quien también exhibe valores deseables. Caso contrario, es el QC CLAY SIL K que produce efectos negativos en el filtrado, permitiendo mayor invasión de fluido base hacia la formación.

Los resultados de las pruebas químicas realizadas al filtrado de lodo conteniendo AQP CLAY 55 muestran grandes similitudes con el filtrado de lodo preparado con BOREHIB. Mientras que el filtrado del lodo mezclado con QC CLAY SIL K presenta un incremento significativo en la concentración de iones cloruros.

Para la corrida de las pruebas especiales se emplearon los métodos de trabajo establecidos por Halliburton para las pruebas de hinchamiento lineal⁴⁵, y dispersión y acreción⁴⁶.

El medidor de hinchamiento usa granos de arcilla reconstituidos, sumergidos en un fluido de perforación, y mide la velocidad y cantidad de expansión lineal no confinada. El fluido de perforación más deseable produciría la menor cantidad de hinchamiento lineal, el cual disminuiría rápidamente hasta una tasa de hinchamiento casi nula. Los resultados se reportan como el porcentaje de hinchamiento a partir del espesor original y la tasa final de hinchamiento al final de la prueba.⁴⁷

Las pruebas de dispersión usan fragmentos de lutita de granulometría determinada para medir la cantidad de dispersión que ocurre cuando estos fragmentos son sumergidos en un fluido de perforación y rolados en caliente por un periodo determinado. El tamaño de los fragmentos originales de lutita es más grande que un tamaño de malla pero más pequeño que otro. Al final de la prueba, el volumen de recortes que sigue siendo retenido por el tamaño de malla más pequeño será medido y reportado como el porcentaje recuperado. El porcentaje de erosión será el porcentaje de fragmentos de lutita que no ha sido

⁴⁵ HALLIBURTON- Baroid. Halliburton Management System. WM-GL-HAL-LAB-TES-014 Linear Swell Meter.

⁴⁶ HALLIBURTON-Baroid. FANN MODEL 35 Fann Standard Procedure.

⁴⁷ MI SWACO. *Op Cit.*

recuperado. De tal manera que $\% \text{ recuperado} + \% \text{ erosión} = 100\%$. La prueba de dispersión es excelente para evaluar la eficacia de los polímeros encapsuladores. Se trata de una de las mejores pruebas para obtener una indicación del sistema de lodo que será más compatible con una lutita en particular y del rendimiento real que este sistema tendrá en el campo.⁴⁸ La condición más favorable, sería aquella en la que se presente el menor porcentaje de erosión equivalente al mayor porcentaje de recuperación, ya que indicaría un mejor efecto encapsulante del inhibidor.

La prueba de acreción se prepara una muestra de arcilla y se tamiza, para luego colocarla en un tubo de acero previamente pesado en una celda de rolado. Posteriormente se agrega lodo a la celda de rolado de forma que cubra completamente la barra de acero y se rola por 5 minutos a temperatura ambiente. Después se agrega la arcilla a cada celda de rolado. Se deja en rolado por 30 minutos a temperatura ambiente, se remueve la barra con cuidado de no remover la arcilla adherida, dejándola escurrir hasta que pierda el exceso de lodo. Se seca en el horno el tubo y se registra el peso final de la barra.⁴⁹ El resultado más deseado será aquel que tenga la menor diferencia de peso ya que indicará un menor $\%$ de adherencia del fluido, esto evitaría problemas como embotamiento de la broca cuando sea utilizado en condiciones operacionales, entre mayor sea el porcentaje de acreción, también lo será la tendencia del fluido a crear embolamiento.⁵⁰

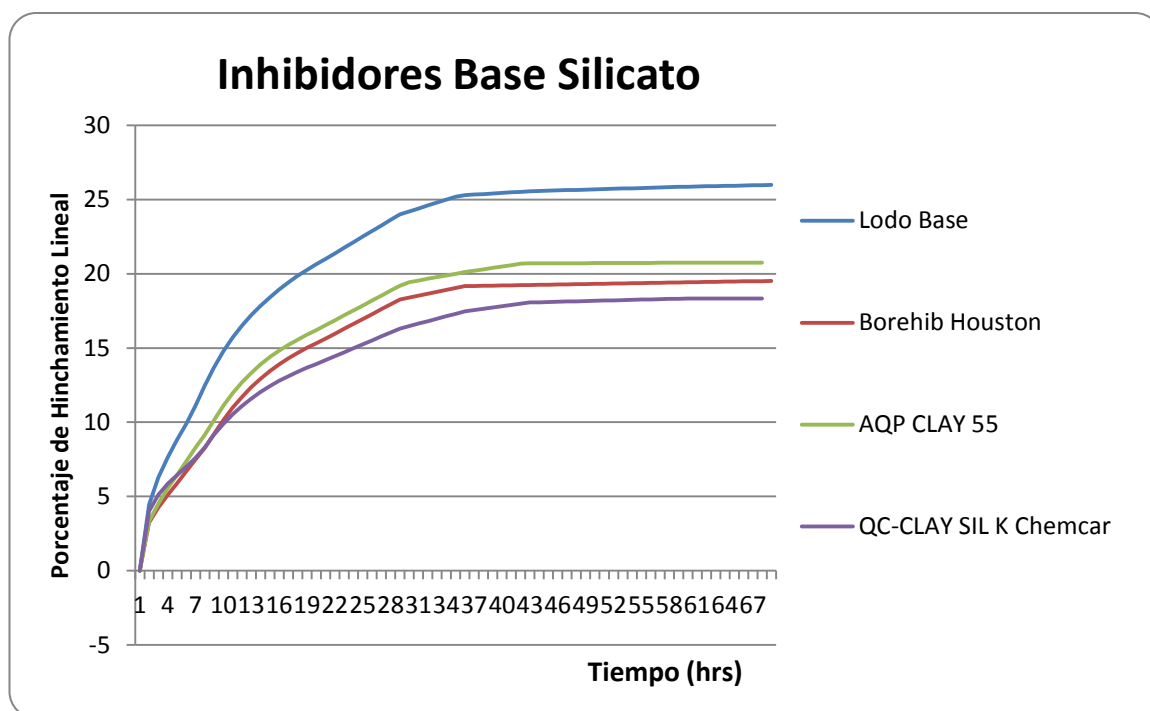
La gráfica 9 y la tabla 22 presentan los resultados de las pruebas de hinchamiento lineal.

⁴⁸ Ibid.

⁴⁹ GARCÍA A.P *Op Cit.* Página 81.

⁵⁰ Ibid. Página 104.

Gráfica 9. Resultados de la prueba de hinchamiento lineal BOREHIB vs AQP CLAY 55 y CLAY SIL K Chemcar K.



Fuente: RAMIREZ, RAY y GOMEZ.

Tabla 22. Resultados de la prueba de hinchamiento lineal BOREHIB vs AQP CLAY 55 y CLAY SIL K Chemcar K.

FORMULACIÓN	LODO BASE	8.0 lpb Borehib Houston	8.0 lpb AQP CLAY 55	8.0 lpb QC CLAY SIL K Chemcar
Porcentaje de Hinchamiento Lineal, %	25,98	19,51	20,75	18,32

Fuente: RAMIREZ, RAY y GOMEZ

Se obtienen valores muy similares con los tres inhibidores en la prueba de hinchamiento lineal, resaltando el producto CLAY SIL K de Chemcar como el que presenta el mejor desempeño.

La tabla 23 presenta los resultados de las pruebas de dispersión.

Tabla 23. Resultados prueba de dispersión BOREHIB vs AQP CLAY 55 y CLAY SIL K Chemcar K.

Fann 35	Lodo Base	Lodo Base + Borehib Houston	Lodo Base + AQPCLAY 55	Lodo Base + QC CLAY SIL K Chemcar
Peso inicial cortes, g	30.0	30.02	30.08	30.18
Peso Final, g	5.673	28.150	25.676	12.128
Porcentaje de Erosión, %	81.09	6.23	14.64	59.81

Fuente: RAMIREZ, RAY y GOMEZ.

El resultado de las pruebas de las pruebas de dispersión refleja que el BOREHIB presenta los valores más deseables, el menor porcentaje de erosión indica que casi toda la muestra de arcilla fue recuperada y que solo una pequeña cantidad se encuentra dispersa en el fluido. El adecuado encapsulamiento y una baja dispersión permitirán una mejor remoción de las arcillas no deseadas presentes en el fluido de perforación a través del equipo de control de sólidos primarios presentes en el taladro de perforación. También se destaca el buen desempeño del producto AQP CLAY 55 quien refleja buenos valores para la prueba. El QC CLAY SIL K exhibe un bajo desempeño para esta evaluación.

La tabla 24 presenta los resultados de las pruebas de acreción.

Tabla 24. Resultados pruebas de acreción BOREHIB vs AQP CLAY 55 y CLAY SIL K Chemcar K.

Fann 35	Lodo Base	Lodo Base + BOREHIB HOUSTON	Lodo Base + AQPCLAY 55	Lodo Base + QC CLAY SIL K Chemcar
Peso monel, g	94.926	94.935	94.847	94.701
Peso monel con muestra, g	96.800	97.252	97.162	96.571
Peso monel con muestra, g	103.217	105.243	102.840	101.513
Peso monel con muestra, g	103.38	106.268	103.598	101.820
Peso monel con muestra, g	102.843	106.350	104.057	102.310

Peso de arcilla retenida en la barra, g	LODO BASE	BOREHIB HOUSTON	AQP CLAY 55	QC CLAY SIL K
Peso 1	7.9	6.3	6.3	5.9
Peso 2	8.3	7.3	8.0	6.8
Peso 3	8.5	8.3	8.8	7.1
Peso 4	8.5	8.4	9.2	7.6
Peso Promedio	8.3	7.6	8.1	6.9

Fuente: RAMIREZ, RAY y GOMEZ.

Se resalta el resultado del producto QC CLAY SIL K 55, debido a presenta el menor peso retenido de arcilla en el tubo de acero. Esto indica que en condiciones operacionales tendría la menor probabilidad de problemas de embotamiento de la broca ya que el porcentaje de adherencia de arcillas es bajo.

El BOREHIB también muestra resultados satisfactorios para la misma prueba, mientras que con el producto AQP CALY 55 la aparición de aglomerados no favorecen su evaluación ya que los aglomerados no favorecen la estabilidad del fluido.

En general, se determina que pese a que el QC CLAY SIL K no presenta cambios significativos en las propiedades básicas del fluido, a excepción de los iones cloruro y un ligero aumento en el filtrado API, además de tener buenos resultados en las pruebas de hinchamiento lineal y acreción, es descartado como sustituto viable debido a los severos problemas de dispersión de arcillas que podrían ocurrir durante la perforación debido a los resultados desfavorables obtenidos en la prueba de dispersión.

Por otra parte, se observa que el producto AQP CLAY 55 mejora las propiedades de viscosidad y de filtrado del fluido, características deseables para un producto. Asimismo, presenta un desempeño satisfactorio respecto a los resultados obtenidos en las pruebas de hinchamiento lineal y dispersión. Sin embargo, la aparición de aglomerados y resultados negativos en la prueba de acreción descartan inicialmente al producto AQP CLAY 55 como posible sustituto del BOREHIB ya que su utilización implicaría tratamientos adicionales al fluido con adelgazantes o píldoras de baja reología que garantizaran la limpieza de la broca en todo momento. La incorporación de estas soluciones involucraría no sólo la sustitución del producto sino modificaciones en los planes y procedimientos de perforación de pozos, lo que complicaría aún más su sustitución.

