

Universidad Internacional Del Ecuador



Facultad de Ingeniería Mecánica Automotriz

**ARTICULO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TITULO DE
INGENIERO MECÁNICO AUTOMOTRIZ**

Tema:

**“ESTUDIO TRIBOLÓGICO EN FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA UTILIZANDO
ADITIVOS NO SOLIDOS”**

Autores:

Marcelo Hernán Noriega Córdova
Diego Javier Simbaña Guallimba
Darío Ernesto Torres Díaz

Director:

Ing. Miguel Granja

Quito 2018

CERTIFICACION

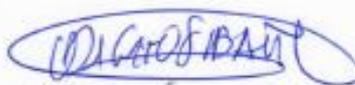
Nosotros, Noriega Córdova Marcelo Hernán, Simbaña Guallimba Diego Javier y Torres Diaz Darío Ernesto declaramos bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado de la biografía detallada.

Cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, reglamento y leyes.



Marcelo Noriega C.

CI: 1718386491



Diego Simbaña G.

CI: 1719759829



Darío Torres D.

CI: 1721627782

Yo Miguel Granja certifico que conozco a los autores del presente trabajo siendo el responsable exclusivo tanto de su originalidad y autenticidad, como de su contenido.

AGRADECIMIENTO

Le Agradezco a Dios y a mi madre Martha por haberme brindado la oportunidad de gozar de una excelente educación, por acompañarme y guiarme a lo largo de mi carrera con sus consejos, valores, paciencia y amor incondicional, por ser un gran apoyo en momentos difíciles, por haberme inculcado una vida llena de valores, pero sobre todo felicidad.

Este título se lo agradezco de manera muy especial a mi madre ya que sin ella no habría alcanzado este logro.

A mi familia y hermano, por su ayuda incondicional en mi realización profesional.

A mis profesores por haber compartido sus conocimientos y sobre todo su amistad, por sus consejos y experiencias las que serán guía para superarme y ser un buen profesional.

Marcelo Hernán Noriega Córdova

AGRADECIMIENTO

Dedico este proyecto a Dios, a mi Familia.

A mis padres por mostrarme el camino a la superación, a mis familiares por su apoyo a lo largo de mi vida y en el trayecto de mi carrera universitaria.

A mi hermana gracias por estar presente en todo momento ofreciéndome lo mejor y buscando lo mejor para mi persona.

A mi hijo Samuel, aunque es muy pequeño fue el que cambio mi vida para poder seguir adelante y vencer obstáculos que se presentan en el transcurso de la vida y poder hacer realidad todos esos sueños.

Diego Javier Simbaña Guallimba

AGRADECIMIENTO

Quiero dar gracias a Dios por permitirme culminar mi carrera universitaria en esta prestigiosa universidad.

Agradezco de manera especial a mi querida Esposa quien con su apoyo y empuje ha gestado la culminación de esta etapa, a mis padres quienes formaron con dedicación grandes hijos y grandes seres humanos, a mi suegra cuñados y concuñado quienes han creído en mí y a quienes dedico con humildad este triunfo.

A mis docentes quienes aportaron con su guía y enseñanza a este nuevo profesional que llevara sus enseñanzas como guía y escudo en esta larga etapa laboral.

Darío Ernesto Torres Díaz

ÍNDICE DE CONTENIDO

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR	i
CERTIFICADO	ii
AGRADECIMIENTO	2
RESUMEN	3
INTRODUCCIÓN	3
MARCO TEÓRICO	3
CONDUCCIÓN VEHICULAR	3
Conducción agresiva	3
Conducción normal	3
Conducción eficiente (ecológica)	3
MATERIALES Y MÉTODOS	4
Vehículo	4
Lubricante	5
Aditivo	5
Equipo de medición	5
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	6
CONCLUSIONES	7
REFERENCIAS	7
Anexo 1 https://es.slideshare.net/LuisBali/deductivo-e-inductivo	9-11
Anexo 2 Métodos científicos de Colegio24hs Editorial Colegio24hs 2004 en E-libro	12-13
Anexo 3 http://profefelipe.mex.tl/imagesnew/4/6/9/5/1/TRIBOLOGIA.pdf	14-39
Anexo 4 http://www.conevyt.org.mx/educhamba/guias_emprendizaje/sistema_evaporativo.pdf	40-53
Anexo 5 http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/5302/fichero/ANEXOS%252F05_LUBRICANTES_ESPECIFICACIONES+Y+NORMATIVA.pdf	54-88

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR

**ESTUDIO TRIBOLÓGICO EN FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA
UTILIZANDO ADITIVOS NO SOLIDOS**

Marcelo Hernán Noriega Córdova
Estudiante egresado de la facultad de ingeniería mecánica automotriz
UIDE, Quito, Ecuador
Email: chelos1990@hotmail.com

Diego Javier Simbaña Guallimba
Estudiante egresado de la facultad de ingeniería mecánica automotriz
UIDE, Quito, Ecuador
Email: dj_diego.s@hotmail.com

Darío Ernesto Torres Díaz
Estudiante egresado de la facultad de ingeniería mecánica automotriz
UIDE, Quito, Ecuador
Email: ingdaf87@gmail.com

ESTUDIO TRIBOLÓGICO EN FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA UTILIZANDO ADITIVOS NO SOLIDOS

RESUMEN

Dado que en la actualidad se ofertan numerosos tipos de aditivos que mejoran la eficacia del motor, en el presente proyecto estudió los comportamientos tribológicos en función de la temperatura ya que esta variable establece el pulso de inyección adecuado a una temperatura determinada; analizando la curvatura del punto elástico al punto plástico, y como está pendiente puede variar hasta que el motor llegue a su temperatura ideal de trabajo, lo que significa que si se controla esta temperatura los materiales obtendrán tratamientos térmicos a temperaturas controladas y constantes, prolongando su vida útil ya que se disminuye el coeficiente de fricción al utilizar aditivos no sólidos con una estabilidad de 80000km. Las pruebas realizadas proyectaron datos cuantitativos determinando que con el aditivo no sólido aumentó el tiempo de respuesta hasta alcanzar su temperatura de trabajo en un 21,3%, obteniendo pendientes de temperatura bajas.

Palabras clave: emisión de gases, aditivos no sólidos, contaminación

ABSTRACT

Given that there are currently many types of additives that improve engine efficiency, in the present project he studied the tribological behavior as a function of temperature since this variable establishes the injection pulse suitable at a certain temperature; analyzing the curvature of the elastic point to the plastic point, and as it is pending can vary until the engine reaches its ideal working temperature, which means that if this temperature is controlled the materials will obtain thermal treatments at controlled and constant temperatures, prolonging their useful life since the coefficient of friction is reduced by using non-solid additives with a stability of 80000km. The tests carried out projected quantitative data determining that the non-solid additive increased the response time until reaching its working temperature by 21.3%, obtaining low temperature slopes.

Keywords: gas emission, non-solid additives, pollution

1. INTRODUCCIÓN

Es considerable que a nivel mundial se tiene diferentes tipos de aditivos que ayudan a mitigar el desgaste del motor, teniendo una variedad en su uso, esto determina que existe aditivos sólidos y no sólidos, considerado a los aditivos solidos aquellos que se los pierde sus propiedades cada cambio de aceite y este varía según el tipo y característica del aceite a usarse; mientras que los aditivos no solidos poseen tipologías a largo plazo teniendo una vida útil, de 80000 km, sin intervenir el cambio de aceite. Por tal motivo es importante estudiar una de las características que poseen estos aceites como la disminución del coeficiente de rozamiento por las propiedades del aditivo, y paralelamente si disminuye su rozamiento la temperatura tendrá un valor menor, estudiando la pendiente de accionamiento del ECT, en condiciones normales de funcionamiento. Dichos estudios serán pruebas con las cuales el usuario tendrá mayor conocimiento acerca de los componentes de su vehículo, permitiéndole una mayor libertad de decisión en base a sus necesidades y la conciencia del cuidado del medio ambiente.

MARCO TEÓRICO

2. CONDUCCIÓN VEHICULAR

La conducción se puede definir como una serie de actividades que una persona llamada conductor ejecuta para mover a un vehículo propulsado

por un motor de manera segura en una ruta carretera de acuerdo con su criterio y habilidades. Es decir, la conducción es una actitud humana y no se puede establecer como una actitud estándar.

2.1. Conducción agresiva

“En este caso el manejo agresivo se caracteriza por una mayor predisposición a exceder los límites de velocidad, a elaborar demasiados cambios de velocidades y utilizar una máxima aceleración del vehículo. En estas condiciones el pedal del acelerador encuentra en un porcentaje promedio de apertura mayor al 44%. Mientras más tiempo se tenga el motor funcionando en potencia máxima, habrá mayor consumo de combustible por ende mayor contaminación.” (Sánchez Nungaray & Rafael Morales, 2000, pág. 15)

2.2. Conducción normal

“En este tipo de conducción se logra un consumo ajustado equivalente a una prestación media. Esta conducción se caracteriza por la circulación de un vehículo a las velocidades establecidas o puestas por la ley, con un tranquilo cambio de velocidades, por lo cual las emisiones no serán excesivas a comparación de la conducción agresiva” (Sánchez Nungaray & Rafael Morales, 2000).

2.3. Conducción eficiente (ecológica)

“La conducción ecológica es un estilo de conducción eficiente que tiene como propósito disminuir el consumo de combustible y la contaminación atmosférica. Está basado en procedimientos que especifican la potencia, torque y velocidad para operar el motor en los límites operacionales óptimos, conocidos como zona ecológica.” (Correa Espinal, Cogollo Flórez, & Salazar López, 2010, pág. 99). El estilo de conducción ecológico propuesto, está dirigido a vehículos que poseen sistemas de inyección electrónica de combustible, ofreciendo importantes beneficios a los conductores de vehículos livianos a través de un ahorro en costos y reducción de sus emisiones medioambientales.

Según mercedes Rafael La conducción técnica de un vehículo por parte del operador es el tipo de conducción y de comportamiento en relación al vehículo, que llevan al consumo mínimo de combustible, llantas y refacciones, cualquiera que sea el perfil del recorrido o las condiciones del tránsito, reduciendo las emisiones contaminantes al medioambiente y, además, respeta a los usuarios del camino. (Rafael Morales & Hernández Guzmán, Manual de Conducción técnica de vehículos automotores diesel, 2012, pág. 37)

3. MATERIALES Y MÉTODOS

Es importante considerar un método de estudio para la obtención de los datos, y garantizar que los resultados a obtener serán los adecuados para luego comparar con los valores iniciales que presenta el aditivo como tal, teniendo una línea base al utilizar el aceite sin aditivos, y revisara el porcentaje de efectividad en sus resultados. El método a utilizarse será el método inductivo ya que para poder respaldar el estudio se empleó la ponderación de datos tomados con anterioridad, creando una base de datos que permita llegar a una conclusión de manera más exacta.

3.1. Vehículo

El vehículo a utilizar será uno de los más comerciales a nivel nacional, además es uno de los más utilizados en el área de transporte pagado y considerado uno de los vehículos familiares d mejor acogida, siendo el Chevrolet Aveo del año 2009, que cuenta con un motor de cilindrada 1600 cm³, como se observa en la figura 1.



Figura 1. Auto de pruebas
Fuente: autores

3.2. Lubricante

El lubricante que se utilizó para realizar el análisis es el que recomienda el fabricante como casa comercial, siendo el de la marca Mobil-20W50, lo que significa que es importante determinar la variable dependiente, teniendo como base que el tipo de aceite será estable y estándar para todas las muestras a estudiar.



Figura 2. Aceite para pruebas
Fuente: autores

3.3. Aditivo

El aditivo que se utilizará en el análisis es considerado como un aditivo no sólido, de fabricación americana, el cual se puede utilizar en motores, y transmisiones, en cualquier tipo de vehículo. Este aditivo se utiliza para proteger al motor durante el encendido en frío, eliminando la fricción y el desgaste, lo que prolongará la vida útil a la vez que reducirá la temperatura y el consumo de combustible. Una de las características del aditivo determina que debido a la acción mono molecular de se forma una barrera

química casi impenetrable, la cual no solamente reduce la fricción, sino que también obstaculiza la acción dañina de elementos presentes en la combustión, como ácidos y agua que afectan a las piezas metálicas. Esta barrera química impide la corrosión y la formación de carbonos en los pistones y las válvulas del motor

3.4. Equipo de medición

El equipo a utilizar será el scanner G-SCAN2, para observar el comportamiento del sensor de temperatura en el tiempo, y revisar el lapso en que se acciona el electro-ventilador. El Scanner G-SCAN 2 permite evaluar todos los subsistemas del vehículo y hacer pruebas de sus componentes o actuadores en vivo, dispone de un osciloscopio y un multímetro con muchos parámetros de medición, lo cual es ideal para el personal de mantenimiento, además evalúa el comportamiento de los sensores y actuadores de cualquier subsistema y mantener grabada esa información que no es relevante porque es en tiempo real o se puede hacer seguimiento en ruta para ver el comportamiento de los mismos.



Figura 3. Equipo medición
Fuente: autores

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al realizar la investigación fue importante sectorizar y determinar las variables dependientes e independientes, por tal motivo, se estandarizó la temperatura inicial, teniendo como punto de partida una temperatura de 23°C, ya que de este valor inicial se procedió a la obtención de los datos tabular.

Los datos a obtener será los tiempos hasta que el vehículo llegue a su temperatura ideal de trabajo, esto quiere decir en el momento que se enciende el electro ventilador.

Antes de realizar las pruebas, se procede a revisar que el vehículo conste con todos los parámetros adecuados, para garantizar una medición apropiada, por tal motivo el vehículo a experimentar fue realizado un mantenimiento preventivo y pasado la revisión técnica vehicular, lo que garantiza que mecánicamente está en óptimas condiciones para la prueba.

Tabla 1. Datos iniciales vehículo pruebas

	Comp. (PSI)	km	Aceite
Sin aditivo	126	42500	20W50
Con aditivo	126	42700	20W50

Fuente: Autores

Inicialmente se obtiene los datos de temperatura sin el aditivo, en condiciones ideales de

trabajo, utilizando el aceite de fábrica, sin generar variaciones en el

acelerador, y que la temperatura del vehículo vaya aumentando paulatinamente.

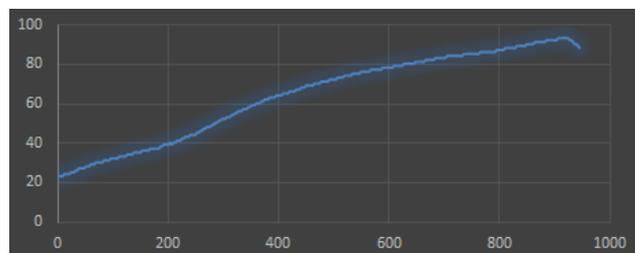


Figura 4. Medición temperatura sin aditivo

Fuente: Autores

Como se observa la gráfica, la temperatura del vehículo aumenta paulatinamente hasta llegar a su temperatura ideal de trabajo, lo que según el manual técnico del vehículo determina un valor de 93°C hasta que encienda el electro-ventilador, esto quiere decir en un tiempo prolongado de 906 segundos.

Se utilizó el aditivo y se procedió a realizar la segunda medición y determinar si con el aditivo cumplía una mejora, respecto a la disminución de la temperatura, esto debido a que, si se disminuye el coeficiente de fricción, aumentará el tiempo en llegar a su temperatura de trabajo ideal, lo que mejoraría el tratamiento térmico de los materiales internos del motor

Teniendo como resultado, luego de colocar el aditivo, el tiempo prolongado de activación del electro ventilador es de 172,8 segundos, lo

que significa que la pendiente del aumento de temperatura es menor, ya que aditivo controla la fricción disminuyendo el aumento brusco de la temperatura, enciendo su electro-ventilador en 1098 segundos, como se observa en la figura 5.

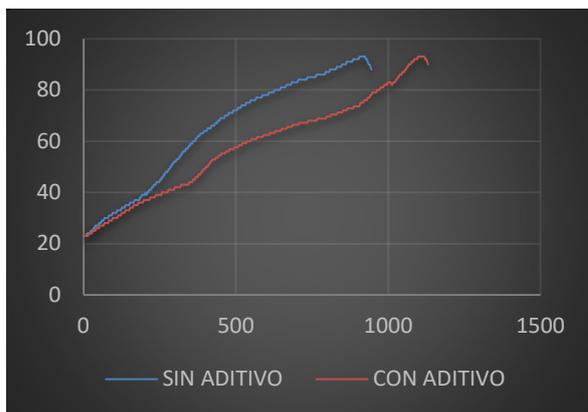


Figura 5. Medición temperatura con aditivo

Fuente: Autores

En la tabla 2 se observa las diferentes características que varían al utilizar el aceite del motor con aditivo y sin aditivo no sólido, lo que se observa que los dos componentes llegan a su temperatura de trabajo que determina el manual, esto es a 93°C,

Tabla 2. Datos iniciales vehículo pruebas

	Temperatura	Tiempo	Pendiente
sin aditivo	93	906	0,805
con aditivo	93	1098	0,666

Fuente: Autores

5. CONCLUSIONES

En la actualidad se ofertan un sin número de aditivos, sean estos sólidos para aumentar la compresión cuya viscosidad es muy elevada, o los no sólidos que tienen una viscosidad baja, igual al de un aceite 10W30 utilizado para disminuir la fricción y mejorar el desgaste que puede ocasionarse en condiciones dinámicas; por lo que es muy importante que los usuarios deduzcan que tipo de aditivo puede funcionar adecuadamente según la necesidad del vehículo,

Al utilizar el aditivo en el motor, la mezcla es de 4 onzas por cada galón, esta mezcla mejora la fricción, cuyo valor se puede apreciar en las pruebas de laboratorio con un aumento en su tiempo de trabajo de 172,8 segundos hasta alcanzar la temperatura ideal de los 93°C.

Al tener una pendiente más suavizada, la trayectoria del tiempo elástico aumenta, lo que se tiene como resultado una pendiente más suavizada, esto significa que con el aditivo mejora el coeficiente de fricción, controlando de mejor manera el tratamiento térmico de los materiales internos del motor, aumentando la vida útil de los elementos rotacionales.

6. REFERENCIAS

- [1]<https://es.slideshare.net/LuisBali/deductivo-e-inductivo>
- [2]Métodos científicos de Colegio24hs Editorial Colegio24hs 2004 en E-libro

- [3]<http://profefelipe.mex.tl/imagenesnew/4/6/9/5/1/TRIBOLOGIA.pdf>
- [4]http://www.conevyt.org.mx/educamba/guias_emprendizaje/sistema_evaporativo.pdf
- [5]http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/5302/fichero/ANEXOS%252F05_LUBRICANTES_ESPECIFICACIONES+Y+NORMATIVA.pdf

ANEXO 1

MÉTODO INDUCTIVO

El método inductivo o inductivismo es un método científico que obtiene conclusiones generales a partir de premisas particulares. Se trata del método científico más usual, que se caracteriza por cuatro etapas básicas: la observación y el registro de todos los hechos; el análisis y la clasificación de los hechos; la derivación inductiva de una generalización a partir de los hechos; y la contrastación. Esto supone que, tras una primera etapa de observación, análisis y clasificación de los hechos, se deriva una hipótesis que soluciona el problema planteado. Una forma de llevar a cabo el método inductivo es proponer, a partir de la observación repetida de objetos o acontecimientos de la misma naturaleza, una conclusión para todos los objetos o eventos de dicha naturaleza. Ejemplo de razonamiento inductivo completo: Pedro y Marta tienen tres perros: Pancho, Pepe y Toto. Pancho es de color negro. Pepe es de color negro. Toto es de color negro. Por lo tanto, todos los perros de Pedro y Marta son de color negro. Ejemplo de razonamiento inductivo incompleto. Pancho es un perro de color negro. Pepe es un perro de color negro. Toto es un perro de color negro. Por lo tanto, todos los perros son de color negro. Como puede verse, en el segundo ejemplo todas las premisas son verdaderas, pero la conclusión es falsa.

PROPÓSITO. •Saca conclusiones generales de algo particular, ha sido el método científico más común. •La naturaleza se rige por la "Ley de la Causalidad" •CAUSA: fundamento u origen de algo, EFECTO: lo que sigue por virtud de una causa. •se caracteriza por tener 4 etapas básicas: Observación y registro de todos los hechos. -Análisis y clasificación de los hechos. Derivación inductiva de una generalización a partir de los hechos –Contrastación

MÉTODO DEDUCTIVO.

El método deductivo es un método científico que considera que la conclusión está implícita en las premisas. Por lo tanto, supone que las conclusiones siguen necesariamente a las premisas: si el razonamiento deductivo es válido y las premisas son verdaderas, la conclusión sólo puede ser verdadera. El razonamiento deductivo fue descrito por los filósofos de la Antigua Grecia, entre ellos Aristóteles. Cabe destacar que la palabra deducción proviene del verbo deducir (del latín *deducere*), que significa sacar consecuencias de un principio, proposición o supuesto. El método deductivo infiere los hechos observados basándose en la ley general (a diferencia del inductivo, en el cual se formulan leyes a partir de hechos observados). Hay quienes creen, como el filósofo Francis Bacon, que la inducción es mejor que la deducción, ya que se pasa de una particularidad a una generalidad. El método deductivo puede dividirse en método deductivo directo de conclusión inmediata (cuando se obtiene el juicio de una sola premisa, sin intermediarios) y método deductivo indirecto o de conclusión mediata (cuando la premisa mayor contiene la proposición universal y la premisa menor contiene la proposición particular, la conclusión resulta de su comparación). Una deducción se puede sacar con premisas que forman un silogismo en el que la premisa mayor establece la línea directa, que por medio de la premisa menor llegando a una conclusión. Ejemplo: El hombre es un ser humano. Juan es un hombre. por lo tanto Juan es un ser humano. Si la conclusión viene con premisas falsas, la conclusión será falsa: Los pájaros son vertebrados y vuelan Los cerdos son vertebrados Por ende, los cerdos son vertebrados y vuelan La deducción viene en forma directa conforme a las premisas. OTRO EJEMPLO. Por ejemplo cuando investigas un accidente, si te involucras y llegas instantes después de que ocurrió y tomas notas, fotos y estas atento a todos los detalles, entonces es inductivo porque te involucras de lleno.

Ahora si lo investigas por medio de las noticias, periódicos, lo que oyes en la radio y de allí sacas conclusiones, entonces es deductivo porque estas fuera del área de investigación.

ANEXO 2

Método científico, propio de las ciencias fácticas y opuestas al inductivismo, que sostiene que las hipótesis científicas no se derivan de la observación, sino que son producto de la creatividad humana, que mediante ellas intenta hallar la solución a un problema.

El recurso a la experiencia solo es necesario para la construcción de la hipótesis, deduciendo de ella una conclusión en forma de enunciado observacional, que se compara con los hechos. Los defensores de este método sostienen que representa, también en la ciencia, el modo como de razonar.

Llega un momento en que los científicos necesitan explicar las anomalías que anteriormente habían dejado de lado para seguir avanzando. De lo contrario no podrían continuar con su tarea. Gradualmente las anomalías comienzan a cobrar importancia y socavan la confianza en el paradigma. Se genera así una crisis que causa una etapa de confusión y de desacuerdos profundos en la comunidad científica. Esta situación deriva en la adopción de un nuevo paradigma, y esta nueva adopción constituye la etapa que Kuhn denomina revolución científica. Gran parte de los supuestos y creencias que habían sido anteriormente aceptadas resultan removidas en este nuevo paradigma. Así, la física de Aristóteles fue reemplazada por la física de Galileo, la geometría euclidiana fue reemplazada por la geometría no euclidiana (Kuhn, 2004).

La adhesión a uno u otro paradigma no puede decidirse acudiendo a una instancia que esté por encima de los paradigmas, ni por métodos científicos, porque estos mismos están en disputa. La adhesión o no es más bien una cuestión emocional que lógica, por esta razón Kuhn considera semejantes las revoluciones científicas y las revoluciones políticas. Estas últimas se inician por medio de un sentimiento, de una parte de la comunidad política, de que las instituciones.

Del mismo modo, las revoluciones científicas se inician con un sentimiento creciente, de que un paradigma existente ha dejado de funcionar adecuadamente para explorar un aspecto de la naturaleza. Es decir, que el sentimiento de mal funcionamiento que puede llevar a una crisis, es un requisito previo para la revolución. La teoría de Kuhn involucra una crítica radical a la noción de progreso, según la cual en la ciencia habría un acumulamiento progresivo y lineal de conocimientos que tenderían hacia una verdad final acerca de la naturaleza. Sostiene, en cambio, que hay progreso únicamente dentro de un paradigma. Allí, el conocimiento es acumulativo. Sin embargo no hay progreso entre paradigmas y este hecho deriva en su tesis de la inconmensurabilidad de los paradigmas.

ANEXO 3

TRIBOLOGÍA: FRICCIÓN, DESGASTE Y LUBRICACIÓN.

El desarrollo de la Ciencia y Tecnología actuales implican la generación y aplicación del conocimiento en muchas áreas y consecuentemente el estudiante de Ingeniería debe estar al tanto de los mismos, sin embargo, debido a la actualización poco frecuente de los programas y planes de estudio y más que nada por las limitaciones propias de semestres de apenas cuatro meses de actividades académicas, es difícil la actualización del estudiante en dichos conocimientos, además, dejar trabajos de investigación no funciona de la manera deseada, ya que en muchas ocasiones se descargan de Internet y se imprimen sin siquiera leerlos, de ese modo, surge la idea de crear una serie de apuntes de temas básicos para el ingeniero actual como son: el endurecimiento superficial del acero, las fundiciones de hierro, la tribología y el desgaste, la superplasticidad, los avances en la industria siderúrgica, etc.

En esta segunda lectura se presenta el tema de tribología, y los factores que incluye como son: fricción, desgaste y lubricación.

Se espera que sea de utilidad e interés para los alumnos y personas interesadas en el tema.

LA TRIBOLOGÍA: ARTE, CIENCIA Y TECNOLOGÍA

La palabra Tribología se deriva del término griego tribos, el cual entenderse como “frotamiento o rozamiento”, así que la interpretación de la palabra puede ser, “la ciencia del rozamiento”

Los diccionarios definen a la Tribología como la ciencia y tecnología que estudia la interacción de las superficies en movimiento relativo, así como los temas y prácticas relacionadas. La Tribología es el arte de aplicar un análisis operacional a problemas de gran importancia económica, llámese, confiabilidad, mantenimiento, y desgaste del equipo técnico, abarcando desde la tecnología aeroespacial hasta aplicaciones domésticas. El entendimiento de las interacciones superficiales en una interface requiere tener conocimiento de varias disciplinas incluyendo la física, química, matemáticas aplicadas, mecánica de sólidos, mecánica de fluidos, termodinámica, transferencia de calor, ciencia de materiales, reología, lubricación, diseño de máquinas, desempeño y confiabilidad.

En sí, la Tribología podría parecer algo nuevo, pero solamente el término como tal lo es, ya que el interés en temas relacionados con la disciplina existe desde antes de que la historia se escribiera. Como un ejemplo, se sabe que las “brocas” realizadas durante el periodo Paleolítico para perforar agujeros o para producir fuego, eran “fijados” con rodamientos hechos de cornamentas o huesