



Estudio de las ventajas y desventajas que puede presentar el uso de aceite ATF en una transmisión manual

Study of the advantages and disadvantages that the use of ATF oil can present in a manual transmission

Estudo das vantagens e desvantagens da utilização de óleo ATF numa transmissão manual

Dyllan Nicolai Sánchez-Serrano ^I

dysanchezse@uide.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0003-4853-5971>

Anthony David Cevallos-Noble ^{II}

ancevallosno@uide.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-3471-3274>

Guillermo Gorky Reyes-Campana ^{III}

gureyesca@uide.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-7133-9509>

Correspondencia: dysanchezse@uide.edu.ec

Ciencias Técnicas y Aplicadas

Artículo de Investigación

***Recibido:** 27 de febrero de 2022 ***Aceptado:** 24 de marzo de 2022 * **Publicado:** 01 abril de 2022

- I. Estudiante de la Escuela de Ingeniería Mecánica Automotriz, Universidad Internacional del Ecuador, Quito, Ecuador.
- II. Estudiante de la Escuela de Ingeniería Mecánica Automotriz, Universidad Internacional del Ecuador, Quito, Ecuador.
- III. Docente investigador, Coordinador Investigación Escuela Ingeniería Automotriz Universidad Internacional del Ecuador, Universidad Internacional del Ecuador, Quito, Ecuador.

Resumen

En el mercado ecuatoriano se cuenta con una gran presencia de diferentes variedades de aceites, tanto para el uso de transmisiones manuales como para transmisiones automáticas, así entonces es que muchos usuarios de dichas transmisiones desconocen las características físicas químicas de estos lubricantes como tal. El objetivo del presente estudio es comparar las características, en aspectos físicos y químicos, que tiene el aceite ATF al verse sometido al uso en una caja de cambios manual. La presente comparación se realizó en base a estudios de la viscosidad cinemática y densidad de cada uno de los aceites, tanto ATF como GL, determinando así el esfuerzo cortante que se genera en el uso cotidiano de la caja de cambios manual. Las mediciones se realizaron en una caja de cambios manual ZF, de donde se toma en cuenta datos tales como la tolerancia entre dientes y el diámetro del piñón másico. De esta forma, se comprobó que el uso de aceite ATF en una caja de cambios manual genera menor esfuerzo cortante del 89% entre piñones de la caja de cambio, teniendo una consecuencia directa en la vida útil de los elementos internos de la transmisión y como esto presenta una mayor ventaja para el cuidado y rendimiento de la misma.

Palabras clave: Transmisión manual; aceite ATF; viscosidad; esfuerzo cortante; viscosidad cinemática.

Abstract

The Ecuadorian market has a large presence of different varieties of oils for the use of manual and automatic transmissions, whose function is to lubricate, clean and cool the internal components of the transmissions. The objective of this study is to carry out a process to compare the characteristics of ATF oil in a manual gearbox. The comparison was made based on studies of the kinematic viscosity and density of each of the oils, so as to determine the shear stress generated in the daily use of the manual gearbox. The measurements were performed on a ZF manual gearbox, where the tolerance between teeth and the diameter of the mass pinion are taken into account. In this way, it was found that the use of ATF oil in a manual gearbox generates 89% less shear stress between gearbox pinions, having a direct consequence on the useful life of the internal elements of the transmission and as this presents a greater advantage for its care and performance.

Keywords: Manual transmission; ATF oil; viscosity; shear stress; kinematic viscosity.

Resumo

No mercado equatoriano há una grande presença de diferentes variedades de óleos, tanto para utilização em transmissões manuais como em transmissões automáticas, pelo que muitos utilizadores destas transmissões desconhecem as características físicas e químicas destes lubrificantes enquanto tais. O objectivo deste estudo é comparar as características físicas e químicas do óleo ATF quando utilizado numa caixa de velocidades manual. A presente comparação baseou-se em estudos da viscosidade e densidade cinemática de cada um dos óleos, tanto ATF como GL, determinando assim a tensão de corte gerada na utilização diária da caixa de velocidades manual. As medições foram efectuadas numa caixa manual ZF, tendo em conta dados como a tolerância entre dentes e o diâmetro do pinhão de massa. Verificou-se que a utilização de óleo ATF numa caixa de velocidades manual resulta numa tensão de corte 89% inferior entre os pinhões da caixa de velocidades, o que tem um efeito directo na vida útil dos internos da transmissão e tem uma grande vantagem para o cuidado e desempenho da transmissão.

Palavras-chave: transmissão manual; óleo ATF; viscosidade; tensão de cisalhamento; viscosidade cinemática.

Introducción

A nivel nacional se venden diferentes tipos de aceites, existen diferentes tipos de cajas y cada uno de ellos tiene diferentes tipos de materiales internos donde, para transmisiones manuales el aceite que se oferta el común es GL-4. A partir de este antecedente en ciertos talleres automotrices recomienda utilizar el aceite hidráulico para cajas de cambio automáticas tomando en cuenta que está diseñado para otro tipo de materiales. El presente estudio busca comparar cuales son estas características físico químicas y químicas que puede tener este aceite hidráulico para cajas automáticas pero utilizado en transmisiones manuales, con la finalidad de comparar cuales son las características que puede tener este tipo de aceite en condiciones dinámicas según pruebas de laboratorio.

El principal problema en cajas manuales es la contaminación del fluido por partículas de rodamientos y engranajes desgastados (Carlos Borja, Fenoll, & Seco de Herrera, 2009). Las transmisiones de un vehículo usan diferentes aceites que van desde aceite de motor regular hasta aceite para engranajes hipoides pesados, esto depende del diseño, las tolerancias que tiene la

transmisión, en ciertos casos algunos fabricantes recomiendan el uso de aceites ATF (Total Energies, 2012). Lo cual nos hace entender lo importante de seleccionar un aceite correcto con el objetivo de prolongar la vida útil de la transmisión como tal disminuyendo su desgaste al igual que buscando un funcionamiento adecuado (ENEOS, 2020). Se han desarrollado nuevas transmisiones con sincronizadores que no soportan presencia de azufre y fósforo al igual que estas tienen pequeñas ranuras, al igual que con nuevos materiales como bronce y recubiertos de fibra de carbono u otro material, generando que esta pieza sea más porosa, facilitando una mejor impregnación de aceite, para lo que es necesario buscar un aceite que cumpla correctamente la función de lubricar, refrigerar y proteger estos componentes (Widman International SRL, 2021).

La búsqueda de diferentes aceites para el uso en las nuevas transmisiones es con el fin de tener una mejor protección de sus elementos internos y mejor rendimiento, por tal motivo se busca analizar cuáles son las características físico y químicas que tiene el aceite ATF al momento de colocar en una transmisión manual y comparar estas características que normalmente recomiendan técnicos automotrices de forma empírica. Mediante la aplicación de modelos matemáticos y pruebas de laboratorios para determinar si este tipo de aceite cumple las especificaciones necesarias para el uso en transmisiones manuales.

Estudios cercanos al tema de investigación detallan las características de los aceites implementados en transmisiones automáticas y manuales en el Ecuador, enfocando sus estudios de composición de acuerdo con variantes según diferentes factores tal como la temperatura de funcionamiento (Gavilánez, 2014). Otro estudio con similitud menciona la importancia del uso del correcto aceite de acuerdo con la necesidad de una transmisión manual, en relación con planes de mantenimiento y correcto funcionamiento (Carvallo Toral & Dávila Vintimilla, 2011), denotando así la importancia de reconocer el funcionamiento, cuidado y mantenimientos de transmisiones en relación con el aceite que cada una de estas puede necesitar.

Otro estudio enfoca su tema principal en el análisis Físico-Químico de las propiedades mecánicas del aceite lubricante, siendo específicamente GL4-GL5 (Vásquez, 2020), en cuanto a su uso en metales duros y blandos, otorgando una base científica con pruebas de laboratorio que llegan a ratificar las variaciones del aceite de transmisión según su condición de uso, estando fielmente relacionado al tema central del estudio actual.

Metodología

Mediante la aplicación del método inductivo, por ser un método que basa su actuar en la investigación, permite estudiar los datos obtenidos mediante estudios relacionados al tema central del presente artículo. La investigación actual se va realizo en tres momentos, el primero un estudio teórico sobre lubricantes de transmisiones de vehículos, en el segundo la búsqueda de estudios relacionados que permita la obtención de datos que beneficien al proceso comparativo, mientras que el tercero es el análisis comparativo mediante los datos obtenidos de pruebas específicas de los artículos relacionados.

Para la obtención de los datos de investigaciones relacionadas, se obtuvo como variables independientes la temperatura que se somete en el funcionamiento del actuar de la caja de cambios. Por otra parte, se determinó como variables dependientes a la viscosidad cinemática a 100 °C y densidad 15 °C como comparativa de aceite ATF con aceites GL 4 y GL5.

Resultados

Proceso

El proceso de obtención de datos se dio en base a la continua investigación de artículos-tesis que reflejen datos relacionados a la presente investigación, en cuanto a cifras específicas de densidad y viscosidad. Los artículos, tesis y segmentos de libros tienen temas específicos del uso, desgaste y variación de los componentes de transmisiones tanto manuales como automáticas, así mismo, la variación presente en su fluido lubricante, siendo este último la razón del estudio y para lo cual se obtuvieron los datos comparativos.

El cálculo se realizó con los datos obtenidos de viscosidad cinemática, revoluciones por minuto y tolerancia entre engranajes. Se tuvo presente en el modelo matemático el uso de valores teóricos y reales, para encontrar el esfuerzo cortante que se comparen entre los fluidos de las cajas de transmisión manual y automática, determinando así cual es el fluido más eficiente en cuanto a prestaciones relacionadas con la viscosidad y densidad para su uso cotidiano en una transmisión manual.

Tabla 1 Datos de entrada.

Transmisión.	
	4500 rpm
Revoluciones	2500 rpm
	800 rpm
Piñón Másico	179,57 min
Tolerancia	0,2 mim
Aceites.	
API GL-4	75w80-75w90
API GL-5	80W90-
	85W140
Tolerancia	0,2 mm mín.

Fuente: (Vásquez, 2020), (Trakker, 2007)

Resultados de laboratorio

Viscosidad

Se comparó los datos reales de viscosidad según pruebas (Vásquez, 2020) en relación a valores teóricos propuestos por fabricantes de aceites, de donde se tiene la comparación de valores de diferentes aceites GL y su viscosidad cinemática a 100°C.

Tabla 2 Viscosidad Cinemática Aceite GL-4.

ACEITE GL-4	VISCOSIDAD CINEMÁTICA (CST a 100°C)	
	DATOS TEÓRICOS	DATOS DE LABORATORIO
75w80	9.5	8.21
75w90	15.9	14.81

Fuente: (Vásquez, 2020)

En la tabla 10 se puede observar que los valores teóricos son mayores, tanto en 75w80, mayor en un 13.5% y 70w90, mayor en un 6,9%.

Tabla 3 Viscosidad Cinemática Aceite GL-5.

ACEITE GL-5	VISCOSIDAD CINEMÁTICA (CST a 100°C)	
	DATOS TEÓRICOS	DATOS DE LABORATORIO
80w90	14.2	14.33
85w140	25	24,74

Fuente: (Vásquez, 2020)

En la tabla 10, en donde el valor de viscosidad del aceite 80w90, real de pruebas de laboratorio es mayor al teórico, en un 0,9%, a diferencia del 85w140 es menor, en un 1,04%.

Tabla 4 Viscosidad Cinemática Aceite ATF.

ACEITE ATF	VISCOSIDAD CINEMÁTICA (CST a 100°C)
	DATOS DE LABORATORIO
ATF-1	7.670
ATF-2	7.647
ATF-3	7.382
ATF-4	6.836
Dexron III	7.9
Mercon V	7.4

Fuente: (Moon & Yang, 2001)

Los aceites ATF, Dexron y Mercon, tiene valores reales de laboratorio mucho menores a aceites de grado SAE, donde se evidencia que el hecho de tener menor viscosidad es debido a su uso común en sistemas hidráulicos, donde no tiende a ser necesario una viscosidad más alta que garantice que el aceite se adherir a las superficies.

Densidad

Se compararon los datos reales de densidad según pruebas en relación a valores teóricos propuestos por fabricantes de aceites.

A continuación, se visualizan las densidades de diferentes aceites a 15°C, tanto aceites GL como ATF, donde se puede denotar que no existe una diferencia significativa, está variación casi nula representa la capacidad de todos los aceites de no variar su estructura química, lo cual variaría su densidad en cuanto al contenido presente en el aceite como tal, como pueden ser partes del desgaste de piñones o estructura interna de una transmisión. La densidad que tiene un fluido es importante para calcular el esfuerzo cortante que puede tener dentro de un sistema, para poder determinar qué efectos se genera dentro de una caja de cambios o entre los componentes de la misma.

Tabla 5 Densidad 15°C de aceites GL-4, GL-5, ATF.

ACEITE GL-4	DENSIDAD a 15°C, kg/l
75w80	0.87
75w90	0.86
ACEITE GL-5	DENSIDAD a 15°C, kg/l
80w90	0.8867
85w140	0.9003
ACEITE ATF	DENSIDAD a 15°C, kg/l
DATOS DE LABORATORIO	
ATF	0,902

Fuente: (Vásquez, 2020), (Jiménez Gavilánez, 2014)

Se realizó el cálculo del esfuerzo cortante a diferentes revoluciones para lo cual se tenía el valor teórico de fichas técnicas y bibliografía de la viscosidad a 100 °C, de esta forma se realizó el cálculo de la viscosidad cinemática utilizando el dato ya obtenido de viscosidad dinámica, de esta forma se ocupa los diámetros del piñón, tolerancia entre piñones y la revoluciones del motor que se ven reflejados en el funcionar de la caja de cambios para en consecuencia calcular la velocidad del piñón y así determinar la pendiente del área (tubería).

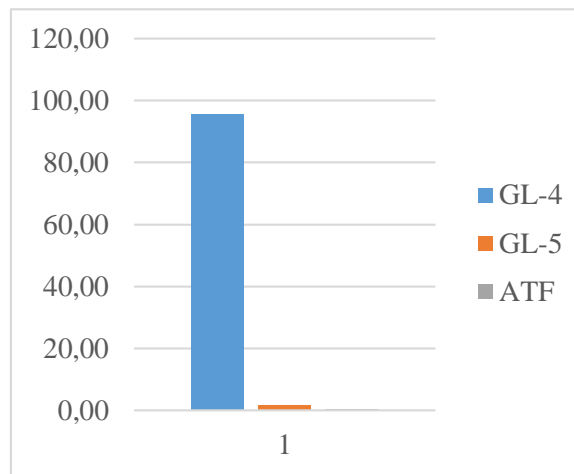
En la presente tabla que se presenta a continuación se observa los valores de esfuerzo cortante analizados en diferentes regímenes de motor, donde se realizó una comparativa entre los aceites analizados, permitiendo así determinar su comportamiento en una caja de cambios manual, en la tabla se observa que existen diferencias significativas entre los aceites GL-4, GL-5 y ATF. Se evidencia que los aceites GL-4 generan mayor presión entre los componentes de una caja de cambios a comparación de los aceites GL-5 y ATF, esto permitió determinar los efectos de presión que tiene cada uno de los aceites analizados.

Tabla 6 Esfuerzo Cortante en KPa.

Aceites		4500 rpm	2500 rpm	800 rpm
GL-4	75w80	300,40	166,89	53,40
	75w90	537,34	298,52	95,53
GL-5	80W90	5,38	2,99	0,96
	85W140	9,42	5,23	1,68
ATF	ATF-1	2,93	1,63	0,52
	ATF-2	2,92	1,62	0,52
	ATF-3	2,82	1,57	0,50
	ATF-4	2,61	1,45	0,46
	DEXRON III	3,02	1,68	0,54
	MERCON V	2,82	1,57	0,50

Fuente: Autores

Gráfico 1 Esfuerzo Cortante a 800 RPM.

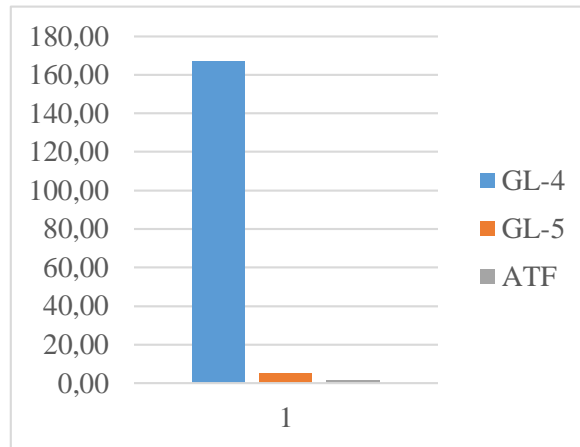


Fuente: Autores

Después de presentar la tabla de esfuerzo cortante de cada uno de los aceites analizados, se dividió el análisis comparativo según cada régimen establecido, el gráfico (1) de barras representa la diferencia que tiene cada aceite a 800 rpm, donde se observa una diferencia abismal, donde los aceites GL-4 presentan un mayor esfuerzo cortante comparado con el GL-5 y ATF. La diferencia principal entre el GL-4 y GL-5 es del 98,24% y entre el aceite ATF es del 99,43%, esto hace entender que los aceites GL-4 analizados generan mayor esfuerzo cortante lo que se traduce en una mayor presión generada entre componentes, se puede determinar que para aceites GL-4 al generar una mayor presión entre los componentes se traduce a una mayor temperatura dentro del sistema provocando efectos desfavorables tanto para el aceite, en función de su vida útil, al igual que aumentar la fatiga de los componentes de la caja de cambios provocando un mayor desgaste entre los mismo. Comparando con los aceites GL.5 y ATF donde estos tiene valores sumamente inferiores en esfuerzo cortante, lo que permite no generar los inconvenientes mencionados anteriormente del aceite GL-4, en consecuencia presentando una mejor lubricación de los componentes, debido a que estos no llegan a generar mayor temperatura permitiendo mantener su viscosidad constante., debido a que la temperatura es un factor que afecta la viscosidad del aceite lubricante (Heli, Huaiju, Caichao, & Parkerb, 2019), también se tiene la ventaja que el uso de estos aceites aumentar la vida útil de los componentes debido a que se requiere menos esfuerzo para mover el aceite hacia los funcionar de los componentes como tal (Vásquez, 2020).

Para un mejor análisis se requiere separar en los diferentes regímenes de motor establecidos en el cálculo para así entender de mejor forma el comportamiento que tiene los aceites dentro de una transmisión manual.

Gráfico 2 Esfuerzo Cortante a 2500 RPM.

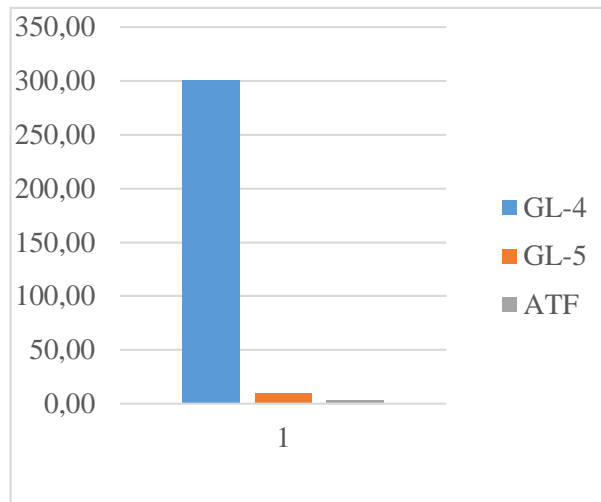


Fuente: Autores

En el gráfico (2) que se presenta se analizó los aceites en el régimen de motor a 2500 rpm, donde esto nos presenta los siguientes indicadores, donde se presenta la tendencia del aceite GL-4 en generar un mayor esfuerzo cortante comparado a los aceites GL-5 y ATF, el aceite GL-4 genera una presión superior a 160 KPa a comparación de los otros aceites que generan una presión inferior a 10 KPa, dando así una diferencia de presión entre los aceites comparado al aceite GL-4 entre el 96,8% de los demás aceites.

En este caso se sigue presentando los mismos inconvenientes que genera un GL-4 a comparación del GL5 y ATF, donde estos, al generar menor presión permite que el funcionamiento de la caja de cambios sea idóneo aumentando su vida útil donde sus componentes no ejercen un mayor esfuerzo para mover el aceite, permitiéndoles tener una mejor lubricación entre elementos.

Gráfico 3 Esfuerzo Cortante a 4500 RPM.



Fuente: Autores.

En el régimen de motor a 4500 rpm, se presenta las siguientes cifras (3) permitiendo determinar una constante donde al aumentar los rpm del motor (velocidad) el esfuerzo cortante aumenta, esto se debe a que al ser un fluido newtoniano el esfuerzo cortante siempre será proporcional al gradiente de velocidad, donde esto es una medida de la viscosidad aparente del fluido analizado. Al aumentar la el esfuerzo cortante y el gradiente de velocidad la viscosidad del aceite será mayor (Mot, 2006).

Al presentar estos indicadores, permite comprender que el aceite GL.4 al generar mayor esfuerzo cortante o presión en una caja de cambios, este va presentar un mayor degradación del aceite en sí, puesto que presenta valores superiores a comparación de los otros, al tener una degradación más rápida del aceite provoca que la viscosidad del aceite aumente, provocando un efecto negativo en los componentes, estos presentarán una mayor fatiga del trabajo debido a que no van a ser lubricados correctamente, porque se requiere un mayor esfuerzo para desplazar el aceite hacia lo elementos.

A diferencia del aceite GL-5 y ATF estos presentan valores sumamente bajo a comparación del GL-4 donde esto superan los 10 KPa de esfuerzo cortante, permitiéndoles que su degradación sea más prolongada, debido a que no generan una mayor temperatura en los sistemas, en consecuencia, no perderá sus propiedades de refrigeración, limpieza y lubricación de forma prematura. Esto garantiza que su viscosidad se mantendrá estable al funcionar en una caja de cambios.

La vida útil de los aceites GL-5 y ATF, al usarlos en una caja de cambios manual, no se verá afectada, ya que el esfuerzo cortante podrá aumentar, al ser relativamente bajo en comparación al aceite GL-4, permitiendo un funcionamiento correcto debido a la presión que cada aceite necesita para trasladarse dentro del sistema y cumplir sus funciones de lubricante.

Conclusiones

El uso de aceite ATF en una caja de cambios estará ligado al cumplir las características de limpieza, refrigeración y lubricación, óptimas para el cuidado de la misma, por eso se debe utilizar aceites ATF de última generación que cumplen estas características que logran ofrecer una mayor ventaja a la hora usar este tipo de aceite.

Se evidencia que al aumentar la velocidad de los componentes dinámicos la misma provocará que el esfuerzo cortante también aumente permitiendo determinar que el esfuerzo cortante es directamente proporcional a la velocidad. El aceite GL – 4 al generar un mayor esfuerzo cortante superior al 90% a 800 RPM comparado con los aceites GL-5 y los aceites ATF, lo que genera que los componentes dinámicos de la caja de cambios realicen un mayor esfuerzo para producir su movimiento en consecuencia tendrán que realizar más esfuerzo los elementos internos de la caja al utilizar el aceite GL-4 a comparación a los aceites GL-5 y ATF donde su carga disminuye considerablemente más del 89%.

El uso de aceite GL-4 en caja de cambios manual genera mayor presión dentro del sistema provocando un deterioro acelerado del aceite y de los componentes dinámicos del 80 %, debido a que el uso de este aceite por la presión generada, el aumento de fatiga y temperatura dentro de la caja de cambios provoca que su vida útil disminuya considerablemente, lo que lleva a periodos de cambios del aceite sea más cortos.

Referencias

1. Carlos Borja, J., Fenoll, J., & Seco de Herrera, J. (2009). *Sistemas de Transmisión y Frenado*. Macmillian Iberia S.A. Recuperado el 21 de Junio de 2021, de <https://www.mdconsult.internacional.edu.ec:2057/es/ereader/uide/101834>
2. Carvallo Toral, J. A., & Dávila Vintimilla, P. X. (2011). *Plan de capacitación en el mantenimiento y utilización adecuada de lubricantes para transmisiones automáticas de*

- vehículos livianos*. Tesis, Cuenca. Recuperado el 22 de Junio de 2021, de <http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/6068/1/08409.pdf>
3. Domingo, A. M. (2013). *Apuntes de Mecánica de Fluidos*. Madrid. Recuperado el 20 de Julio de 2021, de <http://oa.upm.es/14439/2/amd-apuntes-fluidos-v2.2.pdf>
 4. ENEOS. (2020). *ENEOS*. Recuperado el 22 de Junio de 2021, de <https://www.eneos.mx/blog/cuales-son-las-funciones-de-los-diferentes-fluidos-de-transmision/>
 5. Gavilánez, A. D. (2014). *ESTUDIO DE LA COMPOSICIÓN RELATIVA ENTRE UN LUBRICANTE MINERAL CON LUBRICANTES ORGÁNICOS Y SU INFLUENCIA EN EL COMPORTAMIENTO DE LA DENSIDAD Y VISCOSIDAD A DIFERENTE TEMPERATURA*. Tesis, Universidad Técnica de Ambato, Ambato. Recuperado el 22 de Junio de 2021, de <http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/7376/1/Tesis%20I.%20M.%20203%20-%20Jim%c3%a9nez%20Gavilanez%20Alex%20Daniel.pdf>
 6. Heli, L., Huaiju, L., Caichao, Z., & Parkerb, R. (8 de Noviembre de 2019). *Science Direct*. Recuperado el 23 de Enero de 2022, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0094114X19323079?via%3Dihub#preview-section-recommended-articles>
 7. Jiménez Gavilánez, A. (2014). Recuperado el 9 de Diciembre de 2021
 8. Legaz Berbel, R. (1 de junio de 2010). Estudio de la viscosidad y densidad de diferentes aceites para su uso como biocombustible. 92. Recuperado el 6 de Julio de 2021, de <https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/9403>
 9. Masoliver Marcos, G., Pérez Sánchez, M., & López Jiménez, A. (2017). Modelo experimental para estimar la viscosidad de fluidos no newtonianos. 14. Recuperado el 20 de Julio de 2021, de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/79842/5901-25163-1-PB.pdf?sequence=1>
 10. Moon, W.-S., & Yang, S.-W. (1 de junio de 2001). *Korea Science*. Recuperado el 10 de Diciembre de 2021, de <https://www.koreascience.or.kr/article/CFKO200111921195844.page>
 11. Mot, R. L. (2006). *Mecánica de fluidos* (Sexta ed.). (P. M. Rosas, Ed.) México. Recuperado el 6 de Julio de 2021, de

<https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=LbMTKJ4eK4QC&oi=fnd&pg=PA1&dq=Mec%C3%A1nica+de+fluidos&ots=pRIG4FQDuk&sig=zmhdzMXKNtlnlEmdBiWWZo d9Wko#v=onepage&q=Mec%C3%A1nica%20de%20fluidos&f=false>

12. Total Energies. (11 de Enero de 2012). *Total Energies*. Recuperado el 22 de Junio de 2021, de <https://www.totalenergies.cl/tips/cambio-de-aceite/cambio-del-liquido-de-transmision>
13. Trakker, E. (2007). *Cajas de Cambio ZF 16 S 221 y ZF 16 S 221 O.D.* Recuperado el 15 de Enero de 2022
14. Vásquez, A. P. (2020). *Análisis Físico-Químico de las propiedades mecánicas de aceites lubricantes GL4 - GL5 en metales de transmisión duros y blandos*. Quito. Recuperado el 22 de Junio de 2021
15. Widman International SRL. (1 de enero de 2021). *Widman International SRL*. Recuperado el 22 de Junio de 2021, de <https://www.widman.biz/mantenimiento/transmisiones.php>