

## **Caracterización de aceite recuperado de motor (mineral y sintético).**

### **Carectization of recuperated oil motor (mineral and sintetic)**

Marín Gómez Edwin Josué

[marine@uvm.edu.ve](mailto:marine@uvm.edu.ve)

#### **Resumen**

Un fluido de perforación es una mezcla de sólidos, líquidos y aditivos de cuya preparación y mantenimiento depende el éxito, la rapidez y seguridad del pozo que se perfora. Durante la perforación de los pozos petroleros es necesario garantizar que el yacimiento no sea invadido en exceso por parte de los líquidos y sólidos presentes en el fluido de perforación. El objetivo principal de la investigación fue utilizar aceite recuperado de motor con el fin de aplicar tratamientos de limpieza como fue la técnica de extracción por solvente y realización del empaque el cual actuó como filtro para posteriormente ser sometido a los procesos de destilación basándose en las normas COVENIN 0850-1995 y COVENIN 2370-86. De esta manera se obtuvo el residuo de la destilación y posteriormente se evaluó como controlador de filtrado en un fluido 100% aceite mineral al cual se le estudiaron sus propiedades físicas mediante la norma API 13 B-2; (propiedades reológicas, densidad del fluido, tasa de filtrado, porcentaje de agua y sedimentos). Se concluyó que el fluido que mostro menor filtrado fue el formulado con el controlador proveniente del residuo de la destilación al vacío del aceite sintético de motor basándose en las especificaciones técnicas propuestas por la empresa el Samán, posteriormente se estudiaron las propiedades físicas del fluido de perforación mediante el análisis estadístico a través de la herramienta STATGRAPHICS Plus Versión 5.1 mostrando variación estadísticamente significativa con un nivel de confianza del 95%.

Palabras claves: Fluidos, Perforación, Pozos, Aceites, Yacimientos; Covenin, Reologia, Densidad, Destilación.

### **Abstract**

A fluid of perforation is one mix of solids, liquids and additives in which the perforation and maintenance depend of the result, the rapidity and security of the hole perforated. During the perforation of the petroleum hole is necessary guarantee. That petroleum oil field isn't invade in excess for the liquids and solids present in the fluid of perforation. The main objective of the investigation was used oil motor recuperated. In order to apply treatment of cleaning as was the technique of extraction for solvent and the realization of the packing in which acted as filter for posteriorly be submitted of the destillation process based in the laws. Of Covenin 0850-1995 and cove 2370-86 of this way it obtained the residue of the destillation and posteriorly it evaluated as controller of filter in one fluid 100 % oil mineral in which studied its properties by means of norm API B-2 ( reologic properties, density of fluid cup of filtered, percentage of water and sediments). It concluded that the fluid that shown less filtered. Was formulated with the controller, provenient of the residue of the destillation to the empty of the motor sintetic oil based in technique specifications given for the company of Saman, posteriorly studied the physic properties of the perforation fluid by means of the estadistic analyze through of the tool statgraphuics plus version 5.1, showing variation significantly estadistic with a level of confidence of 95 %.

**Keywords:** Fluids, perforation, holes, oils, petroleum oil fields, covenin, reologic, density- destillation.

## Introducción

Los fluidos de perforación son una mezcla que puede estar constituida por gases, líquidos y sólidos distribuidos en una fase líquida o gaseosa, con características físicas y químicas apropiadas adaptándose a diversas condiciones. Este líquido o gas es la fase continua del fluido, mientras que los sólidos, burbujas de gas y glóbulos de fluidos forman la fase discontinua. Un fluido de perforación se puede describir por sus propiedades y los materiales que se han utilizado en su formulación, para así cumplir con los requerimientos durante las labores de perforación de pozos. Los fluidos de perforación cuando son circulados a través de la formación permeable, perderán parte de su fase líquida hacia el interior de la formación. Los sólidos del fluido se depositarán sobre las paredes del pozo formando una capa llamada revoque, lo cual dependerá de la calidad del controlador de filtrado que evita las pérdidas excesivas de líquido hacia la formación. (Castillo, S. 2001. p.9).

El aceite recuperado de motor es un desecho que se genera con bastante frecuencia en establecimientos industriales, mineros y del sector transporte entre otros, una vez que este producto a cumplido su ciclo (vida útil) debe ser dispuesto de manera adecuada para no generar problemas a la salud de la población y al medio ambiente.

A partir de esta investigación se demostró la calidad del residuo obtenido de la destilación atmosférica y destilación al vacío del aceite de motor recuperado que se empleó como controlador de filtrado en un fluido de perforación base aceite, a nivel de laboratorio a fin de crear una alternativa diferente con el objeto de innovar una propuesta viable en la obtención de este aditivo para la formulación de un fluido de perforación 100% aceite.

i

## **Caracterización de las muestras de aceite motor recuperado (mineral y sintético), antes y después de la destilación al vacío mediante las normas que rigen la determinación de la densidad, viscosidad, porcentaje de agua y sedimentos**

### **Fase 1. Recolección, caracterización y depuración del aceite recuperado de motor**

Primero se llevó a cabo la recolección de la muestra de aceite recuperado de motor (mineral y sintético) a la cual se le aplicaron procesos de caracterización mediante las normas COVENIN 1143-1998 "Crudo y sus derivados. Determinación de la densidad, densidad relativa (peso específico) y gravedad API. Método del hidrómetro", COVENIN 424-91 "Petróleo crudo y sus derivados. Determinación de la viscosidad cinemática y cálculo de la viscosidad dinámica" y la norma COVENIN 2683-90 "Productos derivados del petróleo. Determinación del contenido de agua y sedimento, método de la centrífuga". Los procesos experimentales realizados a nivel de laboratorio se encuentran detallados en el apéndice E; luego se procedió con la técnica de extracción por solvente. Este proceso consiste en mezclar el aceite recuperado de motor con alcohol y heptano para eliminar las impurezas existentes en dicho aceite debido al desgaste del motor y por contacto con combustibles. Luego de realizado este proceso de depuración se volvieron a caracterizar las muestras mediante las normas COVENIN ya mencionadas para la evaluación de la efectividad del método de depuración.

### **Fase 2. Método de filtrado**

Para disminuir la cantidad de aromáticos y la densidad del aceite se procedió a utilizar un método de filtrado que consiste en la elaboración de un empaque que se construyó con algodón, lana de acero, azúcar y silica gel a través del cual se hizo circular el aceite.

### **Fase 3. Paso por el Rotavapor**

Dado que el aceite de trabajo contiene cierta cantidad de heptano en su composición, éste se circuló a través del Rotavapor el cual tuvo como función separar el heptano del aceite a una temperatura de 75°C.

#### **Fase 4. Destilación atmosférica**

Culminada la caracterización de las muestras libres de impurezas se procedió a realizar la destilación atmosférica bajo la norma COVENIN 0850-1995 “Productos derivados del petróleo, destilación atmosférica”. Los procedimientos experimentales se muestran en el apéndice E; esta técnica tiene como propósito en elevar la temperatura hasta el punto de ebullición de la muestra manteniendo el sistema a una atmósfera de presión obteniendo como resultado el residuo y el destilado, los cuales se caracterizaron determinando la densidad, viscosidad, porcentaje de agua y sedimentos bajo las normas COVENIN mencionadas anteriormente.

#### **Fase 5. Mejoramiento del equipo de destilación al vacío**

Antes de realizar la destilación al vacío se tuvo que optimizar el equipo de destilación cumpliendo con la norma COVENIN 2370 – 86 “Productos derivados del petróleo, destilación a presiones reducidas”, (apéndice E); los cambios aplicados a dicho equipo fueron:

- Reducción de conexiones: primeramente se procedió a reemplazar una de las piezas del sistema que poseía cuatro conexiones por otra pieza que solo posee tres conexiones lo cual redujo el número de fuga del sistema las cuales se aprecian en la figura B.1 (apéndice B).
- Esmerilado de conexiones: luego se realizaron el esmerilado de las conexiones a todas las piezas que conforman este sistema para que ensamblen de manera hermética y evite que en uniones entre las piezas existan pérdidas.

- Sustitución de bomba de circulación de agua: sucesivamente se sustituyó la bomba que desplaza el agua a través del condensador por una de mayor presión para que el flujo de agua a través de él sea mayor lo cual al momento de que el vapor fluya a través del condensador y que este pase a la fase líquida, con la finalidad de que las pérdidas de vapor al momento que se despresurice el sistema sean menores.
- Sustitución de la válvula: por último se reemplazó la válvula existente por una válvula de alta presión la cual es utilizada en los cilindros presurizados con el fin de que el sistema permanezca a presiones reducidas, la imagen de la válvula se muestra en la figura B.2 (apéndice B).

## **Fase 6. Destilación al vacío**

Cumplidas las fases anteriores se procedió a aplicar la destilación al vacío, al residuo de la destilación atmosférica del aceite recuperado de motor (mineral y sintético), luego las muestras del residuo fueron caracterizadas midiendo sus propiedades como son: densidad, viscosidad, punto cedente, fuerzas gel, a través de las normas COVENIN mencionadas anteriormente (apéndice E).

## **Resultados obtenidos de la prueba**

### **Caracterización de las muestras de aceite motor recuperado (mineral y sintético), antes y después de la destilación atmosférica y al vacío mediante la densidad, viscosidad y porcentaje de agua y sedimento**

Como se puede observar en la tabla 4.1 la densidad, viscosidad y porcentaje de agua y sedimentos del aceite de motor nuevo en comparación con el aceite recuperado de motor muestran variaciones en sus valores, esto ocurre producto que el aceite al cumplir su función dentro del motor el sufre alteraciones de temperatura y puede

contaminado por metales presentes en el motor lo que tiene como consecuencia variaciones en las propiedades antes mencionadas.