7.6. CLAY SEAL PLUS vs QC CLAY y Amina MULTICHEM.⁵¹

Para comparar el desempeño de los inhibidores nacionales tipo amina: QC CLAY y Amina MULTICHEM frente al CLAY SEAL PLUS, se evalúa el grado de inhibición de los productos sobre arcillas altamente reactivas provenientes del área de Villavicencio mediante pruebas de porcentaje de hinchamiento lineal.

⁵¹ RAMIREZ N.T, BURGOS R, GOMEZ C.M. Pruebas de laboratorio realizadas en laboratorio Toberin-Baroid. Bogotá. 2014.

Asimismo, fue determinada la reactividad de las arcillas aplicando la prueba Capillary Suction Time, inicialmente con agua desionizada y posteriormente con dos concentraciones (6.0 lpb y 8.0 lpb) de CLAY SEAL PLUS, QC CLAY y Amina MULTICHEM.

Al igual que para el BOREHIB, el procedimiento para la realización de las pruebas básicas de los fluidos de perforación se efectuó de acuerdo a los standards API, y métodos de trabajo para la prueba de hinchamiento lineal y prueba de Capillary suction Time (CST)⁵².

La tabla 25 presenta las concentraciones de los productos químicos utilizados para la preparación del fluido base, y la tabla 26 la formulación utilizada para la corrida de la prueba CST.

⁵² HALLIBURTON- Baroid. High-pressure, high-temperature filter press. Instruction Manual No. 209486, Revision L.

Tabla 25. Formulación de fluido base para prueba de desempeño de inhibidor y estabilizador de arcillas CLAY SEAL PLUS vs QC CLAY y Amina MULTICHEM.

PRODUCTO	F1 lpb	F2 lpb	F3 lpb	F4 lpb	F5 lpb	F6 lpb	F7 lpb
BARAZAN D PLUS	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
FILTERCHEK	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
GLUTARALDEHIDO	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
BARACARB 25	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
CLAYSEAL PLUS	6.0	8.0	-	-	-	-	-
QC / CLAY CHEM CAR	-	-	6.0	8.0	-	-	-
AMINA MULTICHEM	-	-	-	-	6.0	8.0	-
Soda Cáustica	pH: 10.0	pH: 10.0	pH: 10.0	pH: 10.0	pH: 10.0	pH: 10.0	pH: 10.0

Fuente: RAMIREZ, BURGOS y GOMEZ.

Tabla 26. Formulación para prueba CST de CLAY SEAL PLUS vs QC CLAY y Amina MULTICHEM.

PRODUCTO	[] 1	[] 2
	lpb	lpb
AGUA	-	-
AGUA + CLAYSEAL PLUS	6.0	8.0
AGUA + QC / CLAY CHEM CAR	6.0	8.0
AGUA + AMINA MULTICHEM	6.0	8.0

Fuente: RAMIREZ, BURGOS y GOMEZ.

La tabla 27 presenta los resultados de las pruebas de caracterización básicas del fluido de perforación después del proceso de mezclado. Una observación importante durante la preparación de los fluidos es alta producción de espuma (incorporación de aire) cuando se someten a agitación las soluciones de 6 y 8 lpb preparadas con Amina Chemcar (QC CLAY).

Tabla 27. Caracterización de los fluidos con CLAY SEAL PLUS, QC CLAY y Amina MULTICHEM después del proceso de mezclado.

Reología Fann 35	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
600 RPM	67	65	57	57	72	71	73
300 RPM	47	45	40	40	51	50	52
200 RPM	38	36	32	33	42	41	42
100 RPM	26	25	22	23	29	29	30
6 RPM	6	5	5	5	7	6	5
3 RPM	4	4	4	4	5	5	4
Gel 10" (lb/100 ft ²)	4	4	4	4	6	5	5
Gel 10' (lb/100 ft ²)	6	6	6	6	7	6	6
VP (cP)	20	20	17	17	21	21	21
YP (lb/100 ft ²)	27	25	23	23	30	29	31
YS (lb/100 ft ²)	2	3	3	3	3	4	3
Filtrado API (ml)	6,4	6,6	6,6	6,6	6,8	6,8	6,6
pH	10,01	10,0	10,03	10,05	10,0	10,02	10,04
Pf / Mf (ml)	0.41 / 1.39	0.5 / 1.55	0,02 / 1,61	0,02 / 1,8	0,02 / 0,87	0,02 / 0,97	0,07 / 0,4
Cloruros (ppm)	2000	2180	1760	1780	1710	1710	1690
Calcios (ppm)	36	36	64	64	36	36	28
HPHT (ml)	10,4	10,4	10,6	10,4	10,4	10,4	10,4
Mud Weight (ppg)	8.6+	8.6+	8.6+	8.6+	8.6+	8.6+	8,7

Fuente: RAMIREZ, BURGOS y GOMEZ.

De acuerdo a la tabla anterior, se puede observar que la presencia de inhibidores tipo amina produce un leve decremento en las propiedades reológicas, siendo el aditivo Amina MULTICHEM quien presenta los mejores resultados para las pruebas reológicas, seguido del CLAY SEAL PLUS, y por último el QC CLAY para la misma propiedad.

Por otra parte, el CLAY SEAL PLUS exhibe los mejores resultados en términos de filtrado con valores de 6.4 y 6.6 para las dos concentraciones estudiadas, resultados equivalentes a los obtenidos con el lodo preparado con QC CLAY, mientras que el producto Amina MULTICHEM genera un incremento desfavorable hasta un valor de 6.8 ml.

Propiedades como el pH y alcalinidad arrojan resultados similares para todas las formulaciones de fluidos. El análisis químico del filtrado revela que el producto con mayor aporte de iones cloruro es el CLAY SEAL PLUS, mientras que el mayor aportante de iones calcio es el QC CLAY.

En general, se presenta una caracterización del fluido muy pareja para todos los productos, por lo que se decide correr pruebas de rolado a fin de precisar si estas condiciones de similitud persisten luego de someter las muestras a envejecimiento.

La tabla 28 presenta la caracterización de los fluidos posterior al proceso de rolado.

Tabla 28. Caracterización del fluido con CLAY SEAL PLUS, QC CLAY y Amina MULTICHEM después de rolar.

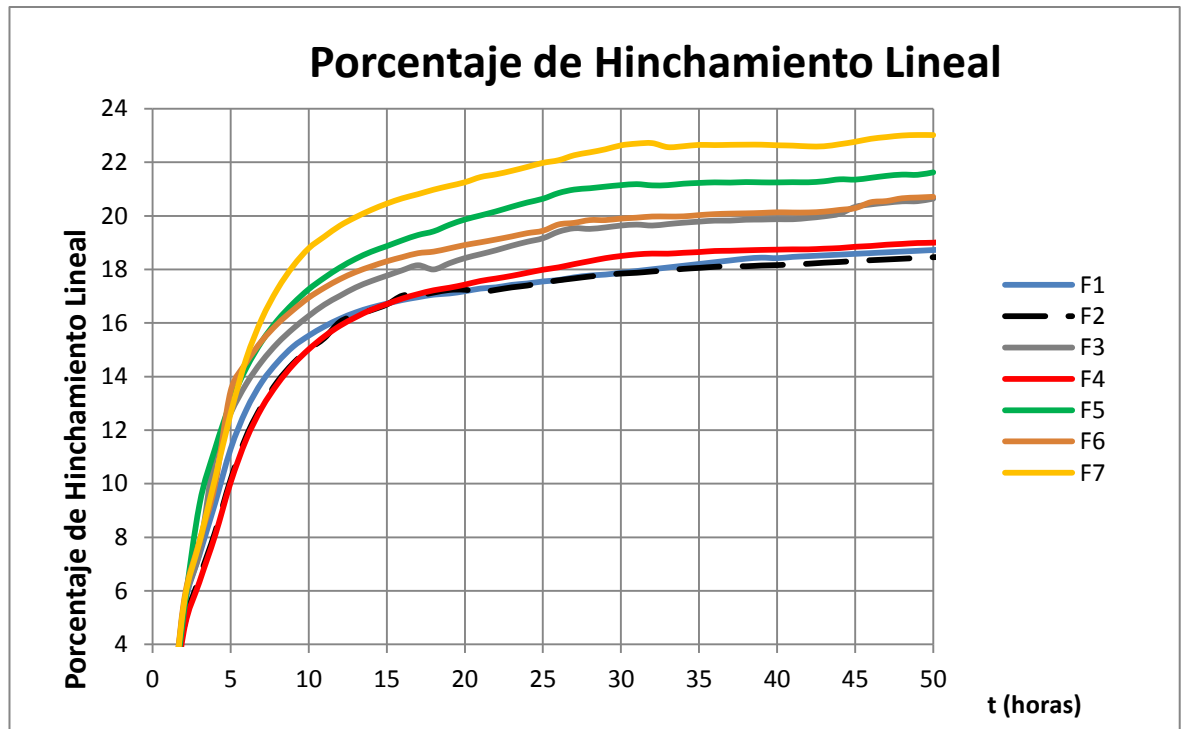
Reología Fann 35	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
600 RPM	69	67	60	59	66	65	74
300 RPM	47	45	41	40	47	46	52
200 RPM	37	36	33	33	38	37	41
100 RPM	26	25	22	22	26	26	28
6 RPM	8	4	4	4	5	4	6
3 RPM	5	3	3	3	4	3	4
Gel 10" (lb/100 ft²)	5	3	4	4	4	3	4
Gel 10' (lb/100 ft²)	6	5	5	5	5	4	5
VP (cP)	22	22	19	19	19	19	22
YP (lb/100 ft²)	25	23	22	21	28	27	30
YS (lb/100 ft²)	2	2	2	2	3	2	2
Filtrado API (ml)	6,0	6,0	6,4	6,2	6,4	6,4	6,2
pH	9,21	9,49	9,06	8,98	9,15	9,18	9,03
Pf / Mf (ml)	0,32 / 1,49	0,32 / 1,6	0,09 / 1,77	0,09 / 1,9	0,03 / 0,61	0,02 / 0,59	0,02 / 0,46
Cloruros (ppm)	2000	2200	1800	1820	1770	1800	1670
Calcios (ppm)	24	24	68	84	44	52	24
HPHT (mL)	10,0	10,2	10,2	10,2	10,2	10,4	10,2

Fuente: RAMIREZ, BURGOS y GOMEZ.

Después de la prueba de rolado se observa que la reología adelgaza notoriamente con el envejecimiento dinámico para la formulación con QC CLAY aunque el efecto de la degradación abarca a todas las formulaciones. Cabe destacar que los valores de geles para ambos sistemas presentaron un comportamiento estable al compararlos antes y después de rolar. El filtrado presenta una leve mejoría para todos los fluidos, mientras que las propiedades químicas no presentan variación producto del envejecimiento.

La gráfica 10 y la tabla 29 presentan los resultados de las pruebas de hinchamiento lineal.

Gráfica 10. Resultados prueba de hinchamiento lineal CLAY SEAL PLUS vs QC CLAY y Amina MULTICHEM.



Fuente: RAMIREZ, BURGOS y GOMEZ.

Tabla 29. Prueba de hinchamiento lineal CLAY SEAL PLUS vs QC CLAY y Amina MULTICHEM.

Porcentaje de Hinchamiento Lineal						
F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
18,78	18,48	20,64	19,13	21,62	20,80	23,02

Fuente: RAMIREZ, BURGOS y GOMEZ.

En base a la información anterior se observa que el mejor resultado es obtenido por las preparaciones que contienen CLAY SEAL PLUS, seguido del sistema mezclado con QC CLAY, siendo la Amina MULTICHEM la que presenta los mayores valores de la prueba de porcentaje de hinchamiento lineal a las dos concentraciones estudiadas.

Asimismo, se observa de la gráfica 10 que a las 40 horas de prueba de LSM se empieza a alcanzar el equilibrio químico en todas las formulaciones.

La prueba de tiempo de succión capilar (CST) mide el tiempo que tarda una determinada cantidad de agua en trasladarse radialmente entre dos electrodos sobre el papel de filtro. Esta prueba mide las propiedades hidratantes y de dispersión de las lutitas por simulación de las fuerzas cortantes y químicas presentes durante la perforación. Para el ensayo se pasan lutitas por una malla, aquellas que son retenidas se mezclan con el agua y el inhibidor a evaluar, adicionando al tubo y esperando el tiempo en que el agua se traslade radialmente entre los dos electrodos.⁵³

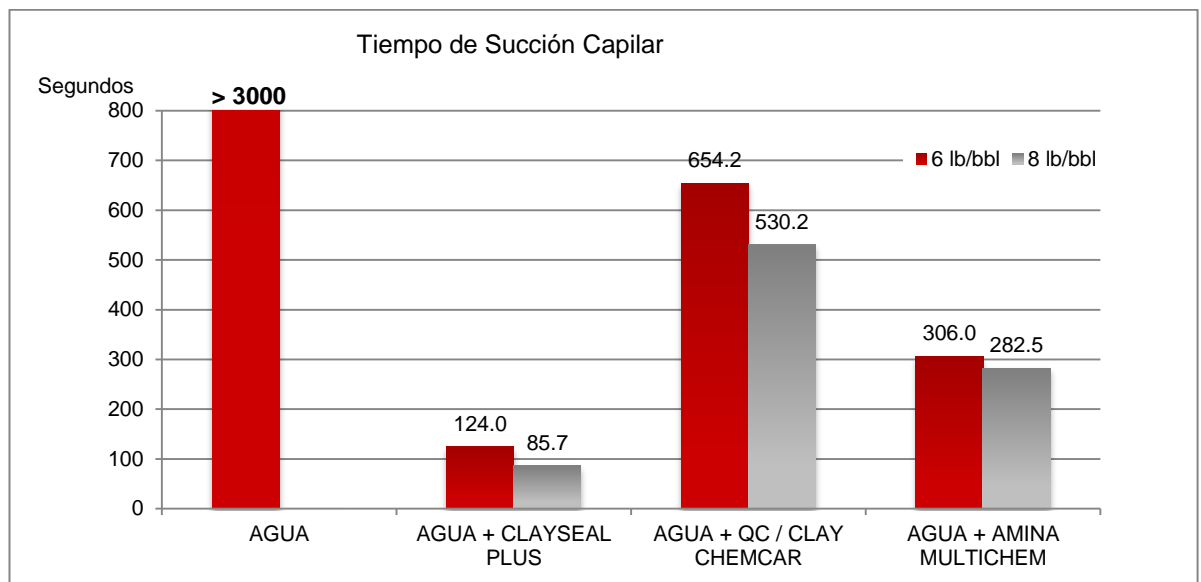
El valor de CST es una indicación de la permeabilidad. Las partículas muy dispersables dan valores de baja permeabilidad del cake y alto CST. Las partículas floculadas dan valores de alta permeabilidad del cake y bajo CST.⁵⁴

⁵³ GARCÍA A.P. *Op Cit.* Página 76.

⁵⁴ Ibid.

La gráfica 11 presenta los resultados de las pruebas CST.

Gráfica 11. Prueba CST de CLAY SEAL PLUS vs QC CLAY y Amina MULTICHEM.



Lecturas tomadas por duplicado, se presenta promedio

Fuente: RAMIREZ, BURGOS y GOMEZ

Los resultados de la prueba de Tiempo de Succión capilar son satisfactorios con los tres productos ensayados ya que las arcillas se inhiben en gran medida. El poder de inhibición del CLAY SEAL PLUS es superior a los otros dos productos, seguido por la Amina MULTICHEM y por último QC / CLAY.

También puede observarse que tanto en la prueba de CST como de LSM se encuentra que los aditivos ensayados no presentan mejora representativa en su capacidad inhibitoria al aumentar su concentración en el lodo. Se obtienen valores similares con 6 y 8 lpb. Esto ocurre debido a que para un tipo determinado de arcilla, la concentración utilizada llega al valor de saturación, no siendo posible presentar cambios más allá de dicho valor.

En resumen, la Amina MULTICHEM presenta efectos favorables en las propiedades reológicas, mientras produce una ligera afectación negativa al filtrado. Para las pruebas de desempeño se obtienen valores comparables para LSM y un resultado destacado en la prueba de CST. Sin embargo, durante la mezcla se observa un incremento de volumen del 42.8% debido a la espuma generada, este aspecto puede ocasionar grandes problemas operacionales que pueden derivar en horas perdidas de trabajo (NPT), por dicha razón se descarta la Amina MULTICHEM como sustituto del CLAY SEAL PLUS, su utilización implicaría un tratamiento adicional para minimizar la generación de espuma.

El sistema preparado con QC CLAY presenta un buen desempeño de LSM, para la prueba de CST presenta unos resultados favorables pero ya se mencionó anteriormente la disminución obtenida en sus propiedades reológicas, por lo que su sustitución implicaría la utilización de mayores concentraciones de productos viscosificantes. De esta forma no es posible determinar la viabilidad completa de la sustitución del CLAY SEAL PLUS mediante el producto QC CLAY.

8. ESTUDIO DEL PORTAFOLIO EN LA ACTUALIDAD.

Una vez realizadas las pruebas y establecidas las conclusiones, se procede a la continuación del proceso de sustitución que abarca pruebas posteriores de calidad y aprobaciones del proveedor por parte de casa matriz en Houston. Sin embargo, aún sin la implementación del estudio, se observan cambios favorables para el tema abarcado en la monografía en lo que tiene que ver con la participación nacional en el suministro de productos químicos para fluidos de

perforación. Esto se debe a grandes factores que impactaron a principios del 2015 con la fuerte caída de los precios del petróleo y el aumento en la tasa de cambio del dólar, que obligaron a la compañía a reducir costos aceleradamente a fin de ofrecer precios competitivos en época de crisis y mantener los contratos.

En la actualidad, el portafolio de productos químicos presenta una distribución de acuerdo a su origen como se presenta en la tabla 30 que aparece a continuación:

Tabla 30. Distribución del portafolio de productos químicos en el primer trimestre de 2015.

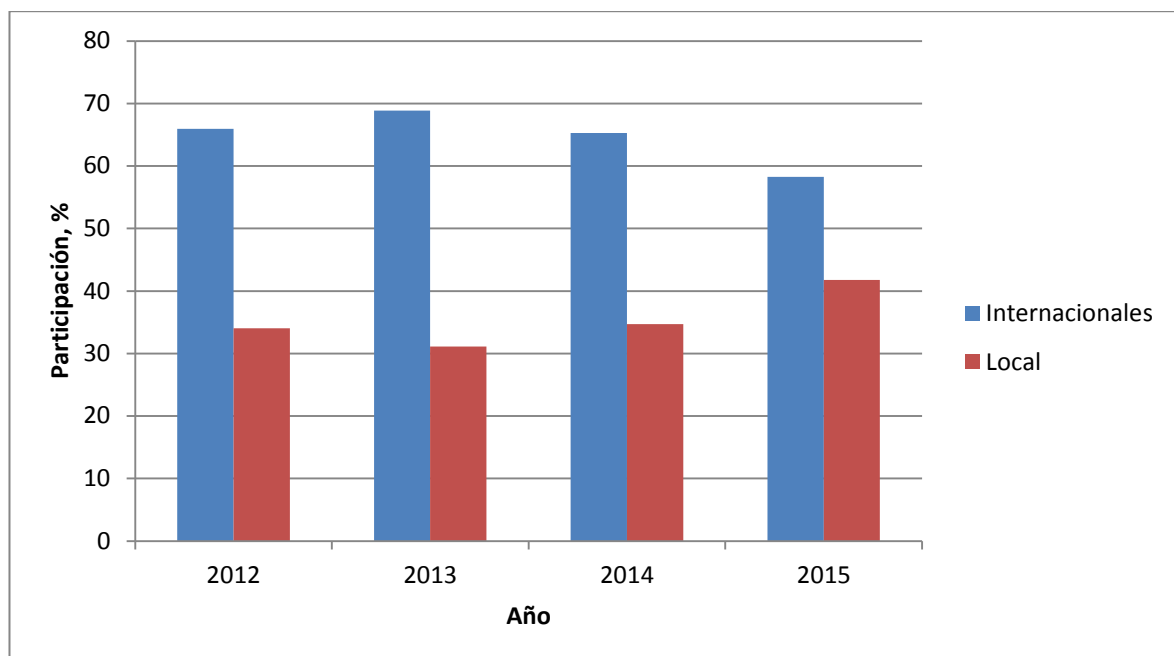
Origen	Número de productos	Porcentaje de participación
Internacionales	60	58,25
Local	43	41

La tabla 31 y la gráfica 12 presentan el resultado de la distribución de los años ya estudiados (2012-2014) en comparación con el primer trimestre de 2015.

Tabla 31. Distribución en porcentaje de participación de los productos químicos del portafolio de Baroid de acuerdo a su origen.

Origen /Año	2012	2013	2014	2015
Internacionales	65.96	68.87	65.28	58.25
Local	34.04	31.13	34.72	41.75

Gráfica 12. Distribución de productos químicos del portafolio de Baroid según su porcentaje de participación de acuerdo a su origen para los años de 2012 a 2015.



En la tabla y gráfica anteriores, se puede observar que la diferencia existente entre los productos de origen local e internacional cambia de un porcentaje promedio entre los años 2012 y 2014 de 66.7 a 58.25 en el año 2015. Es evidente que la tendencia apunta hacia la progresiva disminución de los productos internacionales frente a los de origen local. Esto ocurrió debido a las condiciones de la industria, y la divulgación de este estudio que reveló el potencial de sustitución de los productos acá mencionados, y otros no mencionados, que fueron enviados para utilizar en las operaciones mientras aprobaciones globales, y verificación de desempeño real en campo.

Estos estudios también impulsaron el deseo de optimizar el portafolio internacional, para ello se realizaron pruebas de desempeño entre productos importados utilizados para la misma funcionalidad, dejando sólo aquellos que exhibieran el mejor comportamiento para cada una de las propiedades

deseables en el fluido de perforación. De esta manera, se logró disminuir el número de productos importados, hecho que también favorece el porcentaje de participación de los productos nacionales en la distribución del portafolio.

9. CONCLUSIONES

- Se determinó que entre los años 2012 y 2014 un 66.7% de los productos químicos presentes en el portafolio de Baroid corresponden a productos químicos importados, siendo solo un 33.3% de origen local. La distribución de los productos de origen local está determinada en un 61% por productos commodities, y en un 39% por productos de innovación tecnológica. En contraposición, se encuentra la distribución de los productos internacionales para los que sólo un 1.1% corresponde a commodities, mientras un 98.9% a productos de base tecnológica.
- Se seleccionó los productos AQUAGEL, BARAZAN D PLUS, BAROFIBRE, BAROTROL, BAROLUBE GOLD SEAL, BOREHIB, y CLAY SEAL PLUS como buenos candidatos para posible sustitución por productos nacionales de acuerdo a los criterios establecidos de prioridad en las operaciones, volúmenes de ventas y los precios del producto.
- Se identificó a la goma Xantica de ANDINAS MINERALES como un buen sustituto del BARAZAN D PLUS debido a la similitud en su comportamiento incluso después de someterse a envejecimiento dinámico, mientras se descarta la goma Xantica de TRANSMERQUIM debido a su menor desempeño en las pruebas reológicas.

- Se estableció al producto ENCAPSO como un excelente sustituto para el lubricante BAROLUBE GOLD SEAL debido al efecto positivo que genera sobre propiedades de gran relevancia como viscosidad y filtrado. Asimismo, arrojó un resultado aceptable para las pruebas de lubricidad y presentó una adecuada compatibilidad con los sistemas de fluidos de perforación base agua.

- No se determinó posible sustituto para el BOREHIB debido a que el producto QC CLAY SIL K arrojó problemas en la prueba de dispersión, lo que dificulta la separación de las arcillas del lodo. Por su parte, el QC LAY 55 presentó malos resultados para la prueba de acreción con la formación de aglomerados y alta adherencia lo que aumenta la probabilidad de embolamiento de la broca.

- La Amina MULTICHEM no se sugiere como adecuado sustituto para el CLAY SEAL PLUS pese a obtener buenos resultados en las pruebas de LSM y CST, debido a la aparición considerable de espuma cuando se somete la mezcla a agitación. Asimismo, aunque la Amina de Chemcar (QC CLAY) presenta un buen desempeño en pruebas de inhibición, su afectación a las propiedades reológicas lo descartan como un sustituto equivalente al CLAY SEAL PLUS.

- El estudio de las condiciones actuales del portafolio de Baroid sugieren la tendencia a cambiar la distribución del portafolio de acuerdo al origen de los productos. Los productos nacionales aumentan su participación del 33. 3% a un 41%, hecho que se encuentra favorecido por la iniciativa descrita e impulsada por las condiciones de la industria con bajos precios de crudo y altas tasas cambiarias.

10. RECOMENDACIONES

- Realizar evaluación económica de las sustituciones propuestas para cuantificar la disminución de costos asociada a la implementación de la propuesta.
- Realizar pruebas de optimización de concentraciones, y/o tratamientos adicionales para establecer los requerimientos asociados a la sustitución de productos que no dieron factibilidad en esta monografía debido a bajo rendimiento o modificación de algunas propiedades prioritarias.
- Extender la metodología aplicada para determinación de sustitutos a otros productos no tomados en cuenta, y extender el estudio a otras líneas de servicio como estimulación y cementación.

BIBLIOGRAFIA

ABRAHAM W, The functions of mud fluids used in rotary drilling. En World petroleum congress Paper, 1st World petroleum congress, 18-24 July, London, UK. WPC-1093. 1933.

AMAYA I, RAY C, GOMEZ C.M. Pruebas de laboratorio realizadas en laboratorio Toberin- Baroid. Bogotá. 2014.

ANSI/API RECOMMENDED PRACTICE 13B-1 FOURTH EDITION, MARCH 2009. ISO 10414-1:2008 (Identical), Petroleum and natural gas industries— Field testing of drilling fluids Part 1: Water-based fluids. Páginas: 11,12, 13

BECERRA L, MANTILLA C. Aplicación de una arcilla bentonítica Colombiana con potencial aplicación en la industria del petróleo. Tesis para optar por el título de Ingeniera Metalúrgica. Universidad Industrial de Santander. 2011.

BETONITAS COLOMBIANAS. Aplicaciones- Lodos de perforación. BENTOGEL [En línea], <<http://www.bentocol.com.co/uso-y-aplicaciones/>> [Citado en 30 de junio de 2015].

BROWNING W.C. (Milwhite Mud Sales Company) and PERRICONE A.C. (Milwhite Mud Sales Company). Clay Chemistry and drilling fluids. En American Institute of Mining, Metallurgical, and Petroleum Engineers, Inc,

Drilling and Rock Mechanics Symposium, 23-24 January, Austin, Texas. 1963 1 p.

BURGOS R, SERRANO M. Pruebas de laboratorio realizadas en laboratorio Toberin- Baroid. Bogotá

BURGOS R, URIBE W. Pruebas de laboratorio realizadas en laboratorio Toberin- Baroid. Bogotá.

CAMPETROL, Cámara Colombiana de Bienes y Servicios Petroleros. Balanza Comercial Empresas de BB&SS. 2013. [En línea], <<http://campetrol.org/balanzacomercial/>> [Citado en 30 de agosto de 2014].

DALLEY C, ELLIS B.J, SATCHELL E.A. Drilling. General Reporters' Summary. En World petroleum congress Paper, 1st World petroleum congress, 18-24 July, London, UK. WPC-1086. 1933.

DÉRIBÉRÉ M, ESME A. La bentonita. Las arcillas coloidales y sus usos. Editorial Aguila, 1ra edición. Madrid 1952.

EXPOTECHUSA. E.P. (EXTREMA PRESION) - LUBRICIMETRO OFI PARTE N° 111-00 [En línea] <<http://www.expotechusa.com/catalogs/ofite/instructions/Spanish/111-00.PDF>> [Citado en 03 de julio de 2015].

FANN. Products- Drilling Fluid Testing. Roller. [En línea] <<http://www.fann.com/fann/products/drilling-fluids-testing/aging/df-rollerovens.page>> [Citado en 30 de junio de 2015].

GARCÍA. A. P. Formulación de un fluido para perforar la zona de 8 ½” de los pozos de campo Velázquez. Tesis de grado para optar por el título de ingeniera de petróleos de la Universidad Industrial de Santander. 2008. Página 117.

HALLIBURTON, About Us-Corporate Profile, [En línea], <<http://www.halliburton.com/en-US/about-us/corporate-profile/default.page?node-id=hgeyxt5p>> [Citado en 20 de febrero de 2014].

HALLIBURTON- Baroid. Base de datos de ventas de productos químicos en la línea de Baroid. Bogotá. 2014.

HALLIBURTON- Baroid. Base de datos programas de fluidos de perforación. Bogotá. 2014.

HALLIBURTON- Baroid. Engineering Resource Material. Baroid Fluids Handbook. Version 10-2012.

HALLIBURTON-Baroid. FANN MODEL 35 Fann Standard Procedure.

HALLIBURTON- Baroid. Fichas técnicas de los productos de fluidos de perforación. Bogotá. 2010.

HALLIBURTON- Baroid. Halliburton Management System. WM-GL-HAL-LAB-
TES-014 Linear Swell Meter.

HALLIBURTON- Baroid. High-pressure, high-temperature filter press.
Instruction Manual No. 209486, Revision L.

HALLIBURTON- Baroid. PROCEDIMIENTO GLOBAL. LUBRICIDAD.

HERNÁNDEZ J. Análisis de los fluidos de perforación en la industria petrolera.
Monografía de la universidad Veracruzana. 2010. [En línea]
<http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/32882/1/hernandeztrejo.pdf>>. [Citado
en 27 de junio de 2015].

MALDONADO A.M. Formulación y evaluación de fluidos de perforación de
base agua de alto rendimiento aplicados al campo balcón como sustitutos del
lodo base agua. tesis para optar por el título de ingeniera de petróleos de la
Universidad industrial de Santander. 2006. Página 25.

MI SWACO. Drilling Fluids Engineering Manual. 2001.

MONDELO F.J. Caracterización de bentonitas y zeolitas sin tratamiento como
refuerzo en materiales compuestos de matriz polimérica. En Ingeniería
Mecánica. Volumen. 17. Número 1, enero-abril, 2014, páginas. 57-67.

NUÑEZ A. Recursos Minerales de Colombia. Publicaciones Geológicas de Ingeominas. Ed. Raul Ángulo Carmona, Bogotá, 1978.

OLPHEN H.V. An Introduction to Clay Colloid Chemistry. En Journal of Pharmaceutical Sciences. Volume 53, Issue 2, page 230, February 1964. Interscience Publishers. New York.

PINZON J.A, REQUENA J. Caracterización y estudio reológico de una bentonita colombiana. En Boletín de la sociedad Española de cerámica y vidrio. Volumen 35, Número 5. Páginas 337-344. Septiembre- Octubre 1996.

QUIMINET. Usos y aplicaciones de la goma xantana. [En línea] <<http://www.quiminet.com/articulos/usos-y-aplicaciones-de-la-goma-xantana-61616.htm>> [Citado en 30 de junio de 2015].

RAMIREZ N.T, BURGOS R, GOMEZ C.M. Pruebas de laboratorio realizadas en laboratorio Toberin- Baroid. Bogotá. 2014.

RAMIREZ N.T, RAY C, GOMEZ C.M. Pruebas de laboratorio realizadas en laboratorio Toberin- Baroid. Bogotá. 2014

REINA, MAURICIO. Internacionalización de la economía Colombiana: comercio e inversión, Banco de Desarrollo de America Latina (CAF). 2012. 12 p. [En línea] <<http://www.caf.com/media/378/Comercio Exterior.pdf>> [Citado en 2 de agosto de 2014].

ROBINSON W.W. The application of chemicals to drilling and producing Operations. En Energy API. 40-236 API Conference Paper. The Texas Co. 1940. 1 p.

SAMSURI A, LEYONG K.P, ABDULLAH H. Potential of an Andrassy and Mansuli bentonite as a Drilling Mud Material. En Society of Petroleum Engineers. SPE Asia Pacific Oil and Gas Conference and Exhibition, 9-11 September, Jakarta, Indonesia. 2003.

SUAREZ TRINO. Química industrial y procesos industriales, VI Escuela Venezolana para la Enseñanza de la Química. 2004. 20-22p. [En línea], <<http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/16719/1/procesos.pdf>> [Citado en 29 de agosto de 2014].

UNIVERSIDAD UCESI. Consultorio de comercio exterior. Commodities. [En línea], <<http://www.icesi.edu.co/blogs/icecomex/2008/09/12/commodities/>> [Citado en 15 de abril de 2015].

WILLIAMSON D. Fundamentos de los fluidos de perforación. En Oilfield Review Primavera 2013, 25, No.1. [En línea], <http://www.slb.com/~media/Files/resources/oilfield_review/spanish13/spr13/defining_fluids.pdf> [Citado en 28 de marzo de 2015].

ZHANG D, NIU Y, LIU JIDE. Application of Drilling Fluid chemicals in China. En Society of petroleum engineers, SPE International Symposium on Oilfield Chemistry, 13-16 February, Houston, Texas. SPE- 65384-MS. 2001.

ANEXOS

ANEXO A

			Número de unidades vendidas/ año					Promedios mensuales / año			
Material	Origen	Material Description	2012	2013	2014	2015	Gran total	2012	2013	2014	2015
200585	Intl	AQUAGEL GOLDSEAL - 50 LB BAG	1725	1134	235	0	3094	287,50	94,50	19,58	0,00
201060	Intl	AQUAGEL - 50 LB BAG	13281	17084	20657	4577	55599,	2213,5	1423,6	1721,4	1525,6
201067	Intl	CARBONOX - 50 LB BAG	783	1187	1328	781	4079	130,50	98,92	110,67	260,33
201096	Intl	WALL-NUT MEDIUM - 50 LB BAG	3390	3731	3826	904	11851	565,00	310,92	318,83	301,33
201106	Intl	DEXTRID - 50 LB BAG	2229	1050	1233	0	4512	371,50	87,50	102,75	0,00
201112	Intl	N-DRIL HT PLUS - 50 LB BAG	6777	3087	12067	2035	23966	1129,50	257,25	1005,58	678,33
201117	Intl	NO BLOK C - 55 GAL DRUM	18,5	34,46	80,46	6,1	139,52	3,08	2,87	6,71	2,03
201120	Intl	KWIK SEAL COARSE - 40 LB BAG	1717	1554	922	78		286,17	129,50	76,83	26,00
201121	Intl	KWIK SEAL FINE - 40 LB BAG	2931	2495	1435	31	6892	488,50	207,92	119,58	10,33
201126	Intl	DEXTRID LT - 50 LB BAG	0	1594	665	194	2453	0,00	132,83	55,42	64,67
201148	Intl	BLACK MAGIC (SFT) - 55 LB BAG	257	330	1577	241	2405	42,83	27,50	131,42	80,33
201206	Intl	AKTAFLO-S - 55 GAL DRUM	56	57	28	12	153	9,33	4,75	2,33	4,00
201211	Intl	DRILTREAT - 55 GAL DRUM	118	341	9	0	468	19,67	28,42	0,75	0,00
201224	Intl	EP MUDLUBE - 55 GAL DRUM	8	0	0	0	8	1,33	0,00	0,00	0,00
201248	Intl	KWIK SEAL MEDIUM - 40 LB BAG	2568	1827	961	127	5483	428,00	152,25	80,08	42,33
201253	Intl	CLAYSEAL PLUS - 55 GAL DRUM	108	16	0	0	124	18,00	1,33	0,00	0,00
201272	Intl	EZ MUL NT - 55 GAL DRUM	208	721	15	0	944	34,67	60,08	1,25	0,00
201285	Intl	LUBRA-BEADS FINE - 40 LB CAN	174	1339	537	40	2090	29,00	111,58	44,75	13,33
201291	Intl	GELTONE II - 50 LB BAG	2599	7788,6	523,6	15,5	10926,7	433,17	649,05	43,63	5,17
201297	Intl	BARACOR 100 - 55 GAL DRUM	124,73	66,41	109,89	27,2	328,23	20,79	5,53	9,16	9,07
201300	Intl	BARAVIS - 50 LB BAG	188	192	119	0	499	31,33	16,00	9,92	0,00
201316	Intl	DURATONE HT - 50 LB BAG	1150	3945	50	0	5145	191,67	328,75	4,17	0,00
201318	Intl	PAC-L - 50 LB BAG	6651	6827	0	0	13478	1108,50	568,92	0,00	0,00
201319	Intl	PAC-R - 50 LB BAG	3711	3236	339	131	7417	618,50	269,67	28,25	43,67
201325	Intl	BARARESIN VIS - 40 LB DRUM	140	422	0	0	562	23,33	35,17	0,00	0,00
201329	Intl	CLAYSEAL - 55 GAL DRUM	15	132	11	2	160	2,50	11,00	0,92	0,67
201330	Intl	CLAYSEAL - 275 GAL DRUM	166,53	50,868	8	0	225,398	27,76	4,24	0,67	0,00
201392	Intl	BARABLOK - 50 LB BAG	356	49	0	0	405	59,33	4,08	0,00	0,00
201397	Intl	EZ SPOT - 55 GAL DRUM	9	17	0	3	29	1,50	1,42	0,00	1,00
201432	Intl	STICK-LESS 20 - 50 LB CAN	525	414	427	176	1542	87,50	34,50	35,58	58,67
201447	Intl	BARACOR 95 - 55 GAL DRUM	12	37	147	20	216	2,00	3,08	12,25	6,67
201478	Intl	X-TEND II - 2 LB BAG	1428	2994	2363	169	6954	238,00	249,50	196,92	56,33
201483	Intl	BARASCAV L - 55 GAL DRUM	22	9	12	0	43	3,67	0,75	1,00	0,00

201484	Intl	BARAFILM - 55 GAL DRUM	1	0	0	0	1	0,17	0,00	0,00	0,00
201502	Intl	BAROFIBRE COARSE - 40 LB BAG	4659,32	3266	2287	432	10644,3	776,55	272,17	190,58	144,00
201516	Intl	RM-63 - 55 GAL DRUM	37	76	8	0	121	6,17	6,33	0,67	0,00
201563	Intl	ENVIRO-THIN - 50 LB BAG	606	427	310	0	1343	101,00	35,58	25,83	0,00
201583	Intl	ALDACIDE G - 5 GAL CAN	323	356	1	7	687	53,83	29,67	0,08	2,33
201584	Intl	ALDACIDE G - 55 GAL DRUM	40,51	4,77	0	0	45,28	6,75	0,40	0,00	0,00
201585	Intl	BARABLOK 400 - 50 LB BAG	0	1500	0	0	1500	0,00	125,00	0,00	0,00
201591	Intl	OMC 2 - 5 GAL CAN	75	256	2	0	333	12,50	21,33	0,17	0,00
201600	Intl	BAROFIBRE - 25 LB BAG	12282,4	20085,8	14843	5331	52542,2	2047,07	1673,82	1236,92	1777,00
201615	Intl	BARAKLEAN FL - 55 GAL DRUM	115	145	81	5	346	19,17	12,08	6,75	1,67
201616	Intl	BARAZAN D - 25 LB BAG	630	24	32	0	686	105,00	2,00	2,67	0,00
201625	Intl	GEM CP - 275 GAL IBC	27	0	0	0	27	4,50	0,00	0,00	0,00
201664	Intl	XLR-RATE - 55 GAL DRUM	20	249	717	266	1252	3,33	20,75	59,75	88,67
201666	Intl	BARO-TROL PLUS - 50 LB BAG	5090	250	0	0	5340	848,33	20,83	0,00	0,00
201681	Intl	BARAZAN D PLUS - 25 LB BAG	1754,34	1813,66	99	2	3669	292,39	151,14	8,25	0,67
201689	Intl	CARTRIDGE 2 MIC ABS40 - EA	592	1840	1824	128	4384	98,67	153,33	152,00	42,67
201711	Intl	CARTRIDGE 5 MIC ABS 40 - EA	640	1552	2144	128	4464	106,67	129,33	178,67	42,67
201743	Intl	N-SQUEEZE - 25 LB BAG	121	1310	379	400	2210	20,17	109,17	31,58	133,33
201744	Intl	N-PLEX - 5 GAL CAN	30	148	35	44	257	5,00	12,33	2,92	14,67
201779	Intl	SWEEP-WATE - 50 LB BAG	1445	64	46	445	2000	240,83	5,33	3,83	148,33
201793	Intl	POLYAC PLUS - 50 LB BAG	3519	6136	3849	1004	14508	586,50	511,33	320,75	334,67
201805	Intl	BARASCRUB - 55 GAL DRUM	0	29	0	0	29	0,00	2,42	0,00	0,00
202004	Intl	FACTANT - 55 GAL DRUM	0	0	11	0	11	0,00	0,00	0,92	0,00
202483	Intl	SCR V30 SC G API 40 (40)	0	8	1	0	9	0,00	0,67	0,08	0,00
202484	Intl	SCR V30 SC G API 45 (52)	7	0	-2	0	5	1,17	0,00	-0,17	0,00
202533	Intl	SCR ATL-MTL-TM API 60 - EA	42	4	6	0	52	7,00	0,33	0,50	0,00
202534	Intl	SCR ATL-MTL-TM API 80 - EA	2	2	6	0	10	0,33	0,17	0,50	0,00
202535	Intl	SCR ATL-MTL-TM API 100 - EA	10	10	14	0	34	1,67	0,83	1,17	0,00
202536	Intl	SCR ATL-MTL-TM API 120 - EA	39	0	0	0	39	6,50	0,00	0,00	0,00
202559	Intl	SCR V30-MTL-TM API 50 - EA	8	24	11	0	43	1,33	2,00	0,92	0,00
212591	Intl	POTASSIUM CHLORIDE - 50 KG BAG	8904	4743	8690	1248	23585	1484,00	395,25	724,17	416,00
212625	Intl	BARAZAN D PLUS - 25 KG BAG	6033,31	14061,9	14648,4	4868	39611,6	1005,55	1171,82	1220,70	1622,67
217224	Intl	BAROLIFT - 15 LB BOX	37	12	0	0	49	6,17	1,00	0,00	0,00
230106	Intl	CLAY GRABBER - 5 GAL CAN	2806	6695	9230	1680	20411	467,67	557,92	769,17	560,00
375983	Intl	BARATHIN-PLUS - 25 LB BAG	105	0	0	0	105	17,50	0,00	0,00	0,00
376873	Intl	BORE-PLUS - 50 LB BAG	4792	6548	3684	713	15737	798,67	545,67	307,00	237,67
380292	Intl	BDF-341 - 25 KG BAG	6936	594	0	28	7558	1156,00	49,50	0,00	9,33
387821	Intl	BARAKLEAN FL - 275 GAL IBC	1	0	0	0	1	0,17	0,00	0,00	0,00
388827	Intl	ADAPTA - 25 KG BAG	788	1911	159	862	3720	131,33	159,25	13,25	287,33
389372	Intl	SCR SMG-MTL-TM API 100 - EA	30	6	24	0	60	5,00	0,50	2,00	0,00
393473	Intl	BARO-LUBE GOLD SEAL - 275 GAL IBC	740,5	969,22	544,08	133,2	2387	123,42	80,77	45,34	44,40
442357	Intl	BORE-HIB - 55 GAL DRUM	1011,5	956,7	23	45	2036,2	168,58	79,73	1,92	15,00
456369	Intl	CMO 568 - 1100 KG IBC	6,496	8,625	0	0	15,121	1,08	0,72	0,00	0,00

465881	Intl	CLAYSEAL PLUS - 275 GAL TOTE	416,311	596,51	1119,56	210,088	2342,47	69,39	49,71	93,30	70,03
495527	Intl	SCR ATL-MTL-TM API 170	36	3	1	0	40	6,00	0,25	0,08	0,00
500917	Intl	SCR V30-MTL-TM API 80	11	15	34	0	60	1,83	1,25	2,83	0,00
500918	Intl	SCR V30-MTL-TM API 100	40	26	38	0	104	6,67	2,17	3,17	0,00
500919	Intl	SCR V30-MTL-TM API 120	1	34	15	0	50	0,17	2,83	1,25	0,00
500931	Intl	SCR V30-MTL-TM API 60	9	24	10	0	43	1,50	2,00	0,83	0,00
516771	Intl	SCR ATL MTL TM API 200 - EA	31	4	0	0	35	5,17	0,33	0,00	0,00
101252963	Intl	BARA-DEFOAM W300 - 5 GAL CAN	281	323	200	79	883	46,83	26,92	16,67	26,33
101271191	Intl	BAROFIBRE SUPERFINE - 25 LB BAG	0	300	340	0	640	0,00	25,00	28,33	0,00
101439822	Intl	Chem-Losurf-300M, 53 gal drum	238	1059	2288,5	55	3640,5	39,67	88,25	190,71	18,33
101514103	Intl	Chem, GasPerm 1000, 5 Gal Pail	697	1414	2562	278	4951	116,17	117,83	213,50	92,67
101594099	Intl	BORE-VIS II - 50 LB BAG	3110	8410	4084	619	16223	518,33	700,83	340,33	206,33
101609394	Intl	STEELSEAL 50 - 50 LB BAG	6523	11170	1832	247	19772	1087,17	930,83	152,67	82,33
101618888	Intl	STEELSEAL 100 - 50 LB BAG	5336	7194	1996	132	14658	889,33	599,50	166,33	44,00
101618889	Intl	STEELSEAL 400 - 50 LB BAG	2447	3758	1239	103	7547	407,83	313,17	103,25	34,33
101622474	Intl	N-VIS HI PLUS - 25 LB BAG	0	84	0	0	84	0,00	7,00	0,00	0,00
101649544	Intl	STEELSEAL 1000 - 50 LB BAG	819	932	488	0	2239	136,50	77,67	40,67	0,00
101653642	Intl	TORQ-TRIM II - 275 GAL DRUM	7,6	0,4	0	0	8	1,27	0,03	0,00	0,00
101656213	Intl	N-FLOW 325 - 210 KG DRUM	58	160,5	124	9	351,5	9,67	13,38	10,33	3,00
101663876	Intl	EZ GLIDE - 275 GAL TOTE TANK	0,004	1,007	0	0	1,011	0,00	0,08	0,00	0,00
101707590	Intl	BARAKLEAN DUAL - 200 LITER DRUM	106	138	58	10	312	17,67	11,50	4,83	3,33
102112376	Intl	BDF-599 - 50 LB BAG	690	3552	675	301	5218	115,00	296,00	56,25	100,33
102128429	Intl	CFS-581 - 210 KG DRUM	0	4	1	0	5	0,00	0,33	0,08	0,00
102134541	Intl	BARO-TROL - 25 KG BAG	1585	27797	12180	2747	44309	264,17	2316,42	1015,00	915,67
102190948	Intl	CHEM,BARACOR 100 - 5 GALLON CAN	150	615	194	0	959	25,00	51,25	16,17	0,00
102235421	Intl	BORE HIB - 1000 LITER IBC	0	282895	316406	49765	649066	0,00	23574,58	26367,17	16588,33
202481	Intl	SCR V30 SC G API 20 (20)	0	9	14	0	23	0,00	0,75	1,17	0,00
101704321	Intl	DUO-SQUEEZE R - 50 LB BAG	0	60	0	0	60	0,00	5,00	0,00	0,00
200586	Intl	AQUAGEL GOLDSEAL - 100 LB BAG	0	160	180	0	340	0,00	13,33	15,00	0,00
377938	Intl	ENCORE BASE - 42 GAL BBL	0	0,357	7923,55	6932	14855,9	0,00	0,03	660,30	2310,67
500920	Intl	SCR V30-MTL-TM API 140	0	10	0	0	10	0,00	0,83	0,00	0,00
201692	Intl	CARTRIDGE 10 MIC ABS40 - EA	0	256	416	0	672	0,00	21,33	34,67	0,00
101274302	Intl	EZ GLIDE - 55 GAL DRM	0	4	0	0	4	0,00	0,33	0,00	0,00
456126	Intl	FW 60 D.E. - 50 LB BAG	0	26	4	0	30	0,00	2,17	0,33	0,00
782757	Intl	BARABLOK 400 NA - 25 KG BAG	0	240	608	32	880	0,00	20,00	50,67	10,67
389373	Intl	SCR SMG-MTL-TM API 120 - EA	0	6	12	0	18	0,00	0,50	1,00	0,00
212356	Intl	DIAMOND SEAL - 25 KG BAG	0	0	19	0	19	0,00	0,00	1,58	0,00
785527	Intl	PAC-L - 50 LB BAG	0	0	1659	632	2291	0,00	0,00	138,25	210,67
202480	Intl	SCR V30 SC G API 10 (10)	0	0	5	0	5	0,00	0,00	0,42	0,00
202482	Intl	SCR V30 SC G API 30 (30)	0	0	30	0	30	0,00	0,00	2,50	0,00
785390	Intl	PAC - 50 LB Bag	0	0	2046	1343	3389	0,00	0,00	170,50	447,67
102070323	Intl	CRUDE BARITE MEXICO - TON	0	0	716,507	0	716,507	0,00	0,00	59,71	0,00
201142	Intl	N-SEAL - 30 LB BAG	0	0	115	0	115	0,00	0,00	9,58	0,00

202577	Intl	SCR N28 MTL TM API 100 - EA	0	0	4	0	4	0,00	0,00	0,33	0,00
201733	Intl	LE SUPERMUL - 55 GAL DRUM	0	0	0	372	372	0,00	0,00	0,00	124,00
202038	Intl	TEMPERUS - 55 GAL DRUM	0	0	0	40	40	0,00	0,00	0,00	13,33
101289483	Intl	RHEMOD L - 55 GAL DRM	0	0	0	67	67	0,00	0,00	0,00	22,33
101609569	Intl	TAU-MOD - 50 LB BAG	0	0	0	960	960	0,00	0,00	0,00	320,00
201073	Local	BARITE (FG) - 100 LB BAG	416876	539107	359384	82283	1397650	69479,33	44925,58	29948,67	27427,67
201385	Local	MICA MEDIUM - 50 LB BAG	19	88	99	0	206	3,17	7,33	8,25	0,00
201430	Local	SOLTEX - 50 LB BAG	287	313	0	0	600	47,83	26,08	0,00	0,00
201433	Local	MICA COARSE - 50 LB BAG	447	256	549	50	1302	74,50	21,33	45,75	16,67
201435	Local	MICA FINE - 50 LB BAG	407	293	200	0	900	67,83	24,42	16,67	0,00
201455	Local	THERMA-THIN - 5 GAL CAN	1670	1592	2469	385	6116	278,33	132,67	205,75	128,33
201597	Local	FILTER-CHEK - 50 LB BAG	13070	26922	28047	6012	74051	2178,33	2243,50	2337,25	2004,00
210715	Local	ALUMINUM SULPHATE - 25 KG BAG	766	1973	1615	186	4540	127,67	164,42	134,58	62,00
210760	Local	BICARBONATE OF SODA - 25 KG BAG	588	924	446	98	2056	98,00	77,00	37,17	32,67
210789	Local	CAUSTIC SODA - 25 KG BAG	3673	4572	5090	1156	14491	612,17	381,00	424,17	385,33
210795	Local	CITRIC ACID - 25 KG BAG	78	84	15	39	216	13,00	7,00	1,25	13,00
210835	Local	GUAR GUM - 25 KG BAG	40	34	49	18	141	6,67	2,83	4,08	6,00
210842	Local	HM001747BA.HOT LIME - 25 KG BAG	18028	72492	58720	9360	158600	3004,67	6041,00	4893,33	3120,00
210870	Local	LIME - 25 KG BAG	4798	14034	5774	1623	26229	799,67	1169,50	481,17	541,00
210899	Local	POTASSIUM HYDROXIDE - 25 KG BAG	25	1	0	120	146	4,17	0,08	0,00	40,00
212131	Local	BENTONITE - 50 KG BAG	4	0	0	0	4	0,67	0,00	0,00	0,00
212157	Local	POTASSIUM ACETATE - 25 KG BAG	800	0	0	0	800	133,33	0,00	0,00	0,00
212602	Local	SODIUM FORMATE - 25 KG BAG	15375,3	17991	42504	10826	86696,3	2562,56	1499,25	3542,00	3608,67
212687	Local	ZINC OXIDE - 25 KG BAG	13	2	4	0	19	2,17	0,17	0,33	0,00
212946	Local	GILSONITE - 50 LB BAG	0	55	45	0	100	0,00	4,58	3,75	0,00
213009	Local	ALUMINUM STEARATE - 20 KG BAG	29	37	35	9	110	4,83	3,08	2,92	3,00
213087	Local	XANTHAN GUM - 25 KG BAG	1630,81	748,418	663,753	1180	4222,98	271,80	62,37	55,31	393,33
213211	Local	ORGANPHILIC CLAY - 50 LB BAG	238	0	0	0	238	39,67	0,00	0,00	0,00
213930	Local	DRILL STARCH - 50 LB BAG	400	954	308	75	1737	66,67	79,50	25,67	25,00
213999	Local	ZZZCITRIC ACID - 55 LB BAG	1	0	0	0	1	0,17	0,00	0,00	0,00
214069	Local	CALCIUM CHLORIDE PEL - 55 LB BAG	762	3265	929	9521	14477	127,00	272,08	77,42	3173,67
214079	Local	RICE HULLS - EA	60	18	30	0	108	10,00	1,50	2,50	0,00
216545	Local	EZ-MUD DP - 25 KG BAG	32	-28	54	0	58	5,33	-2,33	4,50	0,00
379243	Local	PHPA LIQUID - 5 GAL CAN	48	0	0	0	48	8,00	0,00	0,00	0,00
380406	Local	GLUTARALDEHYDE - BIOCID - 5 GAL CAN	4293	6812,2	9584	2100	22789,2	715,50	567,68	798,67	700,00
380412	Local	GLYCOL - 55 GAL DRUM	36	0	14	0	50	6,00	0,00	1,17	0,00
429689	Local	CALCIUM CARB. MIX/10-40 - 40 KG	3363,2	6376	275	315	10329,2	560,53	531,33	22,92	105,00
429690	Local	CALCIUM CARB. MIX/40-100 - 40 KG	2530	9913	800,8	-20	13223,8	421,67	826,08	66,73	-6,67
100001579	Local	CHEM-MUSOL® SOLVENT - DRUM	2277	14654	15054	1176	33161	379,50	1221,17	1254,50	392,00
101473988	Local	CHEM, CORROSION INHIB, CRO27014, 55 GAL	880	715	936	54	2585	146,67	59,58	78,00	18,00
101586585	Local	PAXCEL HV - 50 LB BAG	1274	4469	6902	1619	14264	212,33	372,42	575,17	539,67
101586587	Local	PAXCEL LV - 50 LB BAG	3744	6771	14459	2289	27263	624,00	564,25	1204,92	763,00

101653649	Local	DEFLOCCULANT POLYMERIC - 5 GAL CAN	133	25	0	0	158	22,17	2,08	0,00	0,00
101676446	Local	CYFLOC 1143 FLOCCULANT - 25 KG BAG	26	150	49	0	225	4,33	12,50	4,08	0,00
101689415	Local	BARACARB-DF 600 - 50 KG BAG	8350	9633	11229	2901	32113	1391,67	802,75	935,75	967,00
101689422	Local	BARACARB-DF 150 - 50 KG BAG	25151	25771	23604	5392	79918	4191,83	2147,58	1967,00	1797,33
101689883	Local	BARACARB-DF 50 - 50 KG BAG	54970	81588	89132	17022	242712	9161,67	6799,00	7427,67	5674,00
101689894	Local	BARACARB-DF 25 - 50 KG BAG	52496,8	86231	99363	21908	259999	8749,47	7185,92	8280,25	7302,67
101731173	Local	CALCIUM HYPOCHLORITE - 45 KG CAN	52	157	95	10,5	314,5	8,67	13,08	7,92	3,50
101731174	Local	ACETIC ACID - 25 KG CAN	1123	2603	2047	270	6043	187,17	216,92	170,58	90,00
101731175	Local	POLYMER IMF HIGH FLOC 6000-25 KG BAG	-41	506	145	114	724	-6,83	42,17	12,08	38,00
101731221	Local	POLYMER IMF HIGH FLOC 3000 -25 KG BAG	-49	362	103	51	467	-8,17	30,17	8,58	17,00
101731222	Local	LIPESA AC003 - 25 KG BAG	1279	3842	3045	494	8660	213,17	320,17	253,75	164,67
101900122	Local	BARACARB-DF 5 - 50 KG BAG	10017	29091	24916	7549	71573	1669,50	2424,25	2076,33	2516,33
102019752	Local	GRAPHITE FINE - 50 LB BAG	5000	4791	4054	1741	15586	833,33	399,25	337,83	580,33
102026987	Local	SHALE STABILIZER - 240 KG DRUM	14	48	4	14	80	2,33	4,00	0,33	4,67
213502	Local	CELLULOSE FIBER - 25 LB BAG	0	2751	2792	1076	6619	0,00	229,25	232,67	358,67
213374	Local	SODA ASH - 50 KG BAG	0	30	0	0	30	0,00	2,50	0,00	0,00
214065	Local	SODIUM CHLORIDE- 25 KG BAG	0	10	366	65720	66096	0,00	0,83	30,50	21906,67
212577	Local	MAGNESIUM OXIDE - 25 KG BAG	0	0	200	0	200	0,00	0,00	16,67	0,00
210902	Local	POTASSIUM FORMATE - M3 TOTE	0	0	265	18	283	0,00	0,00	22,08	6,00
890638	Local	MAGNAFLOC LT 20 - 25 KG BAG	0	0	15	39	54	0,00	0,00	1,25	13,00
912239	Local	OCHS-C-02 - 25 KG BAG	0	0	39	37	76	0,00	0,00	3,25	12,33
212166	Local	POLYANIONIC CELL LV - 25 KG BAG	0	0	87	63	150	0,00	0,00	7,25	21,00

Fuente: HALLIBURTON- Baroid.

ANEXO B

HALLIBURTON | Baroid

AQUAGEL®

Viscosifier

Product Data Sheet

Product Description

AQUAGEL® viscosifier is a treated premium grade Bentonite. AQUAGEL viscosifier is finely ground to aid in dispersion and meets API specifications 13A, section 9 requirements. This product can provide viscosity and gelling characteristics to most water-based drilling fluids and also helps reduce fluid loss and filtrate seepage into the formation.

Applications / Functions

- Viscosify anionic water-based drilling fluids
- Can reduce water seepage or filtration into permeable formations
- Can form a thin filter cake with low permeability
- Can promote hole stability in poorly consolidated formations

Advantages

- Helps provide suspension for fluids weighted with barite or hematite
- Helps improve hole-cleaning capacity of drilling fluids
- Meets or exceeds API manufacturing standards (Section 9, Bentonite)
- Is environmentally responsible
- Can be added directly to fresh water or fresh water drilling fluids

Typical Properties

• Appearance	Variable-colored powder
• Bulk density, compacted	73 lb/ft ³
• Bulk density, uncompacted	50 lb/ft ³
• Bulk density, compacted	1169 kg/m ³
• Bulk density, uncompacted	800 kg/m ³

Recommended Treatment

1. Add AQUAGEL viscosifier in concentrations of 0-25 lb/bbl (0-70 kg/m³) to any active system.
2. Mix slowly through a jet mixer or sift slowly into the vortex of a high-speed stirrer.

Note: For optimum yield, AQUAGEL viscosifier should be prehydrated in fresh water when the fluid's chlorides exceed 8000 ppm.

Packaging

AQUAGEL viscosifier is available in 50-lb (22.7-kg) and 100-lb (45.4-kg) sacks.

www.halliburton.com/baroid

Because the conditions of use of this product are beyond the seller's control, the product is sold without warranty either express or implied and upon condition that purchaser make its own test to determine the suitability for purchaser's application. Purchaser assumes all risk of use and handling of this product. This product will be replaced if defective in manufacture or packaging or if damaged. Except for such replacement, seller is not liable for any damages caused by this product or its use. The statements and recommendations made herein are believed to be accurate. No guarantee of their accuracy is made, however.

AQUAGEL is a registered trademark of Halliburton © 2010 Halliburton All Rights Reserved

Fuente: HALLIBURTON- Baroid.

ANEXO C

HALLIBURTON | Baroid

BARAZAN® D PLUS

Viscosifier

Product Data Sheet

Product Description

BARAZAN® D PLUS viscosifier is premium quality, powdered Xanthan gum polymer that is used to viscosify fresh water, seawater and monovalent brines. BARAZAN D PLUS viscosifier is treated with a dispersant to promote the yield with reduced amounts of shear for improved mixing properties. BARAZAN D PLUS viscosifier has higher yield specifications and develops more viscosity / suspension than equivalent concentrations of BARAZAN® or BARAZAN® D viscosifiers. BARAZAN D PLUS viscosifier can be used up to 250°F (121°C).

Applications / Functions

- Viscosify fresh water and brine-based fluids used in drilling, milling, underreaming, and gravel packing operations
- Suspend bridging agents and weighting materials in fresh water and the brine systems described above

Advantages

- Helps disperse easily in fresh water or brine with shear
- Helps provide thixotropic properties and non-Newtonian flow characteristics over a wide salinity range at low concentrations
- Helps provide excellent suspension without the need for clays
- Helps minimize the potential for formation damage
- Stable to 250°F (121°C)

Typical Properties

• Appearance	Yellow to white powder
• pH, (1% aqueous solution)	6.3
• Specific gravity	1.6

Recommended Treatment

Mix 0.1-2 lb/bbl (0.3-5.7 kg/m³) of BARAZAN D PLUS viscosifier, or as needed to obtain the desired viscosity and suspension characteristics.

Caution: Loss of viscosity and possible polymer precipitation can occur when used in a high pH and high calcium ion environment.

Packaging

BARAZAN D PLUS viscosifier is packaged in 25-lb (11.3-kg) and 55.1-lb (25-kg) sacks.

www.halliburton.com/baroid

Because the conditions of use of this product are beyond the seller's control, the product is sold without warranty either express or implied and upon condition that purchaser make its own test to determine the suitability for purchaser's application. Purchaser assumes all risk of use and handling of this product. This product will be replaced if defective in manufacture or packaging or if damaged. Except for such replacement, seller is not liable for any damages caused by this product or its use. The statements and recommendations made herein are believed to be accurate. No guarantee of their accuracy is made, however.

BARAZAN is a registered trademarks of Halliburton © 2010 Halliburton All Rights Reserved

Fuente: HALLIBURTON- Baroid.

ANEXO D

HALLIBURTON | Baroid

BAROFIBRE® O

Lost Circulation Material

Product Data Sheet

Product Description

BAROFIBRE® O lost circulation material is a natural cellulose material with an oil that renders it hydrophobic, or conversely, oleophobic. Initially touted for the ability to be used in an oil base drilling fluids without increasing emulsifier demand or decreasing the electrical stability, it has been determined to be equally effective in a water base fluids. One significant aspect is the ability it exhibits to plug a wide range of pore sizes, with effective results on 10, 25, 35 and 190 micron ceramic disks in a PPA test at 1000 psi differential pressure. It is provided in three particle size ranges, F, M and L.

Applications / Functions

- Helps reduce wallcake permeability and seepage loss
- Helps seal and bridge sands and microfractures
- May lubricate the wellbore by creating a more lubricious filter cake

Advantages

- Has minimal adverse effects on rheological properties of the drilling fluids
- Compatible with most water-based and oil-based muds
- Will not plug drilling equipment
- Biodegradable and nontoxic
- Has no adverse effects on rheological and filtration control properties of the drilling fluids

Typical Properties

• Appearance	Appearance Reddish dark brown to black powdered fibers
• Bulk density	23 lb/ft ³
• pH, (1% solution)	4.9
• D50, (+/- microns)	80 microns

Recommended Treatment

1. As a preventive treatment, add 2-15 lb/bbl (5.7-58.0 kg/m³).
2. As a lost circulation remediation treatment, add 20-50 lb/bbl (77.3-193.3 kg/m³).

Note: Water-based fluids treated with BAROFIBRE O lost circulation material should be supplemented with a biocide such as ALDACIDE® G biocide to control potential bacterial contamination. Sweeps could help reduce torque and drag.

Packaging

BAROFIBRE O lost circulation material is packaged in 25-lb (11.3-kg) sacks.

www.halliburton.com/baroid

Because the conditions of use of this product are beyond the seller's control, the product is sold without warranty either express or implied and upon condition that purchaser make its own test to determine the suitability for purchaser's application. Purchaser assumes all risk of use and handling of this product. This product will be replaced if defective in manufacture or packaging or if damaged. Except for such replacement, seller is not liable for any damages caused by this product or its use. The statements and recommendations made herein are believed to be accurate. No guarantee of their accuracy is made, however.

BAROFIBRE and ALDACIDE are registered trademarks of Halliburton. © 2010 Halliburton. All Rights Reserved.

Fuente: HALLIBURTON- Baroid.

ANEXO E

HALLIBURTON | Baroid

BARO-TROL® PLUS

Shale Stabilizer

Product Data Sheet

Product Description

BARO-TROL® PLUS shale stabilizer is used in water based fluids where it functions as a shale stabilizer, cuttings dispersion inhibitor and contributes to high temperature fluid loss control. BARO-TROL PLUS shale stabilizer compares well with sulfonated asphalt products. It is stable to many normal drilling fluid contaminants, operates at a broad pH range and is suitable for use up to 400°F (204°C). BARO-TROL PLUS shale stabilizer helps to form a thin yet tough wall cake, the small particles can effectively plug micro-fractures and shale pores.

Applications / Functions

- Stabilize shale
- Reduce high temperature fluid loss

Advantages

- Helps inhibit cuttings dispersion
- Exhibits temperature stability up to 400°F (204°C)
- Helps form a thin, tough wall cake
- Helps provide lubricity
- Can be used in most mud formulations
- Readily disperses in water and oil fluids

Typical Properties

- | | |
|--------------------|--------------|
| • Appearance | Black powder |
| • Specific gravity | 1.4 |

Recommended Treatment

Add 2-6 lb/bbl (5.7-17 kg/m³) of BARO-TROL PLUS shale stabilizer

Packaging

BARO-TROL PLUS shale stabilizer is packaged in 50-lb (22.7-kg) sacks.

www.halliburton.com/baroid

Because the conditions of use of this product are beyond the seller's control, the product is sold without warranty either express or implied and upon condition that purchaser make its own test to determine the suitability for purchaser's application. Purchaser assumes all risk of use and handling of this product. This product will be replaced if defective in manufacture or packaging or if damaged. Except for such replacement, seller is not liable for any damages caused by this product or its use. The statements and recommendations made herein are believed to be accurate. No guarantee of their accuracy is made, however.

BARO-TROL is a registered trademark of Halliburton © 2010 Halliburton All Rights Reserved

320010

Fuente: HALLIBURTON- Baroid.

ANEXO F

HALLIBURTON | Baroid

BARO-LUBE GOLD SEAL™

Lubricant

Product Data Sheet

Product Description

BARO-LUBE GOLD SEAL™ lubricant is a blend of surfactants and lubricants specifically formulated to be an effective alternative to oil-based lubricants where environmental constraints preclude the use of hydrocarbon-based additives. This concentrated blend of lubricity additives can provide optimal extreme pressure (metal-to-metal) and borehole (metal-to-formation) lubricity without having a negative affect on the drilling fluid properties. BARO-LUBE GOLD SEAL lubricant is water soluble, does not form a sheen and is biodegradable. Caution should be observed when using this product in drilling fluids containing high concentrations of divalent cations, e.g. Calcium, and well temperatures of near 300°F (149°C) because soaping out of this product could take place.

Applications / Functions

- BARO-LUBE GOLD SEAL lubricant can be used to reduce torque and drag and sticking shale problems.

Advantages

- Is completely water soluble
- Does not form a sheen
- Is nonpolluting and biodegradable

Typical Properties

• Appearance	Clear amber liquid
• Flash point	>200°F (93°C)
• Specific gravity	0.94
• Solubility	Water soluble

Recommended Treatment

BARO-LUBE GOLD SEAL lubricant is a concentrated product; add 2-5% by volume. 2% is recommended for all but the most severe cases.

Note: Heavily weighted drilling fluids may require slightly higher concentrations.

Packaging

BARO-LUBE GOLD SEAL lubricant is packaged in 1-gal (3.8-l), 5-g (18.9-l), 55-gal (208-l) drums and in bulk.

www.halliburton.com/baroid

Because the conditions of use of this product are beyond the seller's control, the product is sold without warranty either express or implied and upon condition that purchaser make its own test to determine the suitability for purchaser's application. Purchaser assumes all risk of use and handling of this product. This product will be replaced if defective in manufacture or packaging or if damaged. Except for such replacement, seller is not liable for any damages caused by this product or its use. The statements and recommendations made herein are believed to be accurate. No guarantee of their accuracy is made, however.

BARO-LUBE GOLD SEAL is a trademark of Halliburton © 2010 Halliburton All Rights Reserved

Fuente: HALLIBURTON- Baroid.

ANEXO G

HALLIBURTON | Baroid

BORE-HIB®

Shale Stabilizer

Product Data Sheet

Product Description

BORE-HIB® shale stabilizer is a liquid blend that can provide inhibition and stabilization of highly reactive clays. It helps to seal pores and micro-fractures in the formation, reduce bit-balling and accretion tendencies, and reduce corrosion. BORE-HIB shale stabilizer has no hydrocarbons or synthetic oils and can be used in applications up to 325°F (163°C). BORE-HIB shale stabilizer is incompatible with divalent ions. If used with sea water, hardness should be treated out prior product addition or dilution.

Applications / Functions

- Used in water-based fluid to help provide inhibition and stabilization of highly reactive clay and shale formations
- Helps seal pores and microfractures in the formation
- Helps reduce bit-balling and accretion tendencies
- Helps increase mud lubricity

Advantages

- System can provide clay stabilization performance similar to oil-based mud inhibition in a water-based fluid
- No hydrocarbons or synthetic oils
- Can be used in applications up to 325°F (163°C)

Typical Properties

• Appearance	Dark yellow liquid
• Specific Gravity	1.36
• pH	11.9

Recommended Treatment

Add 1.0 - 4.0% by volume of BORE-HIB shale stabilizer per finished barrel of fluid.

Control LGS <7% v/v. Can be used in seawater, fresh water, or monovalent brines. BORE-HIB shale stabilizer can be added while drilling highly reactive clays and stopped while drilling sand packages. BORE-HIB shale stabilizer can be depleted when drilling anhydrite, green cement, or calcium chloride, or when exposed to H₂S or CO₂.

Packaging

BORE-HIB shale stabilizer is packaged in 5-gal (18.9-l), 55-gal (208-l) drums and in bulk.

www.halliburton.com/baroid

Because the conditions of use of this product are beyond the seller's control, the product is sold without warranty either express or implied and upon condition that purchaser make its own test to determine the suitability for purchaser's application. Purchaser assumes all risk of use and handling of this product. This product will be replaced if defective in manufacture or packaging or if damaged. Except for such replacement, seller is not liable for any damages caused by this product or its use. The statements and recommendations made herein are believed to be accurate. No guarantee of their accuracy is made, however.

BORE-HIB is a registered trademark of Halliburton. © 2010 Halliburton All Rights Reserved

3/25/2010

Fuente: HALLIBURTON- Baroid.

ANEXO H

HALLIBURTON

Baroid

CLAYSEAL® PLUS

Shale Stabilizer

Product Data Sheet

Product Description

CLAYSEAL® PLUS shale stabilizer is used to inhibit hydration of reactive clays and shale formations. It is effective in most water based drilling fluids from fresh water to high salinity brines and is suitable for use up to 400°F (204°C). CLAYSEAL PLUS shale stabilizer functions best at a pH range from 7 to 10, but is also effective in lime based fluids. CLAYSEAL PLUS shale stabilizer helps reduce the potential for bit balling and improves drill solids removal. When used with CLAYSEAL PLUS shale stabilizer, clay based viscosifiers should be prehydrated before addition to the active fluid system.

Applications / Functions

- CLAYSEAL PLUS shale stabilizer can be used to inhibit clay and shale hydration

Advantages

- Helps reduce the potential for bit balling
- Helps improve drill solids removal
- Effective in fresh water, sea water, salt water, lime, and low solids systems
- Is completely water soluble

Typical Properties

• Appearance	Transparent yellow liquid
• Flash point, >	200°F
• Flash point, >	93°C
• pH	6 to 8
• Specific gravity	1.04

Recommended Treatment

Add 4-7 lb/bbl (11.4-20 kg/m³) of CLAYSEAL PLUS shale stabilizer.

Notes:

- For best results, a minimum of 4 lb/bbl (11.4 kg/m³) of CLAYSEAL PLUS shale stabilizer is required
- Prehydrate all AQUAGEL® additions for viscosity and fluid loss before adding to system
- Initial treatments in nondispersed systems may cause slight flocculation and may require a thinner

Packaging

CLAYSEAL PLUS shale stabilizer is packaged in 5-gal (18.9-l) pails containing 41-lb (18.6-kg) net weight and in 55-gal (208-l) drums containing 459-lb (208-kg) net weight.

www.halliburton.com/baroid

Because the conditions of use of this product are beyond the seller's control, the product is sold without warranty either express or implied and upon condition that purchaser make its own test to determine the suitability for purchaser's application. Purchaser assumes all risk of use and handling of this product. This product will be replaced if defective in manufacture or packaging or if damaged. Except for such replacement, seller is not liable for any damages caused by this product or its use. The statements and recommendations made herein are believed to be accurate. No guarantee of their accuracy is made, however.

CLAYSEAL and AQUAGEL are registered trademarks of Halliburton © 2010 Halliburton All Rights Reserved

3/25/2010

Fuente: HALLIBURTON- Baroid.

ANEXO I

Concentración Recomendada de Productos Sección 8 ½"

Sistema POLIMERO

El sistema de lodos para esta fase se mezcla en agua fresca utilizando los siguientes materiales para un barril de volumen final, esta formulación se basó en los resultados de laboratorio realizados para el proyecto Moriche informe No. R314042.

Sistema (POLIMERO)

Producto	Descripción	Concentración, lpb
PAX CEL LV	Celulosa polianionica de baja viscosidad.	1.0 -1.5
PAX CEL HV	Celulosa polianionica de alta peso molecular	0.5 – 1.0
BARAZAN D PLUS	Goma de Xantham	0.5 - 0.7
CLAYSEAL PLUS	Inhibidor de arcillas	3.0 – 3.5
SODA CAUSTICA	Soda Caustica	0.3 – 0.5
Carbonato de Calcio 25/50	Carbonato de Calcio	10 – 15

Concentración Recomendada de Productos Sección 6 1/8"



Sistema POLIMERO

El sistema de lodos para esta fase se mezcla en agua fresca utilizando los siguientes materiales para un barril de volumen final, esta formulación se basó en los resultados de laboratorio realizados para el proyecto Moriche informe No. R314042.

Producto	Descripción	Concentración, lpb
PAX CEL LV	Celulosa polianionica de baja viscosidad	1.0 – 1.5
PAX CEL HV	Celulosa polianionica de alto peso molecular	1.0 – 1.5
BARAZAN D PLUS	Viscosificante	0.5 – 1.0
CALYSEAL PLUS	Inhibidor de arcilla	3.0 – 3.5
SODA CAUSTICA	Soda Caustica	0.1 – 0.3
Glutaraldehido	Bactericida	0.5
Carbonato de Calcio 25/50	Carbonato de Calcio	10 – 15

Fuente: HALLIBURTON- Baroid.

ANEXO J

	MANSAROVAR ENERGY COLOMBIA Pozo MORICHE AN-08 Campo Moriche Colombia, Boyaca	 Mansarovar Energy Colombia Ltd.	Version:
---	---	---	----------

3. PROPIEDADES DE LOS FLUIDOS PROPUESTOS

3.1. Sección 12 ¼"

SPUD MUD: 0' – 200'							
Propiedad	Unidades	Min	Max	Propiedad	Unidades	Min	Max
Densidad	ppg	8.6	9.1	Arena	%		1.0
Funnel Viscosity	sec/qt	45	60	LGS(% by Vol)	%		6.0
Viscosidad Plástica	cp	10	15	MBT	ppb eq.		17.5
Yield Point	lbf/100_ft2	15	22	pH		8.7	9.0
Yield Stress	lbf/100_ft2			API Filtrate	ml/30min		
Gel 10/10/30		N.P	N.P				

3.2. Sección 8.5"

POLIMERO: 200' – 1,268'							
Propiedad	Unidades	Min	Max	Propiedad	Unidades	Min	Max
Densidad	ppg	8.8	9.2	Arena	%		0.5
Funnel Viscosity	sec/qt	45	55	LGS(% by Vol)	%	0	7
Viscosidad Plástica	cp	10	18	MBT	ppb eq.		17.5
Yield Point	lbf/100_ft2	17	21	pH		9	10.0
Yield Stress	lbf/100_ft2			API Filtrate	ml/30min		7.5
Gel 10/10/30			10/16/20				

3.3. Sección 6 1/8"

POLIMERO: 1,268' – 1,591'							
Propiedad	Unidades	Min	Max	Propiedad	Unidades	Min	Max
Densidad	ppg	9.0	9.3	Arena	%		0.5
Funnel Viscosity	sec/qt	45	55	LGS(% by Vol)	%	0	6
Viscosidad Plástica	cp	10	18	MBT	ppb eq.		15.0
Yield Point	lbf/100_ft2	15	20	pH		9.0	10.0
Yield Stress	lbf/100_ft2			API Filtrate	ml/30min		4.5
Gel 10/10/30			10/16/20				

Fuente: HALLIBURTON- Baroid.