

EFECTO REOLÓGICO DE LA AGREGACIÓN DE NANOPARTÍCULAS A FLUIDOS LUBRICANTES

Laura Echandía¹, Salomón Mejía¹, Daniel Osorio¹, Néstor Rojas²

1: Estudiante Ingeniería Mecánica, Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia.

2: Doctor en Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia. Instituto de Minerales CIMEX. Medellín, Colombia

* Contacto: nrrojasr@unal.edu.co

RESUMEN

Se analiza la variación en las propiedades reológicas de una suspensión creada con lubricante PAO (polialfaolefina) y la incorporación de nanotubos de carbono multicapa (MWCNT) a dicho fluido. La primer parte se basó en pruebas reológicas para determinar el efecto sobre el esfuerzo y en la viscosidad del PAO con cantidades de MWCNT de 0,3% y 1% en peso. En la segunda parte se trabajó en el análisis del efecto de la temperatura para las suspensiones anteriormente mencionadas, a 25°C, 55°C y 75 °C. Las medidas reológicas se obtuvieron en un reómetro rotacional, en estado estacionario, con la geometría cono-plato 1° y 40 mm de diámetro. Se encontró que los cambios de la viscosidad y el esfuerzo cortante son función de las siguientes variables: porcentaje en peso de nanotubos de carbono, temperatura de trabajo y tasa de cizalladura.

Palabras Clave: *Esfuerzo cortante, Viscosidad, PAO y nanotubos de carbono multicapa (MWCNT).*

ABSTRACT

The variation in the rheological properties of a suspension composed by lubricant PAO (Polyalphaolefin) and multiwall carbon nanotubes (MWCNT) was analyzed. Preliminary tests were performed to determine the effect on shear stress and viscosity of PAO and the suspensions with 0.3 and 1 wt% MWCNT. In another series was studied the temperature effect in the suspensions, at temperatures of 25°C, 55°C and 75°C. The tests were carried out by using a rotational rheometer at steady state with 1° cone-plate geometry and 40 mm in diameter. It was found that changes in the viscosity and shear stress are influenced by the weight percent of carbon nanotubes, testing temperature and shear rate.

Keywords: *Shear stress, viscosity, Lubricant oil (PAO), Multiwall carbon nanotubes (MWCNT).*

1 INTRODUCCIÓN

La inversión en combustibles y lubricantes que realiza todo tipo de industria a nivel mundial no es una cifra despreciable [1]. La investigación en este campo igualmente es recompensada tanto por la empresa privada como la pública [2]. En el sector lubricante, principalmente para el área industrial es de vital importancia realizar investigaciones en calidad, propiedades y aspectos ambientales [3]. La industria de los lubricantes tiene claro los beneficios que trae la relación: eficiencia - rentabilidad, tanto para la pequeña, mediana y empresas de carácter internacional [4].

Cualquier lubricante una vez que entre en uso, su fase continua se carga de partículas que a un tiempo determinado modifican sus propiedades intrínsecas, dando como resultado un cambio en estas [5]. Así se da lugar a las suspensiones lubricantes, las cuales son lubricantes modificados con partículas sólidas. Es bien conocido que la agregación de partículas modifica los parámetros reológicos de cualquier suspensión, generalmente aumentándolos [6]; aunque existen ciertas cantidades, determinadas de forma experimental, que entregan propiedades a la nueva suspensión como disminución de esfuerzos y por lo tanto bajas viscosidades [7]. Aunque el área de la nanotecnología está iniciando en este tiempo, se pueden fabricar materiales del orden de nanómetros [8] y al adicionar dichos materiales a ciertos fluidos se obtienen suspensiones con características muy interesantes [5].

El objetivo de este trabajo es caracterizar reológicamente una suspensión fabricada a partir de un lubricante base, compuesto de fluidos sintéticos de blanca polialfaolefina (PAO) como fase continua y nanotubos de carbono multicapa (MWCNT) en concentraciones de 0,3% y 1% en peso. También se construyeron reogramas en función de la temperatura con el fin de observar los cambios en las propiedades reológicas de este.

2 MATERIALES Y MÉTODO

Como fluido base se utilizó un lubricante compuesto por fluidos sintéticos de blanca polialfaolefina PAO 269 H-I de la empresa METATRON, y nanotubos de carbono multicapa (MWCNT) producidos por vía catalítica en la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, usando metano como fuente de carbono y mineral de limonita natural de Colombia como catalizador.

Las pruebas reológicas se llevaron a cabo en un reómetro rotacional Bohlin Instruments C-VOR 200 con la celda Peltier, a temperaturas constantes de 25°C, 55°C y 75°C ($\pm 0,1^\circ\text{C}$), con el sistema de medición cono-plato de 1° y 40 mm de diámetro, fabricado en titanio bajo norma y con una separación entre el cono y el plato de 30 micras.

Se agregó MWCNT en cantidades de 0.3% y 1% en peso a muestras de 10 ml de PAO, luego para obtener una dispersión homogénea de estas suspensiones se introdujeron en un baño ultrasónico durante 300 segundos. El muestreo de cada tipo de suspensión se realizó al extraer 0,5 ml de muestra sonicada para depositarla en el reómetro; el equipo llevó la suspensión hasta la temperatura deseada de experimentación, para luego realizar la prueba reológica, esto se repitió tres veces para la fiabilidad de los datos. Se realizaron dos tipos de prueba para cada muestra, la primera a tasas de cizalladura constantes de 70 1/s y 500 1/s durante 150 segundos; el segundo tipo de prueba se desarrolló con un barrido de tasa de cizalladura desde 0 hasta 5000 1/s en 300 segundos, para cada temperatura seleccionada, obteniendo de este modo la viscosidad y el esfuerzo cortante del fluido para las diferentes condiciones.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores de viscosidad del lubricante arrojados por el reómetro, a las diferentes concentraciones de MWCNT a tasa de cizalladura constante, se entregan en las Figuras 1 y 2.

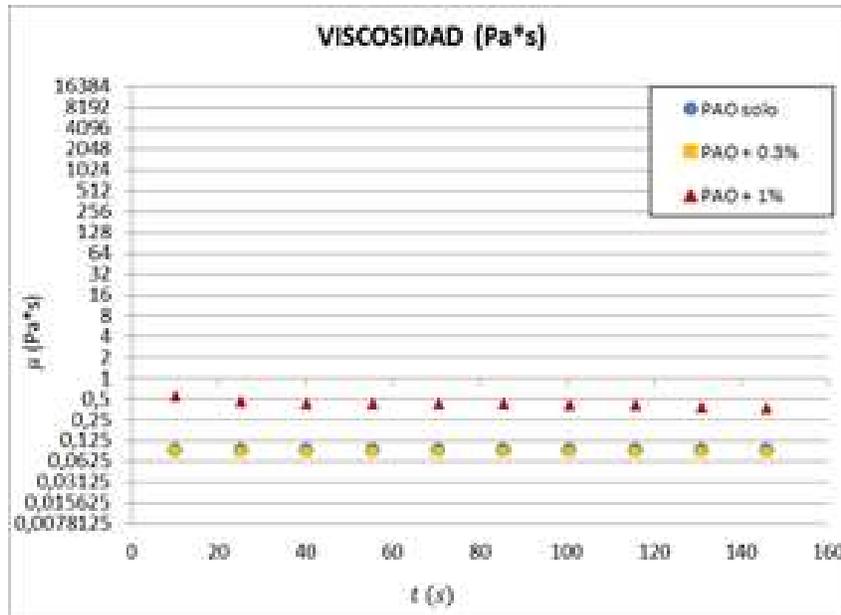


Figura 1. PAO con 0, 0,3% y 1% MWCNT, $T= 25^\circ$, tasa de cizalladura 70 1/s.

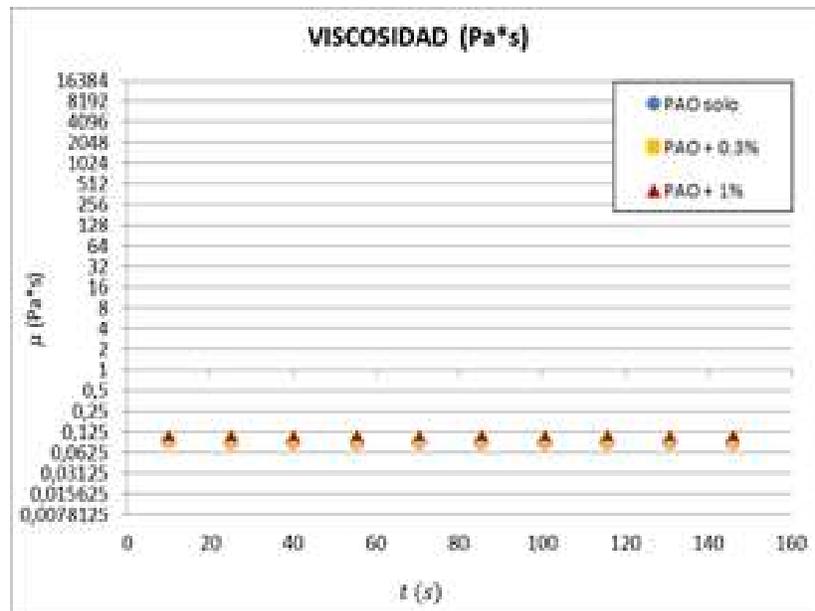


Figura 2. PAO con 0, 0,3% y 1% MWCNT, $T= 25^\circ$, tasa de cizalladura 500 1/s.

En las figuras anteriores observamos que la viscosidad de los fluidos no varía con el tiempo, a una tasa de cizalladura constante. Además se evidenció un cambio en la viscosidad con diferentes concentraciones de MWCNT, respecto a al PAO puro. Se observa también que la viscosidad del PAO+1% MWCNT es mayor a la del PAO puro y del PAO+0.3% MWCNT; lo que sucede con una tasa de cizalladura de 70 1/s. (Figura 1), esto muestra la dependencia de este tipo de suspensión con respecto a la tasa de cizalladura, evidenciando la creación de una

configuración de microestructura cizallo-dependiente y también dependiente de la concentración de sólido.

El PAO+1% MWCNT a una tasa de cizalladura de 500 1/s tiene una viscosidad menor que en las pruebas con una tasa de 70 1/s debido a un comportamiento inicial de fluido pseudoplástico, donde al aumentar la tasa de cizalladura el fluido experimenta una disminución en la viscosidad [9]; además, se le puede atribuir al PAO la propiedad de buen dispersante lo que favorece la difusión de los MWCNT [7]. En las Figuras 3, 4 y 5 se muestran los resultados obtenidos de los cambios de viscosidad con un barrido de tasa de cizalladura de 0 a 5000 1/s, a temperaturas de 25°, 55° y 75°C.

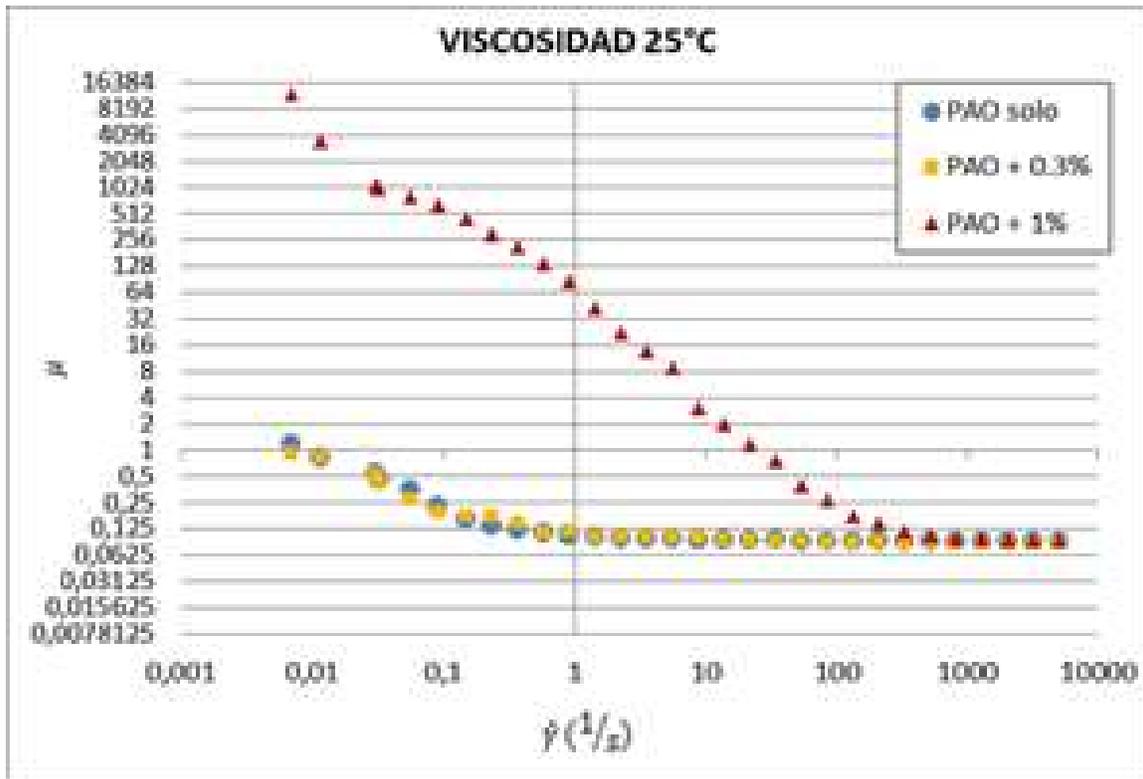


Figura 3. Viscosidad de los tres fluidos, con barrido de tasa de cizalladura de 0 a 5000 1/s a temperatura constante de 25°C

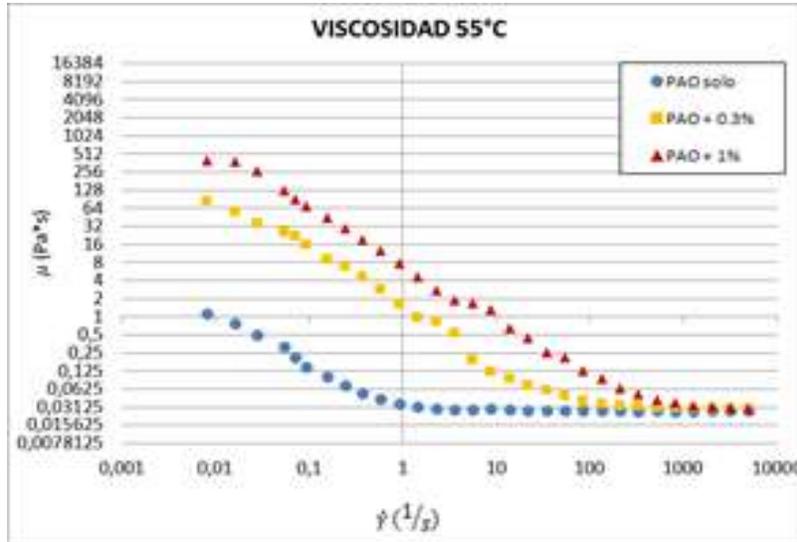


Figura 4. Viscosidad de los tres fluidos, con barrido de tasa de cizalladura de 0 a 5000 1/s a temperatura constante de 55°C

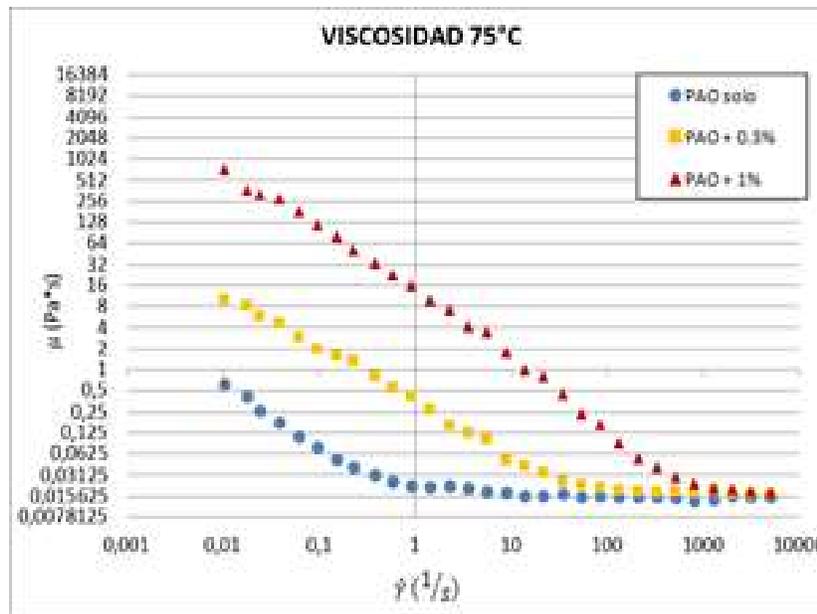


Figura 5. Viscosidad de los tres fluidos, con barrido de tasa de cizalladura de 0 a 5000 1/s a temperatura constante de 75°C

En la Figura 3, se observa como la viscosidad del PAO+0.3% MWCNT en peso, a 25°C no tiene un cambio significativo, contrario a lo que sucede con 1% MWCNT, pues su viscosidad al iniciar la prueba es muy alta. Esto es probablemente debido a que la suspensión al tener una mayor cantidad de nanopartículas, puede requerir de más tiempo para su acomodación al interior del fluido (formación de microestructura) hasta que todas las partículas fluyan en el mismo

sentido y no se den interacciones mecánicas entre las ellas, pues dichas interacciones, son las posibles generadoras del aumento en la viscosidad.

En las figuras 3, 4 y 5, se puede observar que tanto el lubricante base, como con MWCNT, se comportan como fluidos pseudoplásticos a bajas tasas de cizalladura [10] y tienen un comportamiento Newtoniano a partir de una determinada tasa de cizalladura para cada caso, lo anterior sucede probablemente debido a que al inicio de la prueba, como se mencionó anteriormente, los nanotubos están en una etapa de acomodación y estructuración, por lo que la viscosidad cambia y es más alta durante esta fase para llegar a una fase newtoniana donde las partículas están organizadas y fluyen en una misma dirección.

La viscosidad de la suspensión con 0.3% de MWCNT es similar a la del PAO a temperatura ambiente 25°C, debido probablemente a que esta solución necesita una mayor energía interna, que se otorga por medio del aumento de la temperatura, para alcanzar una mejor difusión y así aumentar su viscosidad por la presencia de los MWCNT. A una temperatura de 55°C la viscosidad aumenta, ya que el aumento de la temperatura lleva a una mejor dispersión de los MWCNT en la solución. Para el caso de 75°C la viscosidad disminuye, esta vez no como causa de la dispersión de los MWCNT sino debido al efecto natural de la temperatura sobre un lubricante [5].

Para la suspensión con 1% de MWCNT se tiene que a la temperatura de 25°C la viscosidad es mayor que la del PAO por el hecho de ser una suspensión con una cantidad representativa de partículas dentro la fase continua. Con la temperatura de 55°C, tenemos que la viscosidad baja por el efecto natural de un aumento de la temperatura sobre el fluido, mas no por el efecto de una mejor dispersión de los MWCNT (como con 0.3%) por requerir una mayor cantidad de energía para lograr este efecto, al tener una mayor cantidad de partículas en el fluido.

A 75°C la viscosidad sube en este caso por alcanzar una temperatura en la cual el efecto de la dispersión ya es notable.

4 CONCLUSIONES

En el estudio de las propiedades reológicas del lubricante base PAO y las suspensiones logradas con la adición MWCNT a diferentes concentraciones.

Para las suspensiones fabricadas existe una configuración de microestructura, lo cual se evidencia por un comportamiento cizallo-dependiente.

Se obtuvo que tanto el lubricante base como las suspensiones tienen un comportamiento newtoniano después de llegar a cierta tasa de cizalladura.

Se presenta un comportamiento particular a 25°C donde la viscosidad de la suspensión con 1% MWCNT es mayor que la del PAO, a pesar que la concentración es relativamente baja.

Se evidencia de manera experimental, que la temperatura y la viscosidad de un fluido son inversas, ya que, al realizar pruebas a temperaturas mayores que 25°C se evidencian la disminución de la viscosidad del fluido.

Las suspensiones analizadas tienen un comportamiento pseudoplástico hasta cierta tasa de cizalladura, la cual varía de acuerdo a los diferentes niveles de temperatura y concentraciones de MWCNT.

Después de la etapa de comportamiento pseudoplástico el fluido se comporta de manera Newtoniana, llegando los tres fluidos analizados, a una viscosidad y esfuerzo cortante similares.

Se encontró que cantidades muy bajas de MWCNT influyen de forma no lineal sobre la viscosidad de la suspensión lubricante.

Se demostró que la agregación de ciertas cantidades de nanopartículas no cambia el carácter newtoniano que presenta el fluido lubricante puro a altas tasas de cizalladura.

5 AGRADECIMIENTOS

-Instituto de Minerales CIMEX- Universidad Nacional De Colombia sede Medellín por permitir el desarrollo de las diferentes pruebas en sus instalaciones.

-Departamento de Materiales y Minerales Universidad Nacional de Colombia, por la disposición permanente para la elaboración de este proyecto.

- A los docentes Germán Alberto Sierra Gallego y Diana María López Ochoa, junto a Andrés Marulanda Grisales y Ana María Patiño Villa por el acompañamiento en el desarrollo de este proyecto.

6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Hross, R., Amaya, C., y González, J. “Gestión de la Lubricación, un desafío para los industriales colombianos”. Revista Metal Actual, (25), p. 68–73, (2013).
2. Álvarez, D. “Estudio del efecto de la adición del compuesto z – trol 60 como emulsificante y humectante en fluidos de perforación base aceite”. Trabajo de grado, Ingeniería de Petróleos, [en línea], Universidad Central de Venezuela, Venezuela, (2002).
3. Ruiz, M. C., Verde, J., Viguri, A. J., & Irabien, “Environmental assessment of lubricants before and after wire drawing process”. Journal of hazardous materials, (85),(3), p. 181–91, (2001).
4. “Who is Pushing up the Lubricant Price”. China Chemical Reporter (17), p. 23-24, (2006).
5. Tadros, T. “Rheology of dispersions”. Wiley-VCH Verlag & Co. KGaA. Germany, (2010).
6. Lu, K. “Rheological behavior of carbon nanotube-alumina nanoparticle dispersion systems. PowderTechnology, (177), (3), p.154–161, (2007).
7. Pelayo. L. “Influencia de la concentración de nano-partículas de sílice en la estabilidad y desestabilidad de suspensiones de sílice micrométrica” proyecto fin de carrera, [en línea], Universidad de Zaragoza, España, (2013).
8. Cuberes, M. “Nanotecnología: actualidad y futuro”. Trabajo docente, [en línea], Universidad de Castilla, España, (2006).
9. Trinidad, L., y Miranda, L. “Efecto de la viscosidad de una suspensión en la clasificación de hidrociclones” Trabajo Dirigido de Grado, [BK], Universidad Nacional De Colombia, (2009).
10. Sánchez, M., Berjano, M., Guerrero, A. y Gallegos, C. “Evolución de las propiedades reológicas de emulsiones aceite vegetal en agua durante el proceso de emulsificación y almacenamiento”. Grasas y Aceites, Vol. 51. Fasc, 4, p. 230-236, (2000).