En la técnica de extracción por solvente se obtuvo una disminución de dichas propiedades dado que el alcohol y el heptano envuelven las partículas sólidas y pesadas que tiene el aceite, las cuales se separaron por decantación quedando un aceite con menor cantidad de sólidos.

Al circular las muestras de aceite recuperado de motor a través del empaque sus valores de densidad, viscosidad plástica y viscosidad dinámica disminuyen debido a que las partículas sólidas quedan retenidas en el empaque y aunado a ello esta disminución se debe a la presencia de heptano que se le agrega al empaque.

Seguidamente se circularon las muestras de aceite a través del Rotavapor donde se visualizó el aumento de sus propiedades que se encuentran en la tabla 4.1 producto de la eliminación del heptano debido que este es un compuesto más liviano que el aceite, el porcentaje de agua y sedimento mostro valores por debajo de la lectura mínima del tubo de centrifugación.

Posteriormente el aceite se sometió a los procesos de destilación atmosférica y al vacío en el cual se evaporaron los componentes más livianos quedando un residuo con una variación en su composición, dado a que en éste sólo se encuentran los componentes pesados obteniendo como resultado un incremento en las propiedades las cuales se muestran en la tabla 4.1.

### Resultados de los procedimientos realizados en la obtención del controlador del filtrado

	°C	d (g/ml)	d cinemática (St)	dinámica (P)	Sedimentos
Nuevo "Sin usar"	25,5	0,8688	2,54	2,21	0
Recuperado de motor	25,5	0,8771	2,48	2,17	0,6
Extracción por solvente	25,5	0,8378	0,25	0,21	Trazas



	5				
<b>Retro vaporizador</b>	25, 5	0,8358	0,32	0,26	Trazas
<b>Destilación Atmosférica(Residu o)</b>	25, 5	0,8565	1,01	0,86	Trazas
<b>Destilación al vacío(Residuo)</b>	25, 5	0,8795	2,51	2,21	Trazas

La caracterización del aceite mineral se encuentra en la tabla B.1 del apéndice B.

**Determinación de las propiedades físicas del fluido de perforación base aceite antes y después del envejecimiento dinámico utilizando el controlador de filtrado propuesto**

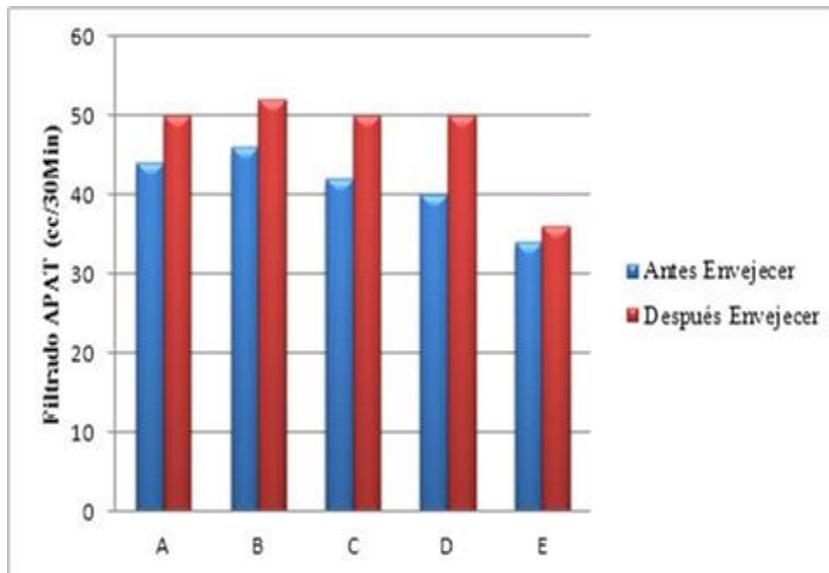
Se procedió a la formulación de un fluido de perforación 100% aceite mineral para determinar la calidad de los controladores de filtrado propuestos utilizando el residuo de la destilación atmosférica y al vacío, la formulación es la recomendada por la empresa SCOMI para la evaluación de los controladores de filtrado donde existen las especificaciones técnicas la cual se muestra a continuación en la tabla 4.2.

**Especificaciones técnicas para el controlador de filtrado de la empresa SCOMI (Normas internas del ScomiOiltools)**

Nº	Propiedades	Rangos de Aceptación
1	Apariencia	Polvo de Color Negro
2	APAT (ml/30Min)	< 6

Fuente;.ScomiOiltools, 2009.

En la gráfica 4.1 se muestra el comportamiento del filtrado de los diversos controladores de filtrado propuestos y el comercial.



#### Comportamiento de la tasa de filtrado antes y después del envejecimiento dinámico

- A.** Controlador de filtrado del residuo de la destilación al vacío del aceite sintético de motor
- B.** Controlador de filtrado del residuo de la destilación al vacío del aceite mineral de motor
- C.** Controlador de filtrado del residuo de la destilación atmosférica del aceite sintético de motor
- D.** Controlador de filtrado del residuo de la destilación atmosférica del aceite mineral de motor
- E.** Controlador de filtrado comercial (lignito organofílico)

Como se puede observar en la gráfica 4.1, los controladores de filtrado propuestos en esta investigación y el comercial no se encuentran dentro del rango de calidad

recomendado por la empresa SCOMI los cuales se muestran en la tabla 4.2 debido a que estos valores exceden los 6cc/30min, esto se presentó principalmente porque se obtuvo un revoque con un espesor mayor a 1mm y poco humectado lo que trae como indicio que se agriete y se forman canales a través del cual se filtra el fluido de perforación en la figura B.3 del apéndice B se muestran la imagen del revoque obtenido de dicho proceso, de igual modo se toma en cuenta que no se podría adherir a las paredes del hoyo a través del cual puede existir la pérdida de filtrado .(Rodríguez, P. Franklig, R.2002 p.41).

Es necesario destacar que la diferencia entre la formulación presentada por la empresa SCOMI mostrada en la tabla 3.1 es el cambio del controlador de filtrado comercial (lignito organofílico) por los controladores de filtrado propuestos en esta investigación, lo cual refleja que el aditivo propuesto y el comercial no desarrollaron el comportamiento esperado.

Posteriormente se le realizó un cambio a la formulación con el objetivo de que los controladores de filtrado propuestos arrojaran resultados que se encuentren dentro de las especificaciones de la hoja de calidad de la empresa SCOMI. Esto consistió en agregar el doble de la cantidad del controlador de filtrado propuesto y el comercial, para obtener un mayor desempeño del mismo. En la tabla B.3 del apéndice B se muestra la variación realizada. Cabe destacar que se seleccionó uno de los controladores de filtrado propuestos en base al que demostró una menor cantidad de filtrado; el controlador de filtrado utilizado es el residuo de la destilación al vacío del aceite sintético de motor el cual se puede visualizar en la tabla 4.1

Luego de efectuada la prueba de calidad recomendada por la empresa SCOMI al controlador de filtrado comercial y el propuesto se pudo observar que el filtrado obtenido fue de 48cc/30min y 60cc/30min respectivamente los cuales se muestran en la tabla B.2.1 del apéndice B. Este resultado no se encuentra dentro del rango de calidad de la empresa SCOMI lo que indicó que esta modificación realizada a la formulación presentó

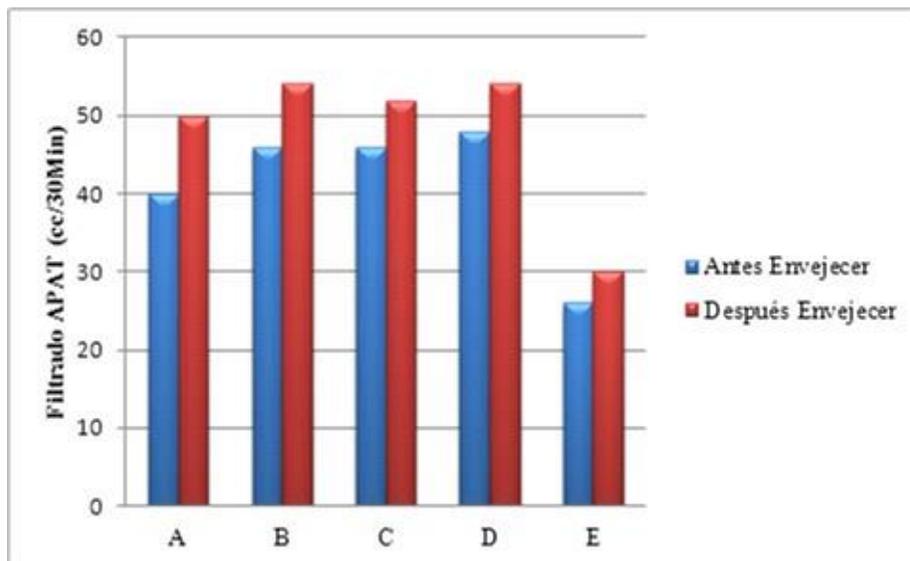
un aumento en el filtrado; es decir que el filtrado hacia la formación fue mayor que en la formulación anterior.

Una vez realizadas las pruebas de filtrado con esta formulación y apreciar que no se obtuvieron los resultados deseados se procedió a la prueba de estos controladores de filtrados propuestos con otra formulación recomendada por la empresa Samán Tecnología Integral de Petróleo la cual se muestra en la tabla 3.2, con el fin de que los controladores propuestos logaran un desempeño óptimo y cumplir el fin de alcanzar los objetivos establecidos por esta investigación. A continuación en la tabla 4.3 se muestran las especificaciones técnicas recomendadas por la empresa Samán para la perforación en zonas intermedias a nivel de campo, teniendo en cuenta que los rangos asumen la incorporación de sólidos de formación.

**Rango de valores para las propiedades de un fluido de perforación base aceite Vassa propuesta por la empresa Samán a nivel de campo**

Propiedad	Unidad de medida	Rango
Densidad	Lpg	11,8-12,2
Viscosidad plástica	cP	15-25
Punto cedente	Lb/100pie <sup>2</sup>	5-15
Geles 10 segundos	Lb/100pie <sup>2</sup>	3 – 9
Geles 10 minutos	Lb/100pie <sup>2</sup>	4 – 10
Filtrado APAT	cc/30minutos	<10
Estabilidad eléctrica	V	>1000

**Fuente EL Samán Tecnología Integral de Petróleo C.A, Año 2010**



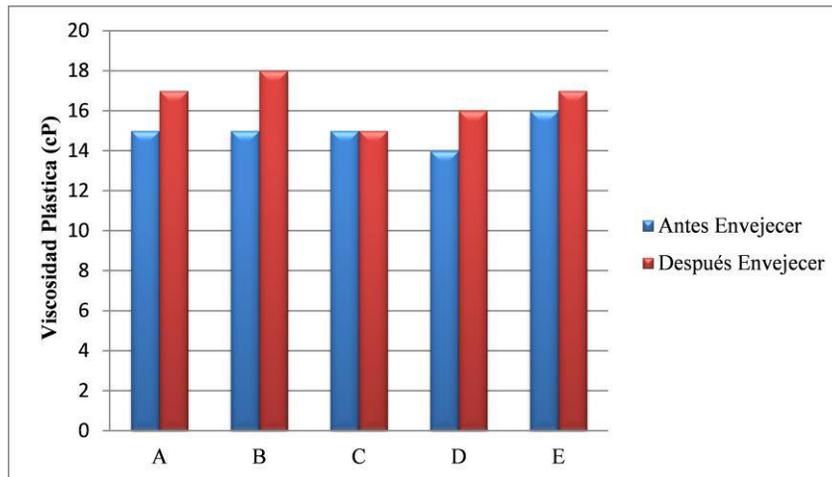
### Comportamiento del filtrado antes y después del envejecimiento dinámico para los fluidos de perforación

Como se puede observar en la gráfica 4.2 el filtrado de los fluidos de perforación con los controladores de filtrado propuestos y el comercial se encuentran fuera del rango establecido por la empresa Samán que es menor a 10cc/30min (tabla 4.3). Cabe destacar que antes del envejecimiento dinámico los valores de filtrado se encuentran en un rango entre (40 y 50 ml) lo cual es a consecuencia de que se forma un revoque 8mm y poco humectado que al formarse este tipo de revoque se forman canales a través de las cuales se filtra el fluido de perforación hacia la formación, se puede inferir que por el espesor del revoque no se adhiere a las paredes del hoyo lo cual puede ocasionar una pega de tubería. (Castillo, S.2001 p.20).

Como se observa el filtrado luego de pasar a través del proceso de envejecimiento dinámico es mayor, esto ocurre debido que el controlador ha sido sometido a diversos procesos térmicos como son: elevadas temperaturas al cumplir su ciclo de vida útil en el motor del vehículo, luego procesos realizados en esta investigación que fueran destilación atmosférica y destilación al vacío, también formó un revoque de espesor considerable producto que existe mayor cantidad de sólidos que conforman el revoque el cual permitió mayor filtración (Castillo, S.2001 p.20). Por tal sentido se puede inferir que la formulación propuesta no fue la adecuada para que el controlador de filtrado se

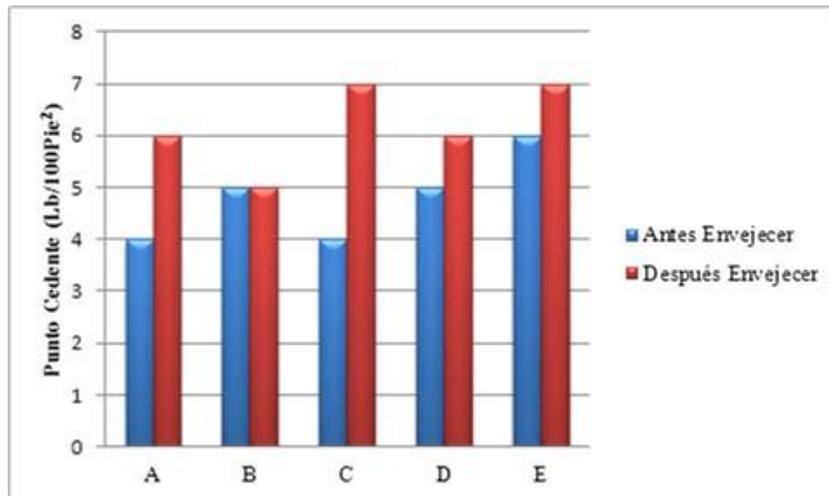
activara y cumpliera su función ya que el controlador de filtrado comercial no cumplió con las especificaciones de la empresa la cual es de 10cc/30min.

A continuación se evaluaron las propiedades reológicas del fluido de perforación con los rangos establecidos por la empresa Samán los cuales se encuentran en la tabla 4.3.



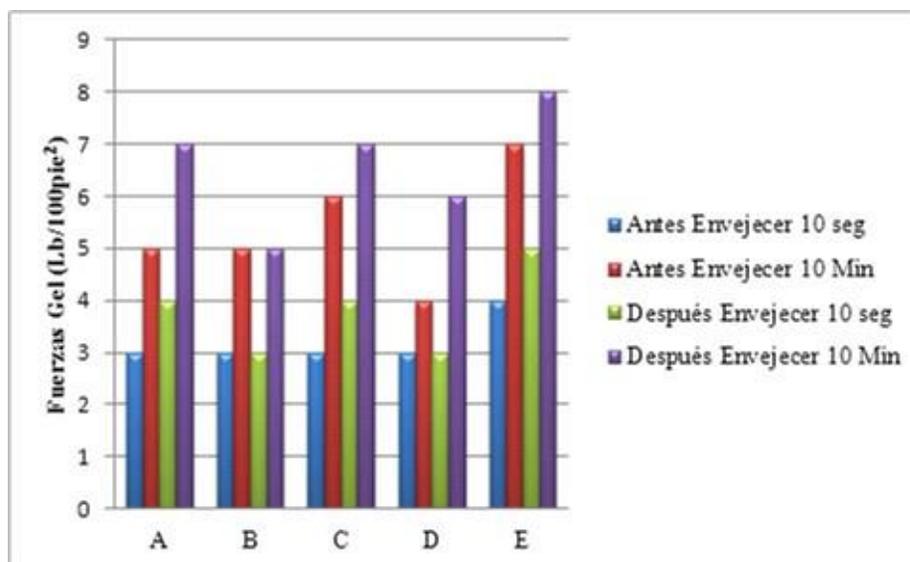
### Comportamiento de la viscosidad plástica antes y después del envejecimiento dinámico para los fluidos de perforación

Los valores observados en la gráfica 4.3 indican que la viscosidad plástica se encuentra dentro del rango que es de 15-25 cP, cabe destacar que dicho fluido no está contaminado con sólidos de formación los cuales se muestran en la tabla 4.3. Se visualizó que luego que los fluidos de perforación que se están evaluando son sometidos al envejecimiento dinámico reflejan un aumento de la viscosidad, producto de la fricción mecánica entre las partículas sólidas presentes en el fluido de perforación lo que trae como consecuencia aumento de la resistencia del fluido a fluir. (Rodríguez, P. Franklig, R.2002 p.10).



### Comportamiento del punto cedente antes y después del envejecimiento dinámico para los fluidos de perforación

Los rango de punto cedente para esta formulación se encuentran entre 5-15 Lb/100pie<sup>2</sup>. En la gráfica 4.4 se puede visualizar que el fluido formulado con el controlador de filtrado obtenido del residuo de la destilación al vacío del aceite sintético de motor y el fluido con el controlador de filtrado de la destilación atmosférica del aceite sintético de motor presentan valores que están por debajo de 4Lb/100pie<sup>2</sup>, luego de pasar a través del horno de envejecimiento los valores de punto cedente muestran un aumento; este incremento es por causa de la fuerza de atracción entre las partículas y por el aumento en la cantidad de sólido. (Rodríguez. Franklig, R.2002 p.13).



## **Comportamiento de las fuerzas gel antes y después del envejecimiento dinámico para los fluidos de perforación**

En la gráfica 4.5 se puede observar el comportamiento de gelificación de los cinco (5) fluidos estudiados antes y después del rolado, siendo notable la poca variación luego del envejecimiento, deduciendo que las condiciones de temperatura y tiempo a las que estos fueron sometidos, no ejercieron grandes cambios en este comportamiento. Sin embargo, al comparar los geles de 10 segundos y 10 minutos del fluido patrón (E) con las formulaciones restantes, es necesario mencionar que se obtuvieron valores más elevados, lo cual incurrirá en un mayor esfuerzo de corte para lograr que el mismo fluya. Haciendo mención de los geles progresivos o geles instantáneos existen cuando presentan diferencias entre los geles de 10 segundos y 10 minutos lo que indica acumulación de sólidos. Cuando ambos valores son elevados se está en presencia de una floculación de los sólidos del fluido (Castillo, C.2009.p.30). Cabe destacar que los valores se encuentran dentro del rango establecido por la empresa Samán mostrados en la tabla 4.3.

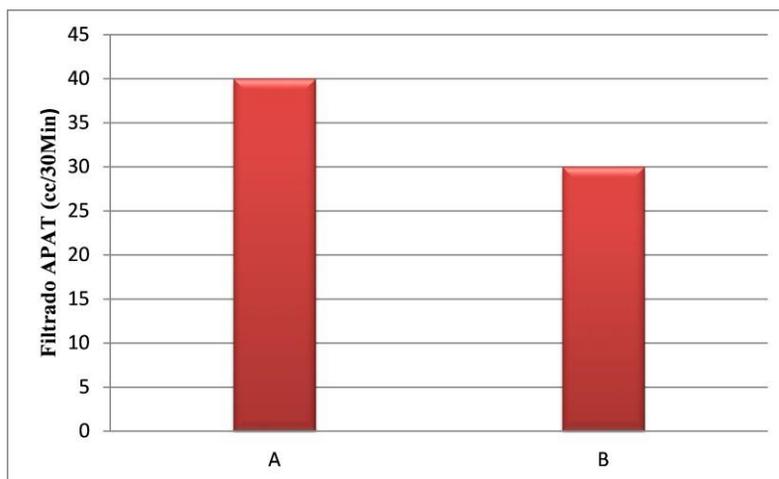
En los valores reportados en la tabla B.3 (apéndice B) se evidencio que los correspondientes a la densidad se encuentran dentro del rango establecido por esta formulación que está entre 11,8 y 12,2 (Lpg). Luego del envejecimiento dinámico se observó que dichos resultados presentaron variación mínima entre sus valores por lo cual se puede hacer mención que dicha propiedad no se ve modificada al ser sometida al proceso de envejecimiento dinámico.

Analizado los resultados obtenidos y mostrados en la tabla B.3 del apéndice B a través del método de la retorta antes del envejecimiento dinámico se puede notar que todos los fluidos formulados poseen el mismo comportamiento de 80% aceite y 20% sólido a excepción del fluido formulado con el controlador de filtrado comercial el cual es de 79% aceite y 21% sólido, posterior a pasar por el envejecimiento dinámico aumenta la cantidad de sólido alrededor de un 10% producto de que existió la degradación del humectante lo que trajo como consecuencia mayor interacción entre partículas sólidas

presentes en el fluido de perforación, los valores se muestran en la tabla B.3.1 (apéndice B).

Luego de analizar los resultados mostrados en la tabla B.3 del apéndice B, referente a la estabilidad eléctrica cabe destacar que después de ser sometido al proceso de envejecimiento dinámico esta propiedad permanece mayor a 2000 V lo cual representa que dicho valor se mantuvo dentro del rango propuesto por la empresa Samán. El fluido está compuesto en su fase continua por aceite, lo cual no conduce electricidad, es decir, es un compuesto resistivo. (Millán, Leandro, R. 2005.p.25).

Como se pudo observar los resultados del filtrado obtenidos no cumplieron con las especificaciones técnicas propuestas por la empresa Samán la cual es de 10cc/30min, por tal sentido se procedió a realizar una serie de modificaciones a la formulación las cuales fueron variar el orden de agregado de los aditivos, aumentar la cantidad de humectante, agua y cal hidratada como se muestran en la tabla B.4, B.6, B.8 del apéndice B. La que mostró un mejor desempeño es la formulación que se encuentra en la tabla B.8 (apéndice B).



#### **Comportamiento del filtrado después del envejecimiento dinámico para los fluidos de perforación con el controlador de filtrado propuesto**

**A.** Controlador de filtrado del residuo de la destilación al vacío del aceite sintético de motor.

**B.** Controlador de filtrado comercial (lignito organofílico)

Cabe destacar que las modificaciones realizadas con el controlador de filtrado propuesto se realizaron con el residuo de la destilación al vacío del aceite sintético recuperado de motor debido que los controladores de filtrado propuestos presentaron un comportamiento similar entre sí.

Se aumentó la cantidad de agua con la finalidad de que la arcilla organofílica actué como un viscosificante, y para el fluido de perforación formulado con el controlador de filtrado lignito organofílico el agua activa su función como controlador de filtrado generando un revoque de buena calidad y así reducir pérdidas de circulación pero como se evidencia en la gráfica 4.6 el controlador de filtrado no se encuentra dentro de las especificaciones técnicas de la empresa que es de 10cc/30min, cabe destacar que en comparación con las modificaciones anteriores el comercial mostró un mejor rendimiento al disminuir el filtrado de 40cc/30min a 30cc/30min.

### **Comparación de las propiedades de un fluido de perforación con un controlador de filtrado comercial y el formulado de la destilación del aceite de motor recuperado**

El estudio del análisis de varianza se realizó a la tasa de filtrado de la formulación recomendada por la empresa Samán que se observan en la tabla 4.4.

### **Resultados del p-valor obtenido del análisis estadístico realizada al filtrado APAT de la formulación propuesta por la empresa Samán luego del envejecimiento dinámico**

PROPIEDADES	P- VALOR
Filtrado APAT	0,0000

Demostrando que el resultado obtenido del p-valor es menor al 0,05 por lo tanto existe variación estadísticamente significativas entre las medias de los 4 controladores de filtrado propuestos y el comercial con un nivel de confianza del 95%. A continuación

en la tabla 4.5 se muestra la comparación de rangos múltiples entre los controladores de filtrado propuesto y el comercial, las otras variables que derivan de este análisis se encuentran en la tabla B.11 del apéndice B.

### Comparación de rangos múltiples de filtrado entre los controladores de filtrado propuestos y el comercial

Contrastes	Diferencias	+/-Límites
A-B	*-3,66667	1,32861
A-C	*-1,66667	1,32861
A-D	*-3,66667	1,32861
A-E	*21,0	1,32861
B-C	*2,0	1,32861
B-D	0,0	1,32861
B-E	*24,6667	1,32861
C-D	*-2,0	1,32861
C-E	*22,6667	1,32861
D-E	*24,6667	1,32861

**A.** Controlador de filtrado del residuo la destilación al vacío del aceite sintético de motor.

**B.** Controlador de filtrado del residuo la destilación al vacío del aceite mineral de motor.

**C.** Controlador de filtrado del residuo la destilación atmosférica del aceite sintético de motor.

**D.** Controlador de filtrado del residuo la destilación atmosférica del aceite mineral de motor.

**E.** Controlador de filtrado comercial (lignito organofílico)

En la tabla 4.5 se evaluaron los valores de diferencia significativa observándose que los que presentan el signo de contrastes (\*) son los valores que presentan variaciones estadísticamente significativas lo cual corresponde a que existen diferentes valores de filtrado mostrados en tabla C.6 del apéndice C. Cabe destacar que los que no poseen el signo (\*), no presentaron variación significativa; es decir que entre los controladores B y D mostrados en la tabla 4.5 no existen variación entre las medias del valor del volumen del filtrado, y estadísticamente muestran el mismo valor.

Haciendo mención a las propiedades reológicas del fluido de perforación se observó que el programa STATGRAPHICS Plus Versión 5.1 no muestra ningún resultado de las propiedades (densidad, viscosidad plástica, punto cedente, fuerzas gel), debido a que los valores obtenidos son similares en cada una de las repeticiones; es decir, para que el programa realizara su corrida era necesario que existieran valores numéricamente diferentes entre las propiedades reológicas del fluido patrón y los cuatro fluidos propuestos.

### Resultados del p-valor obtenido de las propiedades del fluido de perforación de la modificación realizada a la empresa Samán

PROPIEDADES	P- VALOR
Filtrado APAT	0,0000
Punto cedente	0,0132
Esfuerzo gel 10 seg	0,0132

Observando los resultados obtenidos en la tabla 4.6, se puede mencionar que los p-valor de las propiedades evaluadas muestran variación estadísticamente significativas entre las medias del fluido de perforación formulado con el controlador de filtrado propuesto obtenido del residuo de la destilación al vacío del aceite recuperado de motor

comparado con el fluido de perforación formulado con un controlador de filtrado comercial teniendo que el p-valor es menor al 0,05% con un nivel de confianza del 95%. Se puede inferir que existen propiedades como la densidad, viscosidad plástica y fuerzas gel 10 min que no pudieron ser estudiadas mediante el análisis estadístico STATGRAPHIS Plus Versión 5.1.

## **Bibliografía**

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arias, F. (2006). El Proyecto de Investigación, Introducción a la Metodología Científica. (5a ed.). Caracas: Epistame.

Castillo, C. (2009). "Evaluación de abrasividad y comportamiento reológico de fluidos base agua densificados con hematita, para perforación de pozos en el área norte de Monagas"; Universidad de Oriente Núcleo de Monagas.

Castillo, S. (2001) Caracterización de revoques formados utilizando mezclas Monomodales amplias; Universidad Central de Venezuela.

Castillo, M. Mendoza, K. (2011). "Impacto de los fluidos de perforación" Veracruz, México.

Cequea, C. (2008). "Evaluación de la aplicabilidad de productos químicos nacionales en sustitución de importado en fluidos de perforación base agua y base aceite de servicios Halliburton" Trabajo de grado, Universidad de Oriente, Núcleo de Monagas, Maturín.

CIED - PDVSA (2003). Fluidos de perforación. Caracas: autor.

Correía, J. Godoy, G. (2010). Formulación de un fluido de perforación base diesel de bajo impacto ambiental. Trabajo de grado, Universidad de Oriente Núcleo de Monagas, Maturín.

Destilación Atmosférica. (2009). [Página web en línea]. Disponible en:  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Destilaci%C3%B3n\\_atmosf%C3%A9rica](http://es.wikipedia.org/wiki/Destilaci%C3%B3n_atmosf%C3%A9rica).

Destilación atmosférica y al vacío. [Página web en línea]. Disponible en:  
<http://gustato.com/petroleo/destilacion.html>.

- González, J. (2010). "Evaluación técnica del uso de un aditivo con propiedades viscosificantes, humectantes y controlador de filtrado en fluidos de perforación 100% base aceite mineral," Trabajo de grado, Universidad de Oriente Núcleo de Monagas, Maturín.
- Millán. Leandro, R. (2005). "Determinación de una correlación para el estudio de las pérdidas de presión durante la perforación de pozos verticales al utilizar lodos base aceite"; Universidad Central de Venezuela.
- Montes, M. (2003). "Re-refinados de aceites usados" Trabajo de grado. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial