



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

**“Aplicación de la Cascarilla de Palma Africana como Aditivo  
para Lodos de Perforación en el Control del Filtrado y  
Viscosidad en un Pozo Petrolero”**

**TESIS DE GRADO**

Previa a la Obtención del Título de:

**INGENIERO DE PETROLEO**

**PRESENTADA POR:**

Miguel Angel Proaño Zambrano

**Guayaquil - Ecuador**

**2013**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

**“APLICACIÓN DE LA CASCARILLA DE PALMA AFRICANA COMO  
ADITIVO PARA LODOS DE PERFORACION EN EL CONTROL DEL  
FILTRADO Y VISCOSIDAD EN UN POZO PETROLERO”**

**TESIS DE GRADO**

Previa a la obtención del título de:

**INGENIERO DE PETRÓLEO**

Presentada por:

**MIGUEL ANGEL PROAÑO ZAMBRANO**

Guayaquil – Ecuador

2013

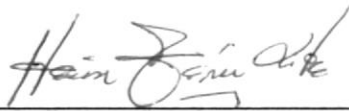
## DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a mi madre Felipa Zambrano Sánchez y a mi padre Norberto Proaño Moya, como fruto a nuestra dedicación, ya que estuvieron junto a mí durante toda esta etapa de vida académica y que gracias a ellos he podido cumplir con éxito esta meta

## **DEDICATORIA**

Este trabajo se lo dedico a mi madre Felipa Zambrano Sánchez y a mi padre Norberto Proaño Moya, como fruto a nuestra dedicación, ya que estuvieron junto a mí durante toda esta etapa de vida académica y que gracias a ellos he podido cumplir con éxito esta meta

## TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



---

**DECANO**

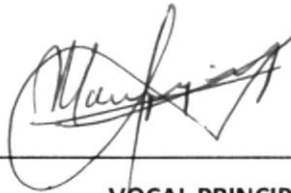
**Ing. Heinz Terán Mite**



---

**DIRECTOR**

**Ing. Daniel Tapia Falconí**



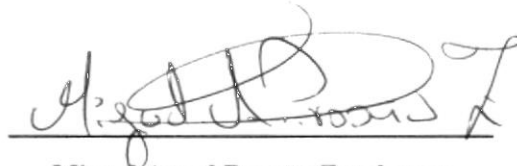
---

**VOCAL PRINCIPAL**

**Ing. Mario Gonzalez**

## DECLARACIÓN EXPRESA

La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la Escuela Superior Politécnica del Litoral.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Miguel Ángel Proaño Zambrano', written over a horizontal line.

**Miguel Ángel Proaño Zambrano**

## RESUMEN

Esta tesis tiene como objetivo estudiar experimentalmente el comportamiento de la cascarilla de palma africana pulverizada y su alta concentración en taninos. Como un **agente reductor de filtración y viscosidad** en lodos de perforación, preparados en el laboratorio.

Se hace una revisión de la literatura existente y de los trabajos realizados hasta el momento, sobre el tanino y su aplicación en los lodos de perforación.

Se expresan ciertas consideraciones teóricas, referentes a descripción, composición química, clasificación y estado natural del tanino.

Además se hace referencia a conceptos tales como filtración, viscosidad y agentes de control de estas propiedades.

Luego se procede a realizar las pruebas de laboratorio que incluyen una descripción de las muestras utilizadas, el procedimiento experimental seguido y la discusión de los resultados obtenidos a través de las pruebas efectuadas.

Para realizar las pruebas correspondientes se utilizó la cascarilla de palma africana pulverizada y tamizada, se determinó las diferentes concentraciones a ser aplicadas junto con la arcilla según su rendimiento.

Se concluyó que resulta económicamente rentable la aplicación de este producto como aditivo en el lodo de perforación además de la contribución al sostenimiento ambiental.

## INDICE GENERAL

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN.....	IV
RESUMEN.....	I
ABREVIATURAS.....	V
INDICE DE FIGURAS.....	VI
<b>INDICE DE TABLAS.....</b>	<b>VI</b>
INDICE DE GRAFICOS.....	VI
INDICE DE FOTOS.....	VII
CAPITULO I.....	2
REVISION DE LITERATURA.....	2
1.1 ANTECEDENTES.....	2
1.2 EFECTOS DEL TANINO EN LAS PROPIEDADES DEL LODO.....	5
DESCRIPCION.....	5
1.2.1 COMPOSICIÓN QUIMICA.....	6
1.2.2 CLASIFICACION.....	6
<b>1.3 LA PALMA AFRICANA EN EL ECUADOR.....</b>	<b>10</b>
<b>1.3.1 TEMPORADA DE PRODUCCION.....</b>	<b>11</b>
<b>1.3.2 PRODUCCION A NIVEL MUNDIAL.....</b>	<b>12</b>
<b>1.3.3 DESCRIPCION DEL PROCESO DE EXTRACCION DEL ACEITE DE PALMA.....</b>	<b>13</b>
CAPITULO II.....	14
PROBLEMA.....	14
2.1 FILTRACION Y VISCOSIDAD.....	14
2.1.1 FILTRACION.....	14
2.1.2 FACTORES QUE AFECTAN LA FILTRACIÓN.....	15
2.1.3 VISCOSIDAD.....	16
2.2 AGENTES VISCOSIFICANTES.....	18

2.2.1	BENTONITA .....	19
2.2.2	ATTAPULGITA.....	19
2.2.3	ASBESTO .....	19
2.3	POLÍMEROS .....	19
2.3.1	CELULOSA POLIANIONICA .....	20
2.3.2	CARBOXIMETILCELULOSA (CMC).....	20
2.3.3	CELULOSA CARBOXIMETIL DE SODIO.....	20
2.3.4	GOMA GUAR.....	21
2.3.5	GOMA XANTHAN.....	21
2.3.6	POLIACRILAMIDAS .....	22
2.3.7	POLIACRILATOS .....	22
2.4	Clasificación De Polímeros De Acuerdo A Su Origen .....	22
2.4.1	Polímeros Naturales .....	22
2.4.2	POLÍMEROS SINTÉTICOS.....	23
2.5	EFFECTOS DEL PH SOBRE LA VISCOSIDAD.....	24
2.6	AGENTES DE CONTROL DE FILTRADO.....	28
2.6.1	ARCILLAS.....	28
2.6.2	DISPERSANTES QUÍMICOS.....	29
2.6.3	ALMIDONES.....	29
2.7	<b>USO DE ALMIDONES EN FLUIDOS DE PERFORACIÓN .....</b>	<b>30</b>
CAPITULO III.....		33
METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION .....		33
PRUEBAS DE LABORATORIO.....		33
3.1	Muestras .....	33
3.1.1	EQUIPOS UTILIZADOS.....	34
3.2	Procedimiento experimental.....	34
3.3	Resultados .....	36

CAPITULO IV ..... 49

DISCUSION DE RESULTADOS ..... 49

    4.1 Estudio comparativo entre los aditivos convencionales y la cascarilla de palma africana..... 49

    4.2 Análisis económico comparativo ..... 54

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... 56

    Conclusiones..... 56

    Recomendación..... 57

    Bibliografía..... 58

    Anexos..... 59

## ABREVIATURAS

Cp:	Centipoise
D:	Densidad
Di:	Diámetro interno
h:	Espesor de pago de la formación
Kh:	Permeabilidad horizontal
Kv:	Permeabilidad vertical
ml:	Mililitro
K':	Índice de consistencia
n':	Comportamiento de flujo
Sr:	Velocidad de corte
L:	Litro
Lb:	Libra
mg:	Miligramo
min:	Minuto
MWD:	Measure While Drilling
NRe:	Numero de Reynolds
VA:	Viscosidad aparente
Vp:	Viscosidad plástica
Yp:	Punto cedente
Ø:	Porosidad
Pr:	Presión del yacimiento
Psi:	Libras por pulgada cuadrada

## INDICE DE FIGURAS

Fig. # 1	Composición química del tanino .....	6
Fig. # 2	Palma africana en el Ecuador .....	10
Fig. # 3	Temporada de producción.....	11
Fig. # 4	Pega diferencial .....	27

## INDICE DE TABLAS

Tabla # 1	Estado natural del tanino .....	9
Tabla # 2	Producción de aceite de palma en el mundo.....	12
Tabla # 3	Agentes comerciales de control de filtrado .....	32
Tabla # 4	Tabla referencial sin aditivos.....	36
Tabla # 5	Filtración.....	37
Tabla # 6	Viscosidad plástica.....	39
Tabla # 7	Ph.....	41
Tabla # 8	Viscosidad aparente .....	42
Tabla # 9	Espesor... ..	44
Tabla # 10	Peso .....	46
Tabla # 11	Punto cedente.....	48
Tabla #12	Costos.....	54

## INDICE DE GRAFICOS

Grafico A	Rendimiento de arcilla utilizado en pruebas .....	36
Grafico # 1	Filtración vs concentración.....	37
Grafico # 2	Viscosidad plástica vs concentración.....	39
Grafico # 3	Ph vs concentración.....	41
Grafico # 4	Viscosidad aparente vs concentración .....	42
Grafico # 5	Espesor vs concentración.....	44

Grafico # 6	Peso vs concentración .....	46
Grafico #7	Punto cedente vs concentración.....	48

## INDICE DE FOTOS

Foto # 1	Filtrado con CMC .....	37
Foto # 2	Filtrado con BDF-341 .....	37
Foto # 3	Filtrado con Cascarilla .....	37
Foto # 1.1	Filtrado con CMC .....	38
Foto # 2.2	Filtrado con BDF-341.....	38
Foto # 3.3	Filtrado con Cascarilla.....	38
Foto # 4	Viscosímetro.....	39
Foto # 4.1	Determinación de la Viscosidad plástica.....	40
Foto # 5	Determinación del Ph .....	41
Foto # 6	Viscosímetro.....	42
Foto # 6.1	Determinación de la Viscosidad aparente .....	43
Foto # 7	Costra con CMC .....	44
Foto # 8	Costra con BDF-341 .....	44
Foto # 9	Costra con cascarilla .....	44
Foto # 10	Costra de la bentonita .....	45
Foto # 11	Costra con CMC .....	45
Foto # 12	Costra con BDF-341.....	45
Foto # 13	Costra con cascarilla.....	45
Foto # 14	Balanza de lodos.....	46
Foto # 15	25 Kg de CMC .....	55
Foto # 16	25 Kg de BDF-341.....	55
Foto # 17	Muestra de cascarilla .....	55

## INTRODUCCION

La perforación de pozos ha evolucionado de manera vertiginosa en el desarrollo tecnológico de los equipos utilizados para perforar y en los fluidos que usamos para hacer esta actividad posible de acuerdo con la profundidad proyectada del pozo, las formaciones que se van a atravesar y las condiciones propias del subsuelo.

Actualmente se busca la optimización de los lodos, sin importar su base o características iniciales, el proceso de optimización consta de un objetivo general claramente identificable: reducción de costos, esta se puede conseguir de distintas maneras, pero para efecto de esta tesis solo se tendrá en cuenta, el uso de un nuevo producto de origen natural que es de amplia producción en el territorio nacional y evita la contaminación del medio ambiente.

Por consiguiente, la factibilidad del uso de la cascarilla de palma africana como aditivo para lodos de perforación, representaría una reducción de costos que beneficia principalmente a las empresas prestadoras de servicios de perforación ya que pueden redirigir el excedente de presupuesto a desarrollar nuevas tecnologías o nuevos productos que realimentan el proceso, a su vez generando estabilidad económica frente al escenario financiero. Esta tesis, además de beneficiar a los cultivadores de la palma africana, también pretende beneficiar al medio ambiente, porque la cascarilla es biodegradable, teniendo en cuenta que la industria petrolera aporta gran parte de la contaminación industrial que ha desencadenado procesos como el efecto invernadero que amenaza la estabilidad del ecosistema de manera progresiva.

La razón de esta tesis de grado es crear conciencia tanto en la industria como en la población universitaria y dar a conocer la importancia de usar recursos naturales de una manera eficiente e inteligente para poder disminuir los efectos negativos de la industria sobre el entorno natural; además de servir como punto de partida para otros proyectos concernientes a esta área de la ingeniería de petróleos y en general a todas las industrias que lleguen a estar relacionadas.

## CAPITULO I

### REVISION DE LITERATURA

#### 1.1 ANTECEDENTES

En 1965 A.J.Enriquez y colaboradores realizaron un estudio del mangle, como aditivo en los lodos de perforación.

Utilizaron muestras de mangle las mismas que fueron sometidas a procesos de extracción y calentamiento. El proceso utilizado era rudimentario, razón por la cual se perdía los compuestos tánicos.

Luego de efectuar un análisis químico del mangle y del quebracho dio como resultado que el mangle poseía 11.30 % de taninos y el quebracho 20.6 % de compuestos tánicos.

Concluyeron los autores que el quebracho da mejores resultados que el mangle debido a su mayor porcentaje de taninos.

La recomendación final fue de modernizar el proceso de extracción del extracto de mangle para aumentar de esta manera el porcentaje de taninos y así mismo utilizar el mangle como un agente reductor de viscosidad.

En 1966 Elvin Lugo y Norberto Gonzales continuaron el trabajo anterior pero con la diferencia de que ahora la extracción de los productos tánicos presentes en la corteza del mangle se lo hacía por un proceso mecánico, es decir triturar y moler la corteza, para luego pasarla por diferentes tamices.

Se realizó un análisis químico con el objeto de determinar el porcentaje presente de tanino en la muestra.

Concluyeron que el mangle es necesario someterlo a tratamiento químico para aumentar su porcentaje de taninos y por lo tanto aumentar su eficiencia como adelgazador.

Así mismo, el mangle puede ser utilizado como un agente adelgazador en lodos base agua dulce, ajustando el pH entre 10,5 y 1.5.

En 1967, Manuel López y Silvio Ludovich presentaron la posibilidad de aumentar el porcentaje de taninos en el extracto de mangle, tratando de aislar las sustancias que en nada influyen en el lodo de perforación.

Para lo cual calentaron agua de polvo con mangle durante una hora y luego lo hicieron pasar a través del filtro prensa.

Estos autores concluyeron que el quebracho presenta mejores condiciones como adelgazador que el mangle, por su mayor contenido de taninos; por lo que recomiendan obtener un mayor tiempo de calentamiento de la solución.

En 1975 Roberto Franco Escalante en su trabajo, obtiene la muestra de mangle en polvo luego de un proceso de triturar moler y tamizar el polvo del mangle Ecuatoriano.

Preparo el lodo con diversos porcentajes de arcillas, haciendo variar la cantidad del mangle en polvo a ser añadido al lodo.

Concluyo que al aumentar la concentración del mangle disminuye la pérdida del filtrado para cualquier porcentaje de arcilla utilizado, es decir, el mangle tiene condiciones para ser considerado como un agente reductor de viscosidad y filtración debiendo en el futuro utilizar arcillas de mejor calidad y cortezas de mangle con mayor concentración de taninos pues se utiliza una concentración del 24% de productos tánicos en el estudio.

En 1985 Xavier Vargas, en su trabajo de grado, utilizó dos clases de muestras polvo y tinta de mangle.

Para la obtención del polvo procedió a cortar la corteza del mangle en pedazos luego fue secada durante 24 horas, a una temperatura de  $110\text{C}^{\circ}$  en un horno eléctrico, eliminando así la humedad.

Posteriormente trituró esta corteza en un molino eléctrico de discos y luego tamizó la muestra hasta obtener el polvo de mangle.

Primeramente colocó el mangle ya triturado en un depósito especial de doble fondo, se hace pasar vapor de agua a una temperatura de  $80\text{C}^{\circ}$  y se obtiene un filtrado con determinada concentración de tanino, en el fondo del depósito. La concentración de la tinta está dada en grados Beaume. Para la muestra utilizada la concentración fue de  $8^{\circ}$  Beaume.

Vargas concluyó que el polvo de mangle es un agente reductor para el control del filtrado pero la tinta de mangle es un mayor agente reductor del filtrado.

En el 2010 Adrián Camilo Fajardo y Carlos Rodríguez, en su trabajo utilizaron el almidón de plátano como aditivo para el control del filtrado. Adquirieron el fruto le extrajeron la pulpa sin que esta haga contacto con el oxígeno para evitar la oxidación de la misma, procedieron a molerla hasta obtener el almidón más fino.

Posteriormente este almidón fue secado, operación en la cual se deshidrató el producto mediante exposición al calor (sol), para facilitar el secado hay que desmenuzar el almidón y colocarlo sobre polietileno para facilitar su secado. Luego de su secado se lo tamiza (50, 100, 150 mesh) hasta obtener un polvo muy fino.

El control de filtrado proporcionado por el almidón de plátano se basa en el proceso de pre gelatinización donde se liberan las cadenas de amilosa las cuales se retrogradan.

Durante este proceso las cadenas de amilosa se hinchan al absorber el agua libre en el sistema, es uno de los ítems necesarios para la reducción de la cantidad de filtrado.

Además las moléculas de amilosa retrogradadas al estar agrupadas pueden formar puentes moleculares que taponen tanto las retortas formadas por los sistemas bentonita – agua como las micro fracturas en las formaciones por donde se puede perder una considerable cantidad de lodo.

Adrián y Carlos concluyen que el almidón de plátano es factible de usar como agente para el control de filtrado en lodos contaminados por CAL.

## 1.2 EFECTOS DEL TANINO EN LAS PROPIEDADES DEL LODO

### DESCRIPCION

El término **tanino** fue originalmente utilizado para describir ciertas sustancias orgánicas que servían para convertir a las pieles crudas de animales en cuero, proceso conocido en inglés como *tanning* ("curtido" en español). Se extraen de las plantas con agua o con una mezcla de agua y alcohol, que luego se decanta y se deja evaporar a baja temperatura hasta obtener el producto final. Los taninos tienen un ligero olor característico, sabor amargo y astringente, y su color va desde el amarillo hasta el castaño oscuro.

Abundan en las cortezas de los robles (donde están especialmente concentrados en las agallas) y los castaños, entre otros árboles.

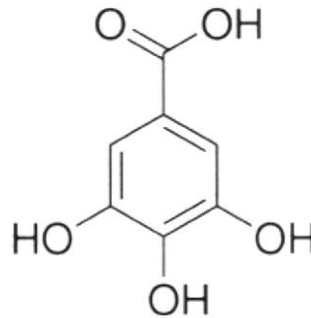
Los taninos presentan estructura polifenólica, peso molecular entre 500 y 3000; son solubles en agua, alcohol y acetona, poco solubles en éter. Poseen sabor astringente y tienen la capacidad de curtir la piel.

Son comunes en Coniferae, Ericaceae, Leguminoceae, Myrtaceae, Poligonaceae, Rosaceae y Rubiaceae, principalmente.

Se pueden encontrar en todos los órganos de las plantas que los contienen. A los taninos condensados se les han atribuido propiedades similares a los flavonoides, disminuyendo la fragilidad y permeabilidad capilar, propiedades astringentes, antisépticas, antibacterianas y antifúngicas.

### 1.2.1 COMPOSICIÓN QUÍMICA

La fórmula  $C_{14}H_{14}O_{11}$ , considerada en algunos libros como la del *tanino común*, es sólo aproximada, ya que son polímeros complejos. Hay dos categorías de taninos, clasificados basándose en su vía de biosíntesis y sus propiedades químicas: los taninos condensados y los taninos hidrolizables.



Composición química del tanino

Fig. 1

### 1.2.2 CLASIFICACION

Hasta el año 1990 se conocía poco sobre su clasificación y de los productos de descomposición, que resultan del tratamiento con ácidos en caliente.

La siguiente es la clasificación más aplicada y conocida en la actualidad:

**1.2.2.1 TANINOS FISIOLÓGICOS**

Procedente de la actividad normal de las plantas (taninos de corteza de pino, enzima, roble etc.) Estos productos no se desdoblan por enzimas hidrolizantes.

**1.2.2.2 TANINOS PATOLÓGICOS**

Precedentes de alteraciones patológicas de las plantas (agallas de roble etc.) Estos productos se desdoblan por las enzimas. Por destilación seca, producen pirogalol y no dan compuestos imputrecibles con la gelatina.

**1.2.2.3 TANINOS HIDROLIZABLES**

Son ésteres de ácidos fenoles y de osas, se denominan así por ser fácilmente hidrolizables por ácidos, bases, enzimas.

Antiguamente se les llamaban taninos pirogálicos, porque procedían del pirogalol, por destilación seca.

Se diferencian dos grupos, los galotaninos y los elagitaninos.

**ESTADO NATURAL**

<b>PARTE USADA</b>	<b>NOMBRE COMUN</b>	<b>NOMBRE CIENTIFICO</b>	<b>ESPECIES EXISTENTES (PERÚ)</b>	<b>TIPOS DE TANINOS</b>
<u>MADERA</u>	catccu	Acacia catccu	A. farnesiana, A. huarango A. glomerosa, A. lorentensis, etc.	
	urunday	Astrononium balusac	A. graveolens	
	castaño	Casranea sativa	C. vulgaris	
	algarrobo	Ceratonía siliqua	C. siliqua	

myrtan	Eucalyptus wandoo	E. globulus, E. camaldulensis	condensado
encina	Quercus ilex		
alcornoque	Quercus suber	Q. robur, Q. suber	
	Quercus		
roble	pedunculata		
	Quercus sessiliflora		
ticera	Rhus pentaphylla	Toxicodendron striatura	condensado
quebracho	Schinopsis balansac	S. peruviana	condensado

**CORTEZA**

abeto	Abies pectinata		
acacia	Acacia arabica	ver catccu	condensado
mimosa	A. mollissima		condensado
aliso	Alnus glutinosa, A. incana	A. jorulensis	hidrolizable
abedul	Betula verrucosa, B. alba		condensado
casia	Cassia auriculata, C. fistula	C. fistula, C. alata, C. biflora, C. hirsuta, etc.	condensado
eucalipto	Eucalyptus sp.	ver myrtan	
maleto	E. astringens		condensado
pino	Pinus halepensis	P. radiata	condensado
encina	Querecus ilex		condensado
roble	Querecus penduculata	Q. robur, Q. suber	hidrolizable
alcornoque	Querecus suber		hidrolizable
mangle	Rhizophora mangle	R. brevistyla, R. samoensis	condensado
sauce	Salix sp.	S. babylonica, S. chilensis, S. martiana	condensado
tsuga	Tsuga canadensis		condensado

<u>HOJAS</u>	gayuba	Arestaphylos uva- ursi		hidrolizable
	roldó	Coriaria myrtifolia	C. thymifolia	
	mirto	Myrtus comunnis		hidrolizable
	gambier	Nauclea gambir		condensado
	lentisco	Pistacia lentiscus		condensado
	zumaque	Rhus coriaria	ver ticera	hidrolizable
<u>Frutos y vainas</u>	babul	Acacia arabica	ver catccu	
	aliso	Alnus glutinosa	A jorulensis	hidrolizable
	algarrobilla	Caesalpinea brevifolia	C. espinosa, C. bonduc, C. gilliesi, C. paipai, C. pulcherrima, etc.	hidrilizable
	divi-divi	Caesalpinea coriarea		hidrolizable
	tara	Caesalpinea spinosa	C. spinosa o tinctoria	hidrolizable
	granada	Punica granatum	P. granatum	hidrolizable
	valonea	Quercus sp.	Q. robur, Q. suber	
	mirabolano	Terminalia sp.	T. amazónica, T. oblonga, T. catappa	hidrolizable
<u>RAICES</u>	badan	Saxifraga sp.	S. magellanica	hidrolizable
	ratania	Krameria triandra	K. triandra	Condensado

**Tabla # 1**  
**Estado natural del tanino**

### 1.3 LA PALMA AFRICANA EN EL ECUADOR

Los cultivos están ubicados en la Costa, Sierra y Oriente ecuatoriano, principalmente en las ciudades de Santo Domingo, Quinindé, Buena Fe y Francisco de Orellana. La mayoría son pequeños palmicultores con una extensión no mayor de 50 Ha y apenas 7 rebasan las 1.000 Ha.

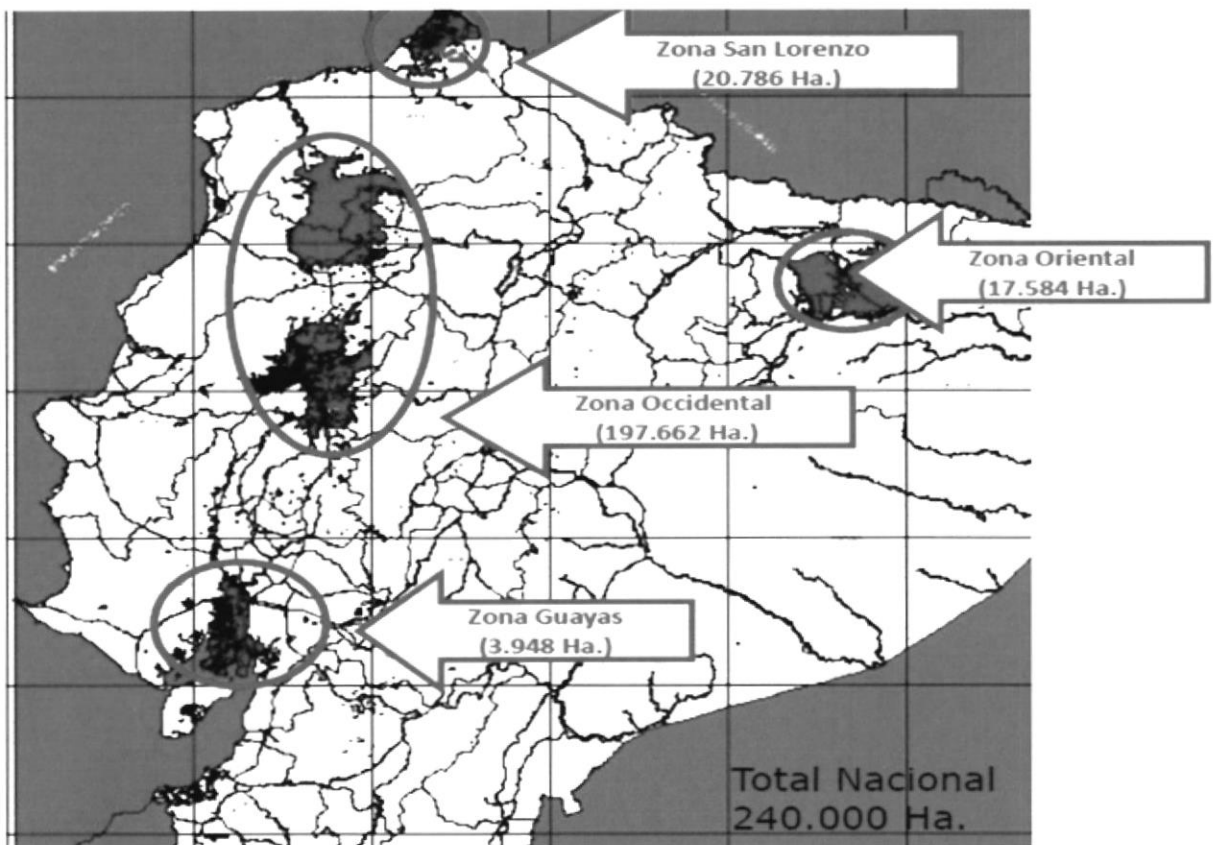


Fig. # 2

Fuente: Estimación al año 2010, en base al censo de plantaciones (Fedapal)

### 1.3.1 TEMPORADA DE PRODUCCION

Durante todo el año la palma africana se siembra, cosecha y se produce en las haciendas y fincas ecuatorianas.

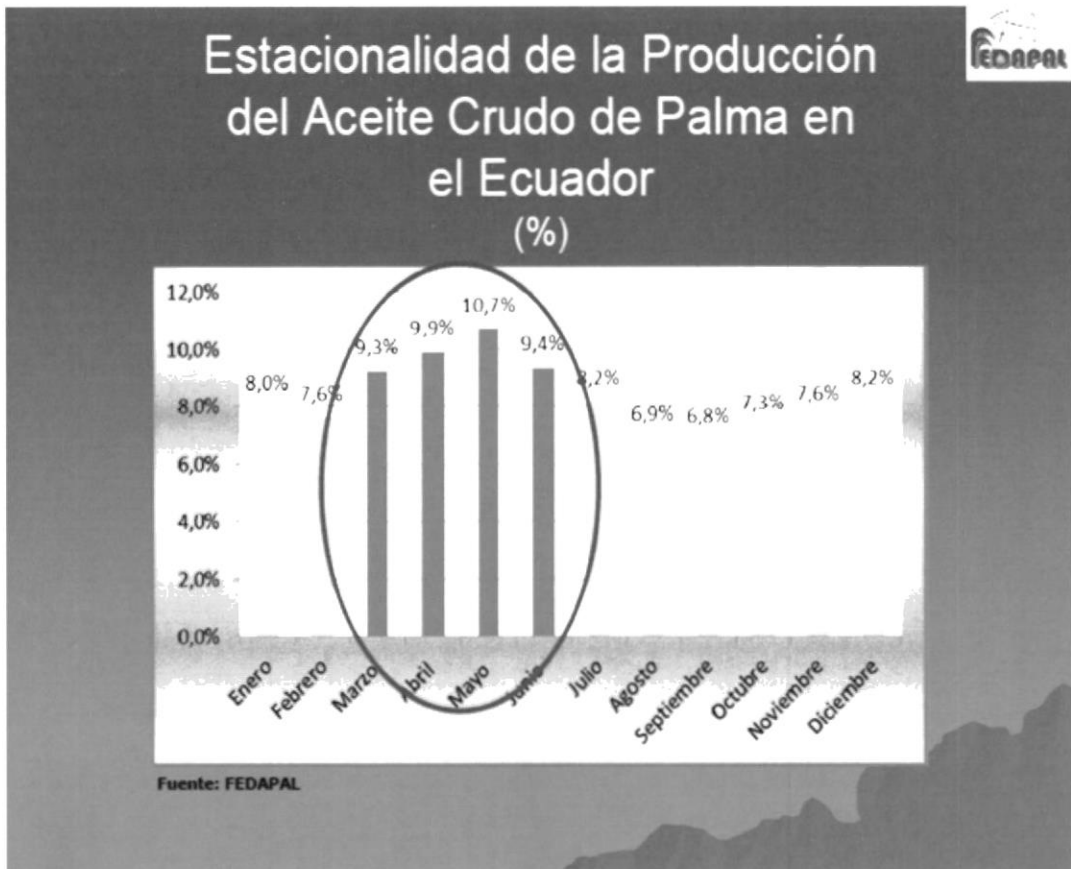


Fig. # 3

### 1.3.2 PRODUCCION A NIVEL MUNDIAL

Muchos países alrededor del mundo son productores, exportadores del aceite de palma africana incluido Ecuador.



### Producción de Aceite de Palma en el mundo

(miles de toneladas)

No.	PAIS	2004	2011p	
1	Indonesia	12.380	23.900	49% 37%
2	Malasia	13.974	18.000	
3	Tailandia	735	1.450	1,74%
4	Nigeria	790	900	
5	Colombia	630	850	0,96%
6	Nueva Guinea	345	525	
7	Ecuador	279	470	
8	Camerun	270	350	
	Otros	1.582	2.481	
	<b>TOTAL</b>	<b>30.985</b>	<b>48.896</b>	

Diagrama de flujo que muestra el porcentaje de producción de aceite de palma en el mundo para 2011p en comparación con 2004. El total de producción en 2004 fue de 30.985 miles de toneladas, y en 2011p se proyecta un total de 48.896 miles de toneladas. El crecimiento total es del 86%. Los países que contribuyeron con el mayor porcentaje de este crecimiento son Indonesia (49%) y Malasia (37%), que juntas representan el 86% del aumento. Otros países como Tailandia, Nigeria, Colombia y Nueva Guinea contribuyeron con 1,74% del crecimiento total, mientras que Ecuador y Camerun contribuyeron con 0,96%.

FUENTE: OIL WORLD, FEDEPALMA  
FEDAPAL

Tabla # 2

### 1.3.3 DESCRIPCION DEL PROCESO DE EXTRACCION DEL ACEITE DE PALMA

Los racimos cosechados de las palmas se deben llevar a una planta de beneficio cercana al cultivo para ser procesados tan frescos como sea posible.

Allí se refinan y se fraccionan tales aceites para producir las oleínas y las estearinas de palma y de palmiste, que sirven en la fabricación de múltiples productos comestibles y no comestibles incorporados a la vida diaria de la población mundial. De igual manera, la torta del palmiste obtenida al extraer el aceite de las almendras, se aprovecha para la fabricación de concentrados para la alimentación animal.

Los frutos sueltos se transportan a unos cilindros verticales provistos de agitación a baja revolución, llamados digestores. Ahí se desprende la pulpa de las nueces y se rompen las celdas para liberar el aceite que ellas contienen.

La masa desaceitada que expele la prensa comúnmente se llama torta, la cual está compuesta básicamente por fibras, nueces y humedad. Luego de secarse, la torta pasa al proceso de desfibración, donde las fibras son arrastradas por una corriente de aire y las nueces son separadas, para someterlas a las etapas de acondicionamiento y rompimiento que permiten recuperar la almendra o palmiste.

En algunas plantas de beneficio se cuenta con el equipo para procesar la almendra, de la cual se obtiene el aceite de palmiste y la torta de palmiste. El aceite de palmiste es de características y composición química diferente al aceite de palma, y como este, tiene diversos usos. La torta de palmiste, por su parte se emplea para la alimentación animal como ya se anotó. La fibra (**CASCARILLA**) pasa a las calderas, donde se quema como combustible.

## CAPITULO II

### PROBLEMA

#### 2.1 FILTRACION Y VISCOSIDAD

##### 2.1.1 FILTRACION

La propiedad de filtración y de formación de costra del fluido de perforación es de fundamental importancia en las operaciones de perforación y Completación.

Mientras se perfora las formaciones hacen las veces de un tamiz o malla. Los sólidos del lodo se depositan sobre las paredes del pozo y la fase líquida invade la formación.

La filtración es una medida de la habilidad de los sólidos del lodo para formar una capa delgada y de baja permeabilidad, sobre las paredes del pozo que se denomina costra, enjarre, torta o revoque.

El volumen líquido que se pierde hacia la formación a consecuencia de la presión diferencial entre el pozo y esta es lo que se conoce como pérdida de filtrado del lodo de perforación.

La filtración debe ser controlada regularmente, para asegurar el buen funcionamiento del lodo en el pozo; es decir controlar la tasa o velocidad de filtración, el espesor y textura de la costra y las propiedades químicas del filtrado.

Para que la filtración pueda tener lugar en el pozo, debe haber una presión diferencial positiva entre el lodo y la formación y esta debe ser permeable.

La presión diferencial es la diferencia entre la presión hidrostática del lodo y la presión de la formación.

## **2.1.2 FACTORES QUE AFECTAN LA FILTRACIÓN**

### **2.1.2.1 TIEMPO**

La pérdida de fluidos de acuerdo con las especificaciones API, se ha tomado a un tiempo de referencia igual a 30 minutos. En caso que no se cuente con el suficiente tiempo para realizar la prueba a 30 minutos, se puede utilizar la siguiente relación.

$$Q_2 = Q_1 \sqrt{T_2/T_1}$$

Dónde:

$Q_2$  = Cantidad de filtrado a 30 minutos (cm<sup>3</sup>)

$Q_1$  = Cantidad de filtrado a 7 ½ minutos (cm<sup>3</sup>)

$T_2$  = Duración de la prueba API (30 minutos)

$T_1$  = Duración de la prueba a (7 ½ minutos)

### **2.1.2.2 PRESIÓN**

En el caso que el medio de filtración fuese homogéneo, la cantidad de filtrado variaría proporcionalmente a la raíz cuadrada de la Presión. Esto no existe en la realidad ya que la retorta está sujeta a compresibilidad y la continua deposición de material; por lo tanto cambia tanto en porosidad como en permeabilidad. Si el aumento de presión deforma las partículas en una retorta o las fuerza a juntarse, esto podría repercutir en disminución de la permeabilidad. Si la permeabilidad disminuye entonces el efecto del aumento de presión sobre la pérdida de fluido debería también disminuir en

la misma cantidad, esto quiere decir que la presión de filtración sobre la pérdida de fluidos es función de la compresibilidad de la torta.

#### **2.1.2.3 EFECTO DE LA PERMEABILIDAD DE LA TORTA**

La manera más eficiente de controlar la pérdida de fluidos es el control de la permeabilidad de la torta de lodo. El tamaño, la forma y la habilidad de las partículas para deformarse bajo la presión son factores esenciales en el control de la permeabilidad. Partículas pequeñas tienden a formar retortas aún menos permeables que aquellas formadas por partículas grandes. Las partículas planas son más efectivas que las esféricas y que las partículas de forma irregular, ya que pueden formar una torta mejor empacada.

#### **2.1.2.4 TEMPERATURA**

Un aumento en la temperatura usualmente repercutirá en un incremento en las tasas de filtración. Un aumento en la temperatura disminuirá la viscosidad de la fase líquida lo cual se convertirá en un aumento de la pérdida de fluidos si y solo si los otros factores permanecen constante.

#### **2.1.2.5 DISPERSIÓN**

También es necesaria una apropiada dispersión de las arcillas en forma coloidal en el lodo. Cuando las partículas están bien dispersas, se alcanza unas muy buenas características filtración, en un lodo floculado el filtrado fácilmente pasa entre los agregados del lodo resultando en una mayor cantidad de fluido perdido.

### **2.1.3 VISCOSIDAD**

La viscosidad es un término usado en la ingeniería de petróleos para definir la fricción interna generada por un fluido cuando este es forzado a fluir.

Mayor resistencia a fluir indica una mayor viscosidad del líquido. Esta fricción interna conocida como esfuerzo de corte ( $\tau$ ) es el resultado de la atracción entre las moléculas de un líquido, y se expresa en unidades de lb-f/100 ft<sup>2</sup>.

Cuando se aplica una fuerza a un fluido con el fin de que este fluya, se genera un efecto resultante conocido como tasa de corte ( $\gamma$ ), la cual se define como el gradiente de velocidad a lo largo de las capas de fluido adyacentes cuando se presenta un flujo laminar.

En caso que la viscosidad no sea controlada durante la perforación debido a la adición de sólidos tanto activos como inertes provenientes de las formaciones que fueron perforadas, se pueden acarrear problemas operacionales tales como:

- Aumento de la presión en las bombas de lodo.
- Pérdida de circulación.
- Exceso de arena y otros materiales que pueden corroer los equipos de perforación.

#### **2.1.3.1 Viscosidad aparente ( $V_A$ )**

Se define como la viscosidad de un fluido en caso que este estuviese regido por un modelo newtoniano, se toma como punto de comparación para determinar la eficiencia de un proceso de optimización de un fluido de perforación. Se da en unidades de Centipoise.

#### **2.1.3.2 Viscosidad plástica ( $V_P$ )**

Se define como la medida de la resistencia interna al flujo debido a la interacción de los sólidos en un fluido de perforación, también se da en Centipoise. Se reconoce como un indicativo del número, tipo y tamaño de las partículas. Un aumento en el contenido de sólidos se verá reflejado en un aumento en la fricción interna de las partículas resultando en una mayor viscosidad plástica.

### **2.1.3.3 Punto cedente YEILD POINT ( $Y_p$ )**

Es la parte de la resistencia al flujo causado por las fuerzas de atracción entre partículas.

Esta fuerza de atracción es consecuencia de las cargas eléctricas sobre la superficie de las partículas dispersas en la fase fluida.

### **2.1.3.4 RESISTENCIA DE GEL ( $G_i/G_f$ )**

Cuando un lodo a sido sometido al velocidad de corte cero o cercanas a cero durante un cierto tiempo, el fluido tiende a desarrollar una estructura de gel rígida o semirígida. Esta propiedad se llama tixotropía.

Para tener presentes el grado de tixotropía presentes en un lodo, se toman las lecturas de gel; la primera con 10 segundos de reposo, la segunda con 10 min de reposo.

La probable aparición de problemas en un sistema de lodos se refleja en la ocurrencia de geles progresivos o instantáneos.

## **2.2 AGENTES VISCOSIFICANTES**

Existe gran variedad de agentes viscosificante, pero a la hora de seleccionar uno en especial para cierto trabajo se deben tener en cuenta ciertas condiciones de trabajo en un sistema de lodo predeterminado para de esta manera poder seleccionar la mejor opción posible, esto quiere decir que algunos agentes viscosificante podrían ofrecer un mejor desempeño en una condición determinada que algún otro agente viscosificante comercial.

### **2.2.1 BENTONITA**

Principalmente compuesta por montmorillonita original de Wyoming o del sur de Dakota, Estados Unidos de América. Esta clase de arcilla puede ofrecer un muy buen aumento de la viscosidad del fluido y control de pérdidas de fluido para lodos base agua debido a la alta tasa de absorción que presentan sus gránulos. También puede ofrecer cierto funcionamiento para lodos base aceite o lodos con presencia de sal si y solo si esta bentonita ha sido de alguna forma modificada.

### **2.2.2 ATTAPULGITA**

Se puede clasificar como un viscosificante para lodos salados, a diferencia de la bentonita no permite el control de filtrado y la viscosidad que agrega al fluido no depende de la capacidad de hidratarse sino de la desintegración de su estructura cristalina la cual se convierte en pequeñas partículas con forma de agujas que ofrecen cierta resistencia al flujo.

### **2.2.3 ASBESTO**

Viscosificante tanto para lodos salados como para lodos base agua fresca. Su adición de viscosidad se remite a la resistencia al flujo causada por sus partículas abrasivas que otorgan un bono a favor de la limpieza de la cara del pozo. Posee una desventaja al ser considerado un material cancerígeno, por lo tanto debe ser manejado con absoluto cuidado para preservar la integridad física de los operadores de campo.

## **2.3 POLÍMEROS**

Debido a los recientes avances en tecnología de fluidos de perforación, el uso de polímeros solubles en agua ha desarrollado sistemas de lodos con una pérdida de fluidos bastante reducida.

Los tipos de polímeros se clasifican por su acción sobre un sistema de lodo, esta clasificación se basa en su capacidad de adsorción sobre los sólidos o por su capacidad de viscosificar el fluido.

Comúnmente se usan los polímeros que viscosifican el fluido ya que tienen doble efecto sobre el lodo de perforación, además estos fluidos relativamente sin carga, son menos sensitivos al ambiente en el que se encuentran, también desarrollaran viscosidad en presencia de dureza y sal, sin embargo altas concentraciones podrían reducir su efectividad.

### **2.3.1 CELULOSA POLIANIONICA**

Se usa principalmente como controlador de filtrado, pero también puede funcionar como agente viscosificante en lodos salados y base agua, funciona hasta temperaturas cercanas a los 280°F y no hay necesidad de utilizar algún tipo de control bacterial.

### **2.3.2 CARBOXIMETILCELULOSA (CMC)**

Se crea mediante la adición de una cadena carboximetil a una espina celulósica. Este proceso cambia el status de no solubilidad de la celulosa en agua, a un status de solubilidad en agua de la CMC. El grado de viscosidad del material está determinado por el número de cadenas adicionales y el peso molecular del producto final. Estos polímeros no son susceptibles a ataques bacterianos, pero no funcionan demasiado bien en ambientes salinos.

### **2.3.3 CELULOSA CARBOXIMETIL DE SODIO**

Posee acción doble, es controlador de filtrado y viscosificante; esta propiedad viscosificante puede ser ajustada de acuerdo al grado de polimerización usado para aumentar el peso molecular de este, no necesita protección antibacterial y puede funcionar hasta los 250°F.

#### **2.3.4 GOMA GUAR**

Es un polisacárido de alto peso molecular no aniónico, derivado de la semilla de la planta Guar. El proceso de manufactura se remite a remover el endosperma de la semilla de la planta y luego molerlo hasta un tamaño adecuado.

El término polisacárido se refiere a los polímeros que están compuestos principalmente de moléculas de azúcar mezcladas entre sí. La goma Guar se puede usar en casi cualquier tipo de agua. Su uso más común es en los fluidos de fracturamiento como fluido de sostén, esta goma es susceptible a la degradación bacteriana y requiere algún tipo de preservativo cuando se usa.

#### **2.3.5 GOMA XANTHAN**

Es un biopolisacárido de alto peso molecular producido por crecimiento bacteriano. Cada individuo bacteriano produce un revestimiento compuesto de este polímero. Es usado por la bacteria como un mecanismo protector para prevenir la deshidratación.

El polímero es producido comercialmente mediante el crecimiento de bacterias en un proceso de fermentación, precipitando la goma en alcohol, y luego secando y moliendo el producto hasta obtener una presentación en polvo.

La goma Xanthan puede ser usada en casi cualquier tipo de agua, es usado para proveer viscosidad tanto en ambientes de alta salinidad como en ambientes de baja salinidad, además de viscosidad también puede proveer óptimas propiedades reológicas tales como fuerzas de gel o como valores de cedencia.

Solo puede ser utilizado hasta temperaturas de 200°F. Es muy útil como agente viscosificante y agente de suspensión, es resistente al ataque bacteriano.

##### **2.3.5.1 MEZCLA ENTRE GOMA GUAR Y GOMA XANTHAN**

Usualmente se ofrece una mezcla de igual proporción como viscosificante y controlador de filtrado tanto para ambientes salinos como para ambientes no salinos, se necesita control antibacteriano y una temperatura de operación menor a los 250°F.

### **2.3.6 POLIACRILAMIDAS**

Es un material netamente sintético fabricado mediante la unión de monómeros bajo condiciones apropiadas de presión y temperatura.

Las poliacrilamidas pueden ser hechas de acuerdo a las especificaciones del cliente; el peso molecular y el grado de hidrólisis determinan la viscosidad del polímero en soluciones acuosas. Estos polímeros son principalmente usados como controladores de viscosidad, inyección en recobro mejorado y la estabilización de shales.

### **2.3.7 POLIACRILATOS**

Derivados anhídrido maleicos. Son materiales netamente sintéticos y pueden ser fabricados de acuerdo a un amplio peso molecular con varias cargas en sus moléculas. Existen muchos tipos de poliacrilatos hechos por medio de la combinación de varios monómeros acrílicos ácidos. El tipo y el número de monómeros determinan las propiedades del producto final.

Los poliacrilatos se usan como floculantes, extensores de las propiedades de la bentonita y algunas veces como aditivos estabilizadores de shales. Los copolímeros anhídrido maleico combinados con estireno o etileno son similares a los acrilatos y pueden ser usados principalmente como extensores de las propiedades de la bentonita.

## **2.4 Clasificación De Polímeros De Acuerdo A Su Origen**

### **2.4.1 Polímeros Naturales**

#### **2.4.1.1 Almidones.**

Fueron introducidos en la industria petrolera en la década de los 30 como controladores de filtrado, y aún siguen cumpliendo esa misma función. Inicialmente se uso el almidón de maíz, pero últimamente el uso del almidón de papa se ha incrementado dramáticamente.

Ambos almidones deben ser procesados con el fin de hacerlos solubles en agua fría. También ambos almidones son susceptibles a la degradación bacteriana. Sin embargo casi siempre vienen mezclados con preservativos.

## **2.4.2 POLÍMEROS SINTÉTICOS**

### **2.4.2.1 DUOVIS**

Es un polímero de cadena larga de polisacáridos producido por bacterias. Cuando este se hidrata produce viscosidad, fuerza de gel y control de filtrado tanto en agua fresca como en agua salada. Los sistemas Duovis son únicos ya que poseen baja viscosidad a altas tasas de corte y altas viscosidades a bajas tasas de corte. Esto resulta en viscosidades más bajas en la sarta de perforación, a través de las boquillas de la broca, y debajo de la broca provocando una mejor eficiencia hidráulica. A medida que la tasa de corte disminuye, como en el anulo, la viscosidad aumenta. Esta viscosidad aumentada brinda una excelente capacidad de transporte.

### **2.4.2.2 BENEX**

Es un polímero en polvo soluble en agua usado para flocular ripios de perforación y para incrementar el rendimiento de la bentonita. La adición 0,05 lb/bbl de Benex doblara aproximadamente el rendimiento de la bentonita.

La aplicación de Benex para aumentar el rendimiento de la bentonita está limitada a sistemas de fluidos base agua con contenido de sal menores a 30000 ppm.

Benex también actúa como floculante para arcillas no bentoníticas.

### 2.4.2.3 SISTEMA KCL-POLÍMERO

Este sistema está diseñado exclusivamente para perforación de formaciones sensibles al agua. El uso del polímero y la correcta concentración de cloruro de potasio brindan cierta inhibición de las arcillas y lutitas sensibles al agua concediendo así una mayor estabilidad de pozo que los sistemas base agua fresca. El sistema KCL-polímero utiliza el polímero en perforación con lodos base agua como estabilizador de arcillas, como depurador de ripios en el pozo, y como floculador de estos; con la adición de bentonita al sistema, se puede alcanzar una mayor estabilidad de pozo y una mayor limpieza de este.

## 2.5 EFECTOS DEL PH SOBRE LA VISCOSIDAD

El pH es una medida de la acidez o alcalinidad de un lodo o filtrado.

Se define como el logaritmo negativo en base diez de la concentración de iones hidrogeno ( $H^+$ ).

El pH del agua pura es 7.0 indica concentración neutra. Para cualquier ion de hidrogeno ( $H^+$ ) particular existe, su correspondiente ion oxhidrilo ( $OH^+$ ) lo cual resulta en un equilibrio.

El ion  $H^+$  representa la porción acida y el ion  $OH^-$  la alcalinidad o porción básica de la solución.

Los rangos de valores para el PH son:

PH > 7: solución alcalina

PH < 7: solución ácido

PH = 7: solución neutra

Se dice que un lodo tiene PH bajo, cuando dicho valor esta entre 7,5 a 9,5. Si varía entre 10,5 a 11,5 se dice que tiene un PH alto.

El PH del sistema de lodos en base agua es mantenido en un rango alcalino por las siguientes razones:

- 1) Los dispersantes orgánicos y agentes de control de filtrado generalmente alcanzan su máxima efectividad en un ambiente alcalino.
- 2) Efectos adversos de electrolitos contaminantes son disminuidos a niveles altos del PH.
- 3) Velocidades altas de corrosión pueden ser reducidas y la acción bacteria sobre materiales orgánicos es a través de sus poros.

Los sólidos del lodo se depositaran sobre las paredes del pozo, en un espesor que idealmente es de 1/32'' aproximadamente, formando una película delgada e impermeable, denominada costra.

Durante la perforación es deseable la acumulación de una costra que sea lo más delgada e impermeable posible. Es decir, el espesor de la costra dependerá de la cantidad de sólidos presente en el lodo.

Entre los factores que influyen en el espesor de la costra tenemos:

- 1) Porcentaje de solidos presentes en el lodo
- 2) Tamaño de partículas solidas
- 3) Propiedades coloidales del lodo

La costra no solo está formada por los sólidos añadidos en superficie (bentonita, aditivos, barita) sino también los encontrados en el pozo durante la perforación.

Se deben tomar en cuenta además, el tamaño forma y distribución de las partículas de arcilla y de los materiales utilizados en el control de filtrado para determinar las propiedades optimas que debe presentar la costra.

El líquido que se pierde por filtración hacia la formación es el filtrado y la velocidad relativa a la cual ocurre este fenómeno es lo que se llama pérdida de fluido.

La pérdida de fluido es afectada por la permeabilidad de la formación, por la presión diferencial entre el lodo y la formación, y por las características de filtración del lodo.

El Instituto Americano del Petróleo (API) define la filtración de la siguiente manera:

“volumen de la fase líquida continua de un fluido de perforación que se recoge de un filtro prensa durante 30 minutos a una presión de 100 psi ( $\pm$  5 psi) y a temperatura ambiente”

Tanto el volumen de filtrado (cc) y el espesor (1/32”) de la costra son reportados en el campo.

De manera general pérdidas de filtrado por debajo de los 8cc son considerados aceptables en la práctica. Es necesario evitar que un alto volumen de filtrado invada la formación, pues puede:

- 1) Originar derrumbamientos, por hinchamiento o hidrodeseintegración de las lutitas.
- 2) Causar un desplazamiento deficiente del lodo durante la cementación primaria.
- 3) Cambiar las características de la formación en un amplio espacio vecino al pozo. Esto hace difícil la evaluación al pozo mediante registros eléctricos.
- 4) Reducir la permeabilidad relativa al petróleo. Si la formación permeable es productiva, o potencialmente productiva, las características del lodo son importantes.

Los caminos potenciales para el paso de hidrocarburos pueden ser bloqueados por una reacción adversa entre el filtrado y la formación, o por la entrada de los sólidos del lodo en el interior de la formación.

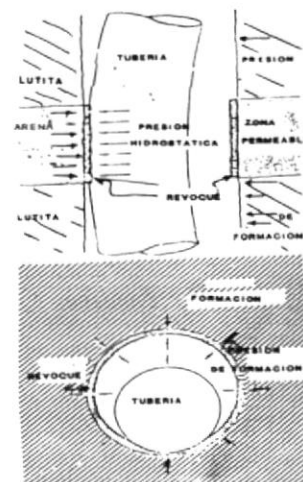
El daño se puede reducir a un mínimo manteniendo baja la velocidad de filtración, usando un lodo cuyo filtrado reacciona a un grado mínimo con la formación y controlando el tipo y la cantidad de sólidos en el lodo.

Si se produce una alta tasa de filtración hacia la formación se generara una costra muy gruesa lo que causara:

- 1) Reducción del diámetro del pozo, ocasiona aumento excesivo de presión en el anular, además de la fricción de la sarta contra las paredes, todo lo cual trae como consecuencia herramientas aprisionadas diferencialmente, como se aprecia en la figura.
- 2) Al retirar herramientas o la sarta de perforación se produce un efecto de succión, el cual origina cavidades o derrumbes, reduciendo la presión hidrostática, con lo cual se permite la invasión de los fluidos de la formación dentro del pozo.

La experiencia ha demostrado que la mayoría de los reventones ocurren durante o brevemente después de retirar del pozo la tubería de perforación.

La filtración se mide por medio de dos ensayos estándares del API: uno a baja presión y a temperatura ambiente y otro a alta presión y a alta temperatura.



**Fig. # 4**

Fig. Tomada de la TESIS DE GRADO "EL TANINO COMO ADITIVO PARA EL CONTROL DE FILTRACION Y VISCOSIDAD" (ING Xavier Vargas ESPOL 1985)  
El ensayo abaja presión se conoce como ensayo API, mientras que el segundo se menciona generalmente como HT- HP (alta temperatura – alta presión).

En pozos de baja temperatura la prueba API es suficiente. Cuando la temperatura excede los 250 °F debe llevarse a cabo ambos ensayos.

Una pérdida de filtrado de 15cc/30 minutos (o inferior a ello) en el ensayo HT – HP es usualmente un requerimiento para tener dificultades mínimas en el pozo cuando se trata de pozos de altas temperaturas.

Otra regla de aplicación práctica, que se aplica a veces, es que la pérdida de filtrado en la prueba HT – HP debe ser menos del triple de la pérdida de filtrado por el ensayo API. Normalmente HT – HP da como resultado una pérdida mayor de fluido que la prueba API.

Eso se debe a que ciertos agentes de control de filtrado pierden su eficacia cuando se someten a altas temperaturas y presiones.

## **2.6 AGENTES DE CONTROL DE FILTRADO**

Existen varios tipos de aditivos esenciales para el control de filtrado en lodos base agua. El éxito que tienen estos aditivos o agentes depende del tipo de lodo al cual están siendo aplicados y al ambiente químico donde se introducen.

### **2.6.1 ARCILLAS**

Son los principales agentes de control de filtrado para sistemas de lodo base agua. Uno de los puntos claves se basa en una correcta distribución del tamaño de partículas sólidas. Esto quiere decir que el lodo debe tener un amplio rango de tamaños de partículas, un muy grande porcentaje de estas partículas deben ser iguales o menores a 1 micrón.

Las arcillas comerciales como la bentonita no solo desarrollan un impacto positivo sobre la viscosidad del lodo sino que también tienen la habilidad de disminuir la pérdida de fluidos.

La habilidad de la bentonita para reducir la cantidad de filtrado puede ser atribuida a: tamaño de las partículas, la forma plana de las partículas, y la capacidad de hidratarse además de comprimirse bajo Presión.

### **2.6.2 DISPERSANTES QUÍMICOS**

Una dispersión mejorada generalmente resulta en un decremento en la cantidad de filtrado. Esto es un resultado de la distribución homogénea de los tamaños de las partículas sólidas presentes en el fluido.

La habilidad de los dispersantes para reducir la pérdida de fluido se remite a la adsorción química de las partículas o a que el químico por si mismo puede adicionar otro tamaño de partícula.

Estos dispersantes pueden trabajar a temperaturas y a presiones aún mayores que en las que los polímeros pueden trabajar, no son tan fácilmente afectados por la acción bacteriana y pueden ser usados en altas concentraciones de sal y calcio.

### **2.6.3 ALMIDONES**

Si los coloides minerales no surten suficiente efecto sobre la disminución de la cantidad del filtrado, la opción más lógica son los coloides orgánicos tales como los almidones.

En lodos base agua, la adición de almidones no solo disminuye la cantidad de fluido perdido sino que también estabiliza el lodo. La mayoría de los almidones usados en la industria petrolera son hechos de maíz. El almidón se separa del maíz y es especialmente procesado para incrementar rápidamente su capacidad de hinchamiento y de gelatinización para asegurar una máxima reducción en la pérdida de fluido.

La pérdida de agua libre en el sistema repercute de tal forma que se disminuye la cantidad de filtrado, además los gránulos de amilosa llenos de agua se ajustan a las aberturas presentes en las retortas

ayudando aún más a la reducción de la pérdida de fluidos. Su temperatura de operación se limita a rangos menores de 200°F.

## 2.7 USO DE ALMIDONES EN FLUIDOS DE PERFORACIÓN

Existen muchas áreas donde la perforación con agua dulce es de amplio uso. Solo la perforación con aire, espumas u otros fluidos neumáticos puede ofrecer tasas de perforación más altas que la perforación con agua dulce. Estos fluidos de perforación de baja densidad también reducen los riesgos de la pérdida de circulación. La perforación con agua dulce se aplica a áreas de presión de formación normal y a áreas donde las arcillas no sean gran problema.

El uso más común de los polímeros es como controlador de filtrado, usualmente como un aditivo suplementario a la bentonita o a otros químicos. La cantidad de material usado para el control de filtrado es mucho mayor que la usado para la modificación de la viscosidad, la floculación y la estabilización de arcillas.

La mayoría de los fluidos de perforación con bajo contenido de sólidos están compuestos por agua con cantidades variantes de bentonita y un polímero. Los polímeros se adicionan al sistema para aumentar la viscosidad mediante la floculación o por medio de la viscosificación del agua. En algunos casos se obtiene control de pérdida de fluidos. Los polímeros se pueden clasificar de acuerdo a su estructura molecular o por su acción o función sobre un lodo.

La mayor diferencia en los polímeros se remite a la definición de si son materiales sintéticos o naturales. En general, las gomas son materiales más complejos y por lo tanto más estables bajo condiciones adversas. Esta complejidad estructural también se refleja en una complejidad reológicas, dando características menos Newtonianas.

Los derivados celulósicos, a pesar de ser una combinación de materiales sintéticos y naturales poseen características muy parecidas a las de los materiales sintéticos, los cuales realizan su función mediante la acción de sus cargas ya sean positivas o negativas además de su peso molecular.

#### AGENTES COMERCIALES DE CONTROL DE FILTRADO

Descripción	MAGCOBAR	IMC	BAROID	MILCHEM	APLICACIÓN PRIMARIA
Polímero orgánico		Resinex	PolyRX		Control de filtrado y estabilización de lodos base agua a altas temperaturas
Almidón pre-gelatinizado	My-Lo-Jel	ImcoLoid	Impermax	Milstarch	Control de filtrado en lodos base agua, lignosulfonados y con presencia de durezas
Celulosa carboximetil	Magco-CMC	ImcoCMC	Cellex	CMC-MV	Control de filtrado y suspensión de barita en lodos base agua
Celulosa polianionica	Drispac	Sure-Trol	Drispac	Drispac	Control de filtrado y viscosificante en lodos salados
Poliacrilato de	Cypan WL-	Cypan	Cypan	Cypan	Control de

sodio	100	WL-100	WL-100	WL-100	fluidos en lodos no dispersos, con bajo contenido de sólidos y libres de calcio
Bentonita	Magcogel	Imcogel	Aquagel	Milgel	Viscosificante y controlador de filtrado para lodos base agua
Lignosulfonato modificado	Spersene	VC-10	Q-Broxin	Uni-Cal	Desfloculante y coloide protectivo

**Tabla # 3**

**Agentes Comerciales De Control De Filtrado**

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION**

Para el desarrollo de este trabajo se procedió a realizar consultas a expertos en el área de la ingeniería en lodos y a profesionales de la industria ambiental, mediante encuestas personalizadas (ver anexo), o vía e-mail.

Se realizaron análisis químicos mediante el método volumétrico por del laboratorio del INSTITUTO DE CIENCIAS QUIMICAS Y AMBIENTALES ICQA-ESPOL, con la finalidad de determinar la concentración de taninos (ver anexo) presente en una determinada muestra de cascarilla de palma africana.

### **PRUEBAS DE LABORATORIO**

#### **3.1 Muestras**

Para la elaboración de este trabajo se utilizó bentonita de Wyoming, carboximetilcelulosa (cmc) productos proporcionados por el laboratorio de petróleos de la Facultad de ingeniería en ciencias de la tierra, un agente para el control del filtrado que actualmente utiliza una muy reconocida compañía en el área de fluidos de perforación como es el BDF – 341, proporcionado por dicha compañía.

La cascarilla de la palma africana se la obtuvo de la empresa palmicultora Rio manso, esta muestra se la procedió a triturar hasta pulverizarla en el molino de discos del laboratorio de suelos de la Fic

### 3.1.1 EQUIPOS UTILIZADOS

- Filtro prensa
- Balanza de lodos
- Balanza electrónica
- Medidor de Ph
- Calibrador de vernier
- Vasos de precipitación
- Probetas graduadas
- Espátulas
- Papel filtro
- Viscosímetro de fann
- Multimixer

### 3.2 Procedimiento experimental

Inicialmente se procede a preparar los equipos a utilizar separándolos del resto al igual que una cierta cantidad de bentonita.

Se procede a realizar una prueba con bentonita a diferentes concentraciones para determinar el filtrado sin aditivos; posteriormente se determina el rendimiento de arcilla con los datos obtenidos al finalizar la prueba, ver **tabla (5)**.

Una vez determinado el rendimiento de la arcilla y este rendimiento se encuentran en un valor aceptable según las normas API se procede con las pruebas principales.

Preparamos el lodo base con la cantidad de arcilla y agua según unidades de campo y normas API.

Se ubican cuatro vasos se los procede a numerar o colocar una señal para no confundir cual es cual, dentro del primer vaso se coloca el agua y la bentonita y así hasta completar los cuatro recipientes, se procede a utilizar cuatro recipientes debido a que serán cuatro lodos con distintas concentraciones del polímero para el control del filtrado; es decir el primer vaso contendrá 5 grs de cmc, el segundo vaso tendrá 10 grs de cmc, el tercero tendrá 15 grs de cmc y el cuarto tendrá 20 grs de cmc.

Se procede a ubicar los vasos en el Multimixer durante varios minutos para que se homogenice la mezcla de agua arcilla y cmc.

Una vez finalizada la prueba con el cmc y obtenidos todos los datos sobre todo la cantidad de filtración, se procede a repetir el proceso con el aditivo BDF-341 y obtener los resultados; luego se procede finalmente a utilizar la cascarilla de palma africana repitiendo el proceso ya descrito y una vez obtenidos los resultados finales se procede a interpretarlos y discutirlos efectuando un análisis comparativo entre los agentes empleados en distintas concentraciones.

### **Metodología del laboratorio**

1Bbl	—————>	350 cc	350 cc	—————>	100%
1 gr	—————>	1 Lb.	X	—————>	5%, 10%, 15%, 20%

### 3.3 Resultados

% arcilla	Cant (gr)	600 rpm	VA (cp)	filtrado (ml)
5	17.5	8	4	35
10	35	25	12.5	18.5
15	52.5	124	62	14
20	70	300	150	13

Tabla referencial sin aditivos

Tabla # 4

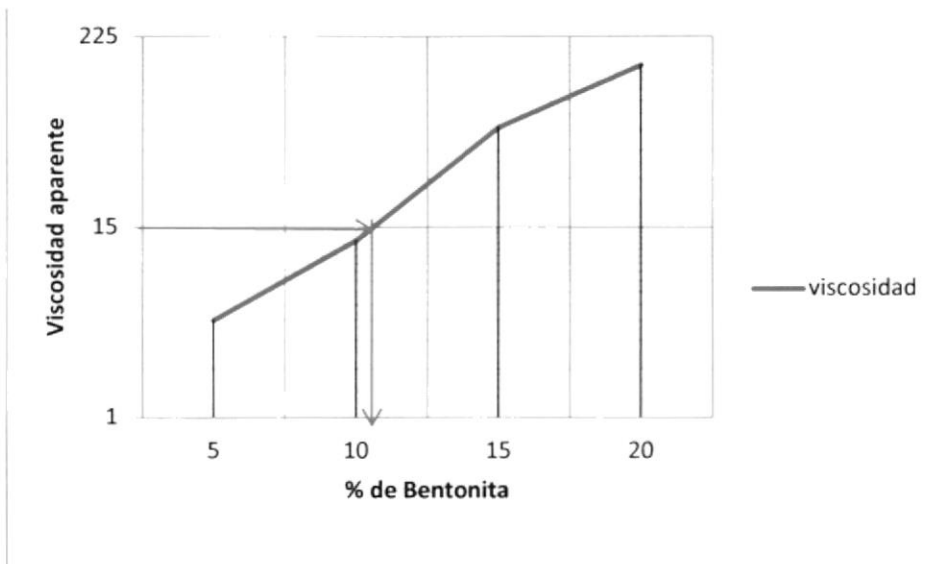


Grafico A

#### Rendimiento de la arcilla utilizado en pruebas

$$Y = (571 \setminus 10.25) - 3.4$$

$$Y = 52.3 \% = 183.5 \text{ Bbl/Ton}$$

MUESTRAS	FILTRACION (ml)			
	5 grs	10 grs	15 grs	20 grs
CMC	6.2	5.1	4.9	4.5
BDF - 341	14.5	14	13.9	13.2
CASCARILLA	10.5	9.5	9	8.5

Tabla # 5

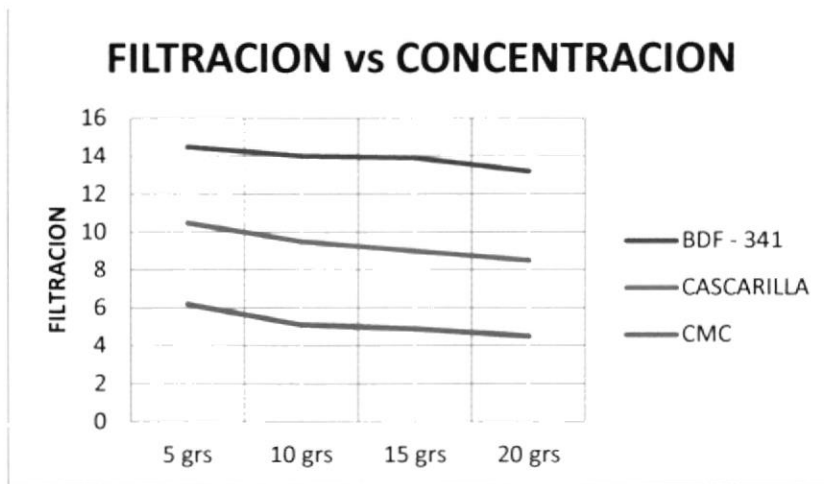


Gráfico # 1

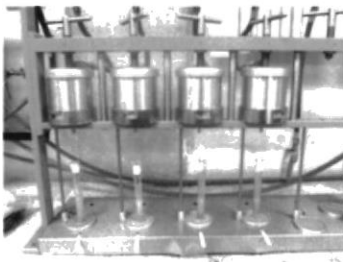


Foto # 1. Filtrado CMC

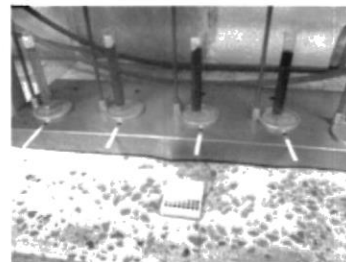


Foto # 2. Filtrado BDF-341



Foto # 3. Filtrado Cascarilla

## OBSERVACION

Durante la etapa de filtrado a medida que transcurría el tiempo, una gran cantidad de sedimentos se acumulaba en las probetas producto del filtrado por lo que las celdas con mayor concentración de CMC eran las que contenían un gran volumen de sedimentos y menos volumen de filtrado.

El filtrado de agua disminuye a medida que se aumenta las cantidades del BDF – 341, pero la coloración del fluido filtrado se tornó muy oscura debido a su composición química.

Podemos notar que el volumen de filtrado va en descenso a mayor concentración de la cascarilla, cabe recalcar que se presenta una leve coloración en el fluido filtrado.

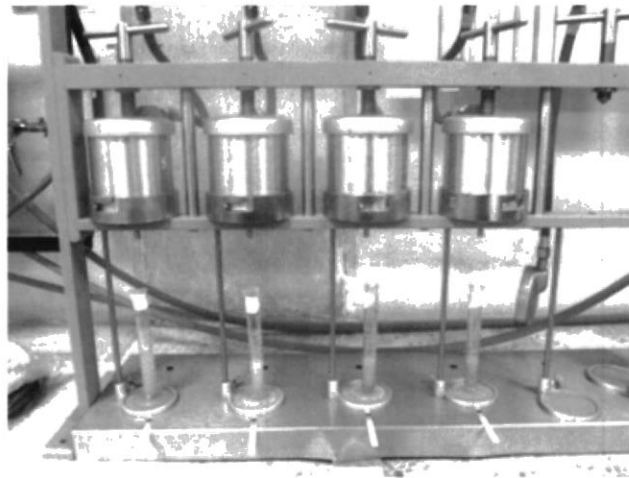


Foto # 1.1. Filtrado CMC



Foto # 2.2. Filtrado BDF-341



Foto # 3.3. Filtrado Cascarilla

MUESTRAS	VP (cp)			
	5 grs	10 grs	15 grs	20 grs
CMC	40	65	100	0
BDF - 341	10	8	6	8
CASCARILLA	6	7	8	11

Tabla # 6

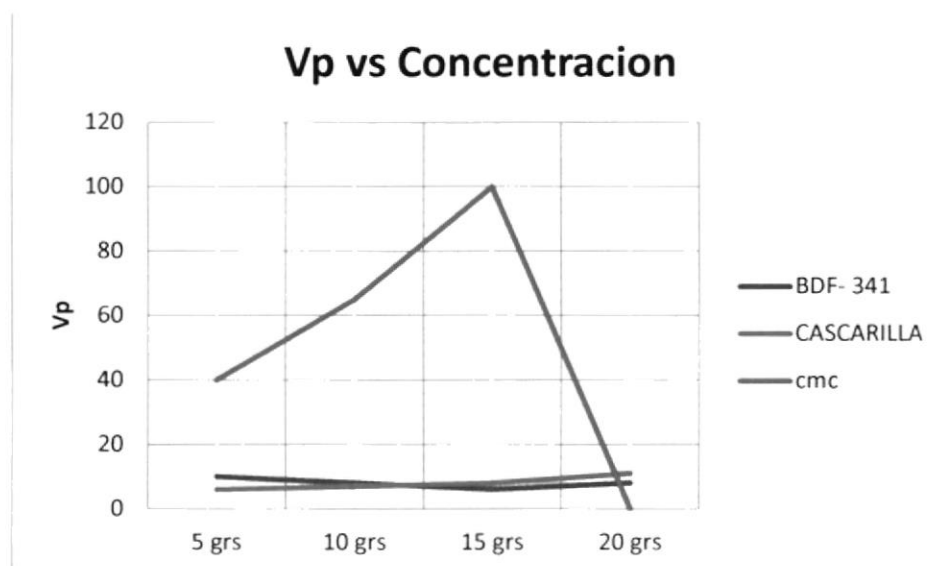


Gráfico # 2



Foto # 4. Viscosímetr

## OBSERVACION

La viscosidad plástica disminuye hasta una concentración de BDF – 341 de 15 grs de ahí se incrementa una cantidad pequeña.

La viscosidad plástica aumenta de una manera mínima a distintas concentraciones de la cascarilla.

Podemos ver que a medida que se aumenta la concentración del CMC la viscosidad se incrementa notándose una relación directamente proporcional.



Foto # 4.1 Determinando la viscosidad plástica

MUESTRAS	Ph			
	5 grs	10 grs	15 grs	20 grs
CMC	10	10	10	10
BDF - 341	10	10	10	10
CASCARILLA	9	9	9	9

Tabla # 7

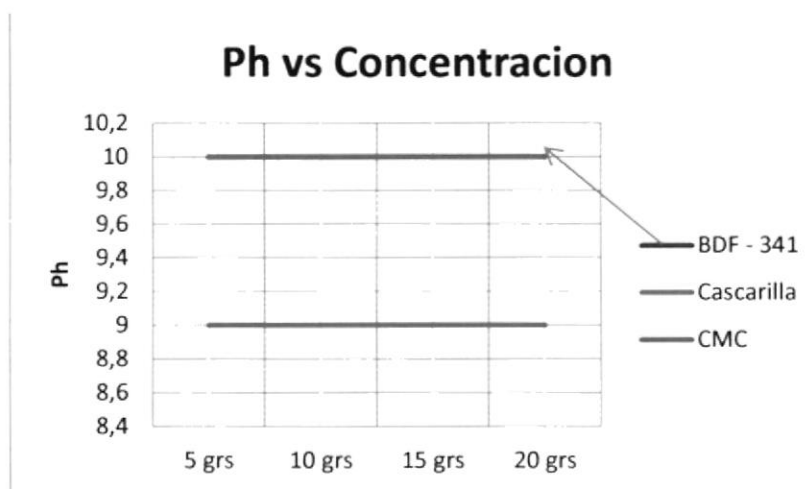


Gráfico # 3

## OBSERVACION

El Ph es completamente básico, se mantiene constante durante toda la prueba con el cmc al igual que el BDF - 34; pero con la cascarilla el Ph es ligeramente menor aunque sigue manteniéndose básico.

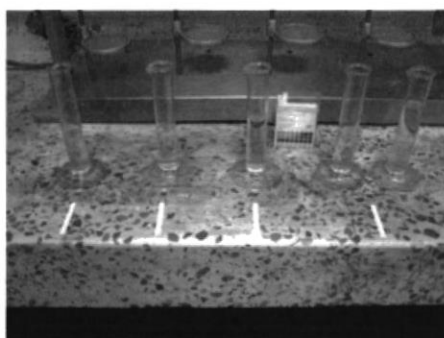


Foto # 5. Determinación del Ph

MUESTRAS	VA (cp)			
	5 grs	10 grs	15 grs	20 grs
CMC	50	87.5	150	150
BDF - 341	20	17.5	17.5	19
CASCARILLA	38.5	32	31	31.5

Tabla # 8

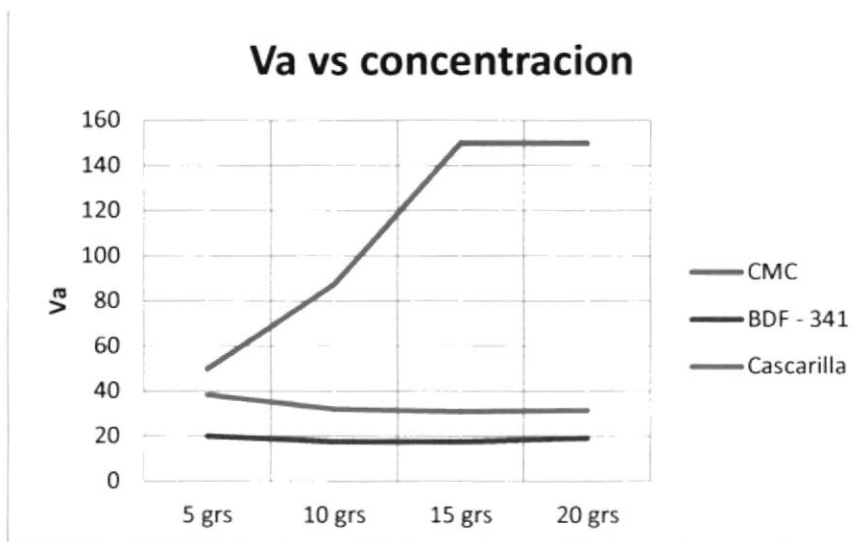


Gráfico # 4



Foto # 6. Viscosímetro

## OBSERVACION

A una mayor concentración de CMC tenemos una mayor viscosidad aparente y podemos notar que la concentración límite es con 15 grs por lo que de ahí en adelante la viscosidad es la máxima y se mantiene constante.

La viscosidad aparente disminuye hasta mantenerse constante entre 10 y 15 grs de BDF – 341 luego se incrementa hasta los 19 cp.

La viscosidad aparente disminuye con el aumento de las distintas concentraciones de cascarilla.



Foto # 6.1 Determinando la viscosidad aparente

MUESTRAS	ESPESOR (CAKE) mm			
	5 grs	10 grs	15 grs	20 grs
CMC	1	1	2	3
BDF - 341	2	3	3	3
CASCARILLA	2	2	2	2

Tabla # 9

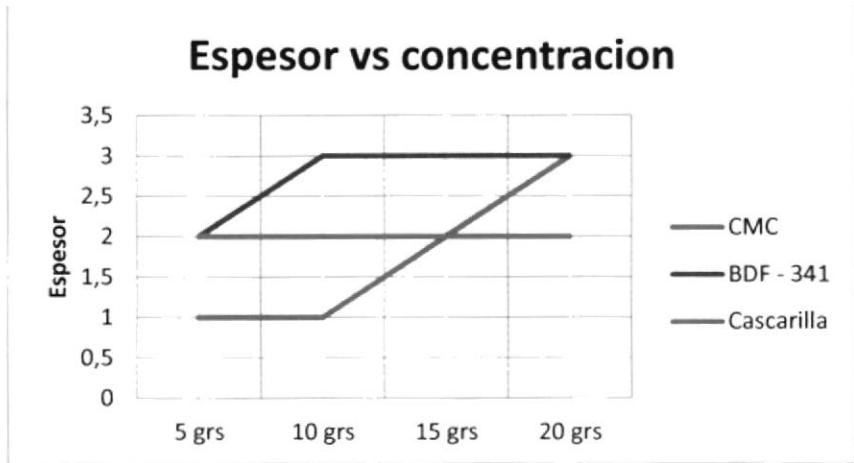


Gráfico # 5

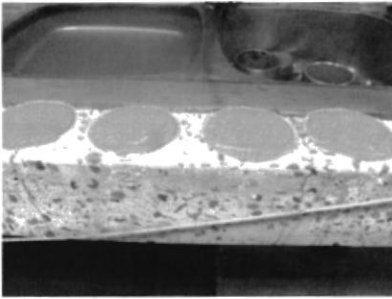


Foto # 7. Costra con CMC

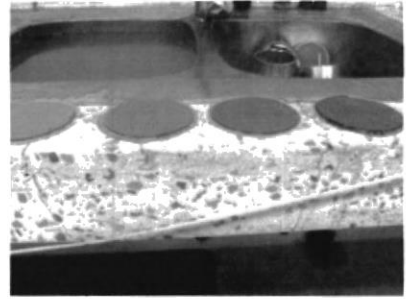


Foto # 8. Costra con BDF-341



Foto # 9. Costra con Cascarilla

## OBSERVACION

El espesor de la costra se mantiene constante hasta un límite de concentración de CMC de ahí en adelante comienza un engrosamiento de la costra.

El espesor de la costra se incrementa hasta un punto en donde se mantiene constante indiferente a la concentración del BDF – 341.

El espesor de la costra de la cascarilla se mantiene constante en un valor muy pequeño 2 mm.



Foto # 10. Costra de la bentonita

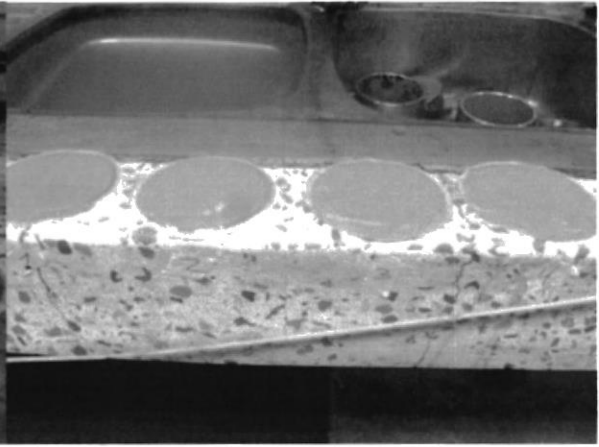


Foto # 11. Costra con CMC



Foto # 12. Costra con BDF-341



Foto # 13. Costra con cascarilla

MUESTRAS	PESO (lb/gal)			
	5 grs	10 grs	15 grs	20 grs
CMC	9.2	9.2	9.1	8.9
BDF - 341	9.2	9	9	9
CASCARILLA	8.4	8	7.8	7.7

Tabla # 10

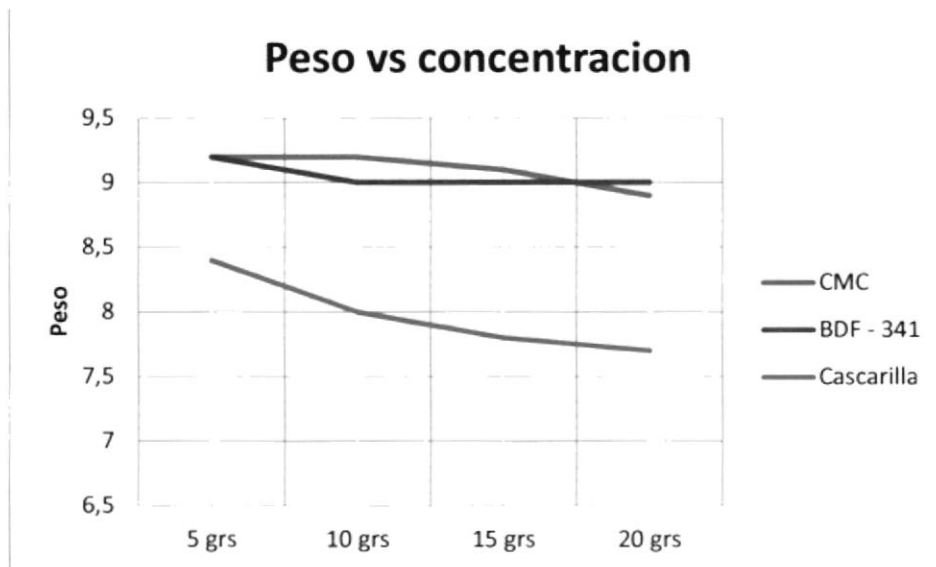


Gráfico # 6



Foto # 14. Balanza de lodos

## OBSERVACION

Podemos ver que el peso del lodo va en decremento a medida que se aumenta la cantidad de CMC siendo esta una relación inversamente proporcional.

El peso del lodo disminuye levemente hasta un determinado valor en donde el BDF – 341 permite que se mantenga constante.

El peso del lodo disminuye a medida que se incrementa la concentración de cascarilla en él, llevándolo a un punto muy por debajo de la densidad del agua; pero se lo puede incrementar a un valor por arriba de la densidad del agua añadiéndole barita, para determinar la cantidad de barita se realiza lo siguiente:

$$X = 1490(W2 - W1) / (35.5 - W2)$$

X = sacos de barita/ 100 Bbl

W1 = peso inicial del lodo en Lbs/gal

W2 = peso deseado en Lbs/gal

### Cálculos

$$X = 1490(8.4 - 8) (35.5 - 8.4) = 22 \text{ sacos de barita / 100 Bbl}$$

$$X = 1490(8.4 - 7.8) (35.5 - 8.4) = 33 \text{ sacos de barita / 100 Bbl}$$

$$X = 1490(8.4 - 7.7) (35.5 - 8.4) = 38 \text{ sacos de barita / 100 Bbl}$$

	punto cedente (lb/100 ft <sup>2</sup> )			
MUESTRAS	5 grs	10 grs	15 grs	20 grs
CMC	20	45	100	300
BDF - 341	20	19	23	22
CASCARILLA	65	50	46	41

Tabla # 11

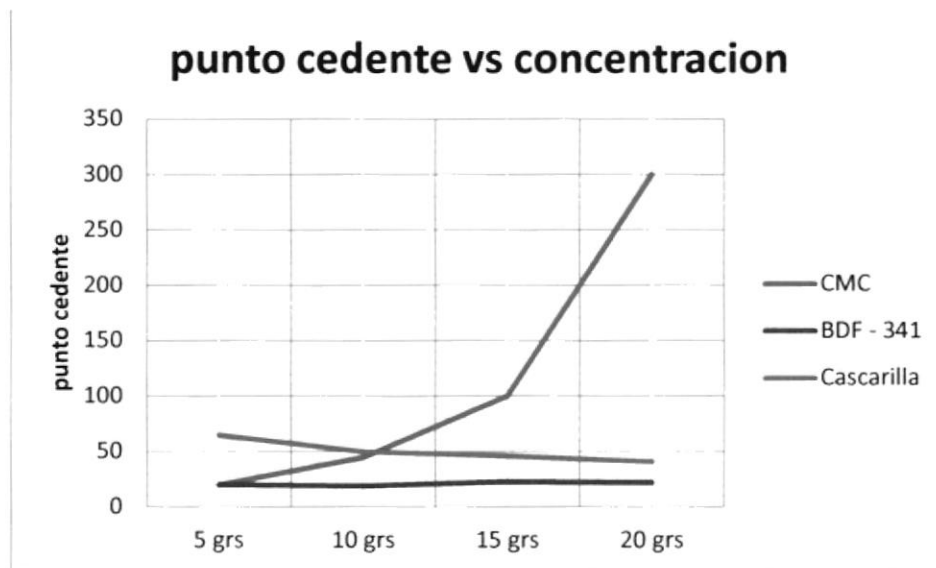


Gráfico # 7

## OBSERVACION

Podemos darnos cuenta que el punto cedente o fuerzas electroquímicas se incrementan casi exponencialmente con la concentración de CMC.

El punto cedente en la etapa inicial al agregarle el agente BDF - 341 disminuye levemente pero en las etapas siguientes se incrementa y vuelve a disminuir levemente; es decir ocurre una variación en las fuerzas electroquímicas internas debido a las diferentes concentraciones.

El punto cedente disminuye a medida que se incrementa la concentración de cascarilla.

## CAPITULO IV

### DISCUSION DE RESULTADOS

#### **4.1 Estudio comparativo entre los aditivos convencionales y la cascarilla de palma africana.**

Luego de realizadas todas las pruebas, procesar los datos nos damos cuenta que se han obtenido notorias diferencias entre los agentes para el control del filtrado convencionales y la cascarilla de palma africana en sus distintas propiedades.

El grafico A cuyos datos se encuentran en la tabla # 5, muestra la variación de la viscosidad aparente conforme se incrementa la concentración de arcilla partiendo desde un valor mínimo de 4 cp hasta un valor máximo de 150 cp, esto es debido a la propiedad de la arcilla de flocularse case instantáneamente. La filtración en esta prueba sin aditivos, se muestra con valores altos cayendo en cuenta de la necesidad en usar agentes para el control del filtrado.

El rendimiento de esta arcilla a 15 cp es de 183.5 Bbl/Ton de lodo, valor aceptable según la norma API para este tipo de lodos de perforación.

En el grafico # 1 cuyos datos se encuentran en la tabla # 6 tenemos el filtrado vs la concentración de los agentes CMC, BDF-341 y cascarilla. Esta grafica nos permite darnos cuenta de la eficiencia con la que el CMC reduce el filtrado con una concentración de 5 grs a 6.2ml, con 10 grs a 5.1 ml con 15 grs a 4.9 ml con 20 grs a 4.5 ml en comparación con la prueba referencial sin aditivos que filtra grandes volúmenes de agua y a los otros dos agentes, cabe recalcar que a más del pequeño volumen de agua filtrada se concentra una gran cantidad de sedimentos en las bases

de las probetas producto del filtrado del CMC, este es el sedimento que ingresa por los poros de la formación taponando de esa manera los conductos por donde se filtra el fluido de perforación sea este a base agua o aceite.

El segundo agente el BDF-341 reduce el filtrado en cantidades menores en comparación con la prueba referencial solo en las dos primeras concentraciones de la muestra es decir que con 15 y 20 grs de este polímero el filtrado casi se mantiene constante con valores de 13.9 ml y 13.2 ml respecto a la prueba referencial con 14 ml y 13 ml. Además de la particularidad del color del fluido que se filtra hacia las probetas que resulta ser un color muy oscuro debido a su constitución química sin presencia de sedimentos.

El tercer y principal agente que estamos estudiando en este trabajo es la cascarilla de palma africana, que sorprendentemente disminuye el filtrado muy por debajo de la prueba referencial con valores que van desde 10.5 ml con 5 grs, 9.5 ml con 10 grs, 9 ml con 15 grs, 8.5 ml con 20 grs y por debajo del polímero BDF-341 con valores que van desde 14.5 ml con 5 grs, 14 ml con 10 grs, 13.9 ml con 15 grs, 13.2 ml con 20 grs; pero no supera al CMC situándose en una posición intermedia en la gráfica con una notoria tendencia de disminución del filtrado entre los dos agentes convencionales.

En el grafico # 2 cuyos datos se encuentran en la tabla # 7 podemos ver el comportamiento que tiene la viscosidad plástica en los aditivos a diferentes concentraciones, podemos ver que esta viscosidad en el CMC aumenta rápidamente, con 5 grs de CMC tenemos una viscosidad plástica de 40 cp, con 10 grs tenemos una viscosidad plástica de 65 cp, con 15 grs tenemos una viscosidad plástica de 100 cp y con 20 grs de CMC tenemos una viscosidad plástica neta de cero; es decir que a alta revolución (R600) la viscosidad es igual que a abaja revolución (R 300) por lo tanto se anulan y en el grafico podemos ver que la recta de la viscosidad plástica cae a cero. Este notable aumento de la viscosidad plástica con el CMC es debido a la presencia de sólidos en el fluido presentan así una alta

resistencia al flujo causada por fricción mecánica, esta fricción ocurre entre los sólidos del lodo; sin embargo la viscosidad plástica depende de la concentración de sólidos y de la forma y tamaño de estos sólidos.

El polímero BDF-341, presenta una viscosidad plástica que va disminuyendo como podemos apreciar en la gráfica, podemos ver que a 5 grs de BDF-341 la viscosidad plástica es de 10 cp, a 10 grs la viscosidad plástica es de 8 cp, a 15 grs es de 6 cp y a 20 grs se estabiliza en 8 cp, haciendo caer en cuenta la propiedad de este polímero de no aumentar la viscosidad.

La cascarilla de palma africana presenta una viscosidad plástica relativamente pequeña en comparación con los aditivos anteriores, estos valores de viscosidad plástica van en un leve aumento en las distintas concentraciones de la cascarilla es decir con 5 grs de cascarilla tenemos una viscosidad plástica de 6 cp, con 10 grs tenemos una viscosidad de 7 cp, con 15 grs tenemos una viscosidad plástica de 8 cp y con 20 grs tenemos una viscosidad de 11 cp. Permitiendo tener una velocidad de flujo alta sin importar la cantidad de sólidos presentes en el fluido.

En el grafico # 3, cuyos datos se encuentran en la tabla # 8, tenemos el potencial de hidrogeno de nuestro lodo con diferentes concentraciones de los aditivos correspondientes.

El **pH** (potencial de hidrógeno) es una medida de la acidez o alcalinidad de una sustancia química.

El **pH** indica la concentración de iones hidronio  $[H_3O^+]$ , como podemos apreciar en la gráfica vemos que el polímero CMC y el polímero BDF-341 tienen un Ph de 10 y la cascarilla tiene un Ph de 9 indicando de esta manera un Ph mayor a 7 lo que quiere decir que el lodo con presencia de estos aditivos son alcalinos, por lo que no existe ningún riesgo de acidez que posteriormente se traduzca como corrosión.

En el grafico # 4, cuyos datos se encuentran en la tabla # 9, tenemos la viscosidad aparente, esta viscosidad en el CMC va en aumento a medida que se incrementa la concentración de CMC hasta un valor determinado en donde la viscosidad se estabiliza y se vuelve constante como podemos apreciar en la gráfica, pero con valores altos de viscosidad aparente; es decir con 5 grs de cmc tenemos una viscosidad aparente de 50 cp, con 10 grs tenemos una viscosidad aparente de 87.5 cp, con 15 grs tenemos una viscosidad aparente de 150 cp y con 20 grs tenemos una viscosidad aparente de 150 cp.

El polímero BDF-341, presenta una viscosidad menor a la viscosidad que resulto del lodo con el cmc y a concentraciones iguales.

La cascarilla presenta una viscosidad aparente relativamente alta respecto al CMC lo cual resulta muy bueno para la suspensión de los sólidos que se presentan al momento de la perforación.

En el grafico # 5, cuyos datos se encuentran en la tabla # 10, tenemos los espesores de la costra en distintas concentraciones de los aditivos para el control del filtrado. A medida que se aumenta la concentración de CMC, se incrementa el espesor de la costra como podemos apreciar en la gráfica.

El polímero BDF-341 muestra un leve aumento en el grosor de la costra hasta un punto en donde se estabiliza y se mantiene constante a mayor concentración del polímero.

La cascarilla al usarla en distintas concentraciones no presenta ningún aumento en el grosor de la costra, manteniéndose constante durante toda la prueba.

En el grafico # 6, cuyos datos se encuentran en la tabla # 11, tenemos el peso del lodo con las diferentes concentraciones de los aditivos que controlan el filtrado.

El polímero CMC disminuye ligeramente la densidad del lodo a medida que se aumenta la concentración del mismo, pero no cae por debajo de la densidad del agua es decir que no pasa de 8.33 Lb/gal.

El polímero BDF-341, mantiene una densidad del lodo por arriba de la densidad del agua.

La cascarilla disminuye la densidad del lodo, tanto así que cae por debajo de la densidad del agua mientras se aumenta la concentración de cascarilla en el lodo; para evitar esta peligrosa situación se debe añadir un material densificante como por ejemplo la barita, determinando que concentración de este material densificante se le debe suministrar al lodo para que se ubique en una densidad adecuada para la operación.

Para efecto de esta prueba se determinó la cantidad de barita requerida para incrementar la densidad del lodo con cascarilla:

$$X = 1490(W2 - W1) / (35.5 - W2)$$

X = sacos de barita/ 100 Bbl

W1 = peso inicial del lodo en Lbs/gal

W2 = peso deseado en Lbs/gal

En el gráfico # 7, cuyos datos se encuentran en la tabla # 12, tenemos que el punto cedente en distinta concentración varía y va en aumento.

El polímero CMC, a distintas concentraciones presenta un aumento en el punto cedente siendo una relación directa.

El polímero BDF-341, presenta un punto cedente estable en las distintas concentraciones respecto a los otros agentes.

La cascarilla, presenta un alto punto cedente que va en caída a medida que se aumenta la concentración de la cascarilla.

El punto cedente o fuerzas electroquímicas es el resultado de las cargas positivas y negativas presentes en las partículas localizadas en o cerca de la superficie, el punto cedente es una medida de estas fuerzas bajo las condiciones de flujo y depende de :

- La propiedad de la superficie del sólido en el lodo.
- Concentración en volumen de los sólidos.

#### 4.2 Análisis económico comparativo

ADITIVOS	TONELADA	SACO (25Kg)
CMC*	\$ 1200	\$ 63.16
BDF-341**	\$ 2683	\$ 134.24
CASCARILLA***	\$ 20.00	\$ 20.00

CMC\* Precio no incluye aranceles, impuestos, transporte

BDF-341\*\* Precio tomado en el campo

CASCARILLA\*\*\* valor de la tonelada según la Hcda. Rio manso, el valor del saco supuesto

**Tabla # 12**  
**Costos de los aditivos**

El costo de la cascarilla por la tonelada es a nivel nacional hasta la presente fecha, el costo por el saco de 25 kg es un valor estimado; ya que puede variar si se llega a industrializar el proceso de obtención y mejora de la cascarilla de la palma africana.



Foto # 15 ( 25 Kg de CMC)



Foto # 16 ( 25 Kg de BDF-341)



Foto # 17 ( Muestra de cascarilla)

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### **Conclusiones**

1. Podemos notar claramente las diferencias entre los tres agentes para el control del filtrado que se utilizó para estas pruebas. Dos de estos aditivos se utilizan actualmente en la ingeniería de lodos el primero, el CMC con un alto rendimiento para el control del filtrado con presencia de sedimentos en el volumen del agua filtrada, con un Ph alcalino con lo cual no hay riesgo de corrosión debido a la acidez, se obtuvieron viscosidades muy altas debido a sus propiedades químicas pero en el mercado actual posee un alto costo y al ser un producto químico demanda de un estricto control ambiental y protección para el personal que lo manipula.
2. El segundo agente para el control del filtrado el BDF- 341 producto de la compañía Baroid – Halliburton, agente que fue utilizado en la perforación del pozo TAPIR 1, obtuvo un óptimo rendimiento en el control del filtrado con bajas viscosidades, con un Ph alcalino sin riesgo de corrosión, pero no iguala o mejora el rendimiento del CMC, con un alto costo tanto por tonelada como por unidad.
3. El tercer agente utilizado para el control del filtrado en esta prueba se trata de la cascarilla de la palma africana, agente con el cual se obtuvieron resultados muy buenos en comparación con el agente de origen químico BDF – 341, por lo que este producto (cascarilla) se lo puede utilizar para el control del filtrado con buenos resultados, debido a que filtra una menor cantidad de agua, el Ph se mantiene alcalino, las viscosidades se mantienen dentro de un rango aceptable para la suspensión de los cortes en el interior del pozo.

La disminución de la densidad del lodo a causa de la cascarilla se recomienda aumentarla con barita, determinando la cantidad de barita mediante una ecuación sencilla en el laboratorio.

4. En base a los resultados obtenidos en el laboratorio, con las respectivas diferencias entre aditivos se recomienda usar la cascarilla de palma africana en el sistema de lodos, por lo que no existe ningún riesgo de contaminación tanto al ambiente como al personal que lo manipularía ya que es de origen natural y estarían contribuyendo con el aprovechamiento total de un desecho que hasta la presente fecha simplemente es quemado o enterrado.

### **Recomendación**

1. Se recomienda realizar pruebas en la celda alta presión alta temperatura con la finalidad de afianzar la eficiencia de la cascarilla.
2. Realizar un estudio más profundo y detallado empleando la cascarilla junto con elementos contaminantes.
3. Mediante pruebas realizar alguna modificación a la cascarilla para el desarrollo de sus propiedades.
4. Realizar un análisis químico más detallado con la finalidad de encontrar otros elementos presentes aparte del tanino.
5. Se recomienda utilizar la cascarilla de palma africana como adelgazador del lodo de perforación

## Bibliografía

- STANDAR PRACTICE FOR FIELD TESTING WATER-BASED DRILLING FLUIDS 13B-1 (May 2000).
- CONCEPTOS BASICOS DE PERFORACION (Ron Baker 1979)
- A DICTIONARY FOR THE PETROLEUM INDUSTRY (Third edition)
- TEORIA DE LA HIDRAULICA DE PERFORACION (PROF. ING. D.TAPIA, LUIS CRUZ PINTADO) 2006-04-30
- <http://www.cosmotienda.com/tienda/carboximetilcelulosa-sodio-p-3241.html>25/10/12
- <http://spanish.alibaba.com/product-gs-img/carboxy-methyl-cellulose-cmc-pharmaceutical-271168558.html>25/10/12
- <http://spanish.alibaba.com/product-gs/cmc-price-549137130.html>25/10/12
- <http://www.elrinconpetrolero.blogspot.com/2009/10/fluidos-de-perforacion-manual-de.html>25/10/12
- <http://es.scribd.com/doc/27319223/PROPIEDADES-REOLOGICAS-Y-PRUEBAS-DE-LODOS-DE-PERFORACION>25/10/12
- <http://www.buenastareas.com/ensayos/Fluidos-De-Perforacion-Petrolera/1485612.html>25/10/12
- <http://www.gtic.ssr.upm.es/encuestas/delphi.htm>12/07/12
- <http://www.slideshare.net/prispoupard/mtodo-delphi>12/07/12
- <http://www.allpetrol.com.ar/all-petrol-productos-listado.php?rubro=5>10/09/12
- Drilling Fluids Technology "Exxon Company, U.S.A."
- TESIS DE GRADO "EL TANINO COMO ADITIVO PARA EL CONTROL DE FILTRACION Y VISCOSIDAD" (ING Xavier Vargas ESPOL 1985)
- <http://es.scribd.com/doc/20226217/Introduccion-a-los-Fluidos-de-Perforacion>25/10/12

Anexos





Escuela Superior Politécnica  
del Litoral - ESPOL

Instituto de Ciencias Químicas  
y Ambientales - ICQA



Certificado de  
Análisis


Nº: 055-2012

(RG 5-10)

Fecha recepción muestra(s): 14 de junio de 2012  
Fecha entrega resultados: 18 de junio de 2012  
Solicitante: **Miguel Ángel Proaño Z.**  
Muestra(s): Una muestra de cascarilla

Parámetro	Unidad	Resultado	Método de Análisis
Taninos	%	0.80	Volumétrico

Observaciones: Muestra(s) entregada(s) e ingresada(s) por el cliente como:  
"Cascarilla pulverizada de palma africana"

  
**Dr. David Matamoros C.**  
**Director Instituto de Ciencias**  
**Químicas y Ambientales**

LCC/.

**Notas:** Este informe es válido solo con el sello de seguridad de alto relieve y no podrá ser reproducido de forma parcial o total.  
Los resultados obtenidos corresponden solo a la muestra analizada.  
Las cifras luego del punto (.) deben ser consideradas como decimales.  
Las cifras luego de la coma (,) deben ser consideradas como enteros.

Buen día, mi nombre es Miguel Ángel Proaño Zambrano, estudiante de ingeniería en petróleos, de ESPOL, me encuentro **CONSULTANDO LA OPINIÓN DE PROFESIONALES QUE LABORAN EN LA INDUSTRIA PETROLERA** para validar el objetivo de mi tesis de grado acerca del uso del tanino presente en la cascarilla de palma africana para el control del filtrado hacia la formación. Agradezco su ayuda contestando las siguientes preguntas:

NOMBRE: Fanny MORA

EMPRESA: WEATRECCION

PREGUNTAS	SIEMPRE	CASI SIEMPRE	INDIFERENTE	AVECES	NUNCA
1. Considera usted a la filtración un problema	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Si se le facilitara a usted un aditivo de origen natural para el control del filtrado, que controla la filtración igual que los aditivos convencionales pero a un menor costo y sin impacto ambiental lo usaría	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Cree usted que se deba aprovechar un recurso natural con una alta concentración de taninos para el control del filtrado y así contribuir con el sostenimiento del ecosistema	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Aconseja usted llevar a cabo este trabajo para la aplicación de un nuevo aditivo en los lodos de perforación	SI <input checked="" type="checkbox"/>		NO <input type="checkbox"/>		
5. Qué opina usted acerca de los actuales aditivos que se usan para el control del filtrado	EXCELENTES <input type="checkbox"/>	CONTAMINANTES <input type="checkbox"/>		PELIGROSOS <input checked="" type="checkbox"/>	

Sugerencia:.....  
 .....  
 .....

Buen día, mi nombre es Miguel Ángel Proaño Zambrano, estudiante de ingeniería en petróleos, de ESPOL, me encuentro **CONSULTANDO LA OPINIÓN DE PROFESIONALES QUE LABORAN EN LA INDUSTRIA PETROLERA** para validar el objetivo de mi tesis de grado acerca del uso del tanino presente en la cascarilla de palma africana para el control del filtrado hacia la formación. Agradezco su ayuda contestando las siguientes preguntas:

NOMBRE: Alvar Morales

EMPRESA: PROMETEO - SEVESCOT.

PREGUNTAS	SIEMPRE	CASI SIEMPRE	INDIFERENTE	AVECES	NUNCA
1. Considera usted a la filtración un problema	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Si se le facilitara a usted un aditivo de origen natural para el control del filtrado, que controla la filtración igual que los aditivos convencionales pero a un menor costo y sin impacto ambiental lo usaría	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Cree usted que se deba aprovechar un recurso natural con una alta concentración de taninos para el control del filtrado y así contribuir con el sostenimiento del ecosistema	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Aconseja usted llevar a cabo este trabajo para la aplicación de un nuevo aditivo en los lodos de perforación	SI <input checked="" type="checkbox"/>		NO <input type="checkbox"/>		
5. Qué opina usted acerca de los actuales aditivos que se usan para el control del filtrado	EXCELENTES <input type="checkbox"/>	CONTAMINANTES <input checked="" type="checkbox"/>	PELIGROSOS <input type="checkbox"/>		

Sugerencia: Aumentar investigación en el uso de Taninos para otras aplicaciones.

Buen día, mi nombre es Miguel Ángel Proaño Zambrano, estudiante de ingeniería en petróleos, de ESPOL, me encuentro **CONSULTANDO LA OPINIÓN DE PROFESIONALES QUE LABORAN EN LA INDUSTRIA PETROLERA** para validar el objetivo de mi tesis de grado acerca del uso del tanino presente en la cascarilla de palma africana para el control del filtrado hacia la formación. Agradezco su ayuda contestando las siguientes preguntas:

NOMBRE: CAROLINA RIVERA

EMPRESA: PETROANAZONAS

PREGUNTAS	SIEMPRE	CASI SIEMPRE	INDIFERENTE	AVECES	NUNCA
1. Considera usted a la filtración un problema	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Si se le facilitara a usted un aditivo de origen natural para el control del filtrado, que controla la filtración igual que los aditivos convencionales pero a un menor costo y sin impacto ambiental lo usaría	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Cree usted que se deba aprovechar un recurso natural con una alta concentración de taninos para el control del filtrado y así contribuir con el sostenimiento del ecosistema	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Aconseja usted llevar a cabo este trabajo para la aplicación de un nuevo aditivo en los lodos de perforación	SI <input checked="" type="checkbox"/>		NO <input type="checkbox"/>		
5. Qué opina usted acerca de los actuales aditivos que se usan para el control del filtrado	EXCELENTES <input checked="" type="checkbox"/>	CONTAMINANTES <input type="checkbox"/>		PELIGROSOS <input type="checkbox"/>	

Sugerencia:.....

.....

.....

Buen día, mi nombre es Miguel Ángel Proaño Zambrano, estudiante de ingeniería en petróleos, de ESPOL, me encuentro **CONSULTANDO LA OPINIÓN DE PROFESIONALES QUE LABORAN EN LA INDUSTRIA PETROLERA** para validar el objetivo de mi tesis de grado acerca del uso del tanino presente en la cascarilla de palma africana para el control del filtrado hacia la formación. Agradezco su ayuda contestando las siguientes preguntas:

NOMBRE: Miguel Ángel Proaño Zambrano

EMPRESA: Industria Petrolera

PREGUNTAS	SIEMPRE	CASI SIEMPRE	INDIFERENTE	AVECES	NUNCA
1. Considera usted a la filtración un problema	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Si se le facilitara a usted un aditivo de origen natural para el control del filtrado, que controla la filtración igual que los aditivos convencionales pero a un menor costo y sin impacto ambiental lo usaría	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Cree usted que se deba aprovechar un recurso natural con una alta concentración de taninos para el control del filtrado y así contribuir con el sostenimiento del ecosistema	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Aconseja usted llevar a cabo este trabajo para la aplicación de un nuevo aditivo en los lodos de perforación	SI <input checked="" type="checkbox"/>		NO <input type="checkbox"/>		
5. Qué opina usted acerca de los actuales aditivos que se usan para el control del filtrado	EXCELENTES <input type="checkbox"/>	CONTAMINANTES <input checked="" type="checkbox"/>		PELIGROSOS <input type="checkbox"/>	

Sugerencia: Con respecto a los aditivos que se usan para el control del filtrado, se debe considerar el uso de taninos de origen natural, ya que son más económicos y no contaminan el medio ambiente.

.....

.....

.....

Buen día, mi nombre es Miguel Ángel Proaño Zambrano, estudiante de ingeniería en petróleos, de ESPOL, me encuentro **CONSULTANDO LA OPINIÓN DE PROFESIONALES QUE LABORAN EN LA INDUSTRIA PETROLERA** para validar el objetivo de mi tesis de grado acerca del uso del tanino presente en la cascarilla de palma africana para el control del filtrado hacia la formación. Agradezco su ayuda contestando las siguientes preguntas:

NOMBRE: Miguel Proaño  
 EMPRESA: CEPACOR S.A.

PREGUNTAS	SIEMPRE	CASI SIEMPRE	INDIFERENTE	AVECES	NUNCA
1. Considera usted a la filtración un problema	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Si se le facilitara a usted un aditivo de origen natural para el control del filtrado, que controla la filtración igual que los aditivos convencionales pero a un menor costo y sin impacto ambiental lo usaría	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Cree usted que se deba aprovechar un recurso natural con una alta concentración de taninos para el control del filtrado y así contribuir con el sostenimiento del ecosistema	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Aconseja usted llevar a cabo este trabajo para la aplicación de un nuevo aditivo en los lodos de perforación	SI <input checked="" type="checkbox"/>		NO <input type="checkbox"/>		
5. Qué opina usted acerca de los actuales aditivos que se usan para el control del filtrado	EXCELENTES <input type="checkbox"/>	CONTAMINANTES <input checked="" type="checkbox"/>	PELIGROSOS <input type="checkbox"/>		

Sugerencia: TODO DOCUMENTO DEBE TENER UNA  
FECHA Y UN LUGAR EN EL CUAL SE REALIZA  
LA INVESTIGACIÓN

Buen día, mi nombre es Miguel Ángel Proaño Zambrano, estudiante de ingeniería en petróleos, de ESPOL, me encuentro **CONSULTANDO LA OPINIÓN DE PROFESIONALES QUE LABORAN EN LA INDUSTRIA PETROLERA** para validar el objetivo de mi tesis de grado acerca del uso del tanino presente en la cascarilla de palma africana para el control del filtrado hacia la formación. Agradezco su ayuda contestando las siguientes preguntas:

NOMBRE: Miguel Ángel Proaño Zambrano

EMPRESA: CETAGUA S.A

PREGUNTAS	SIEMPRE	CASI SIEMPRE	INDIFERENTE	AVECES	NUNCA
1. Considera usted a la filtración un problema	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Si se le facilitara a usted un aditivo de origen natural para el control del filtrado, que controla la filtración igual que los aditivos convencionales pero a un menor costo y sin impacto ambiental lo usaría	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Cree usted que se deba aprovechar un recurso natural con una alta concentración de taninos para el control del filtrado y así contribuir con el sostenimiento del ecosistema	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Aconseja usted llevar a cabo este trabajo para la aplicación de un nuevo aditivo en los lodos de perforación	SI <input checked="" type="checkbox"/>		NO <input type="checkbox"/>		
5. Qué opina usted acerca de los actuales aditivos que se usan para el control del filtrado	EXCELENTES <input checked="" type="checkbox"/>	CONTAMINANTES <input type="checkbox"/>		PELIGROSOS <input type="checkbox"/>	

Sugerencia:.....  
 Buena información sobre polímeros biodegradables como LIPES o EXPO  
 pero con bajo costo, actualmente en el mercado son muy caros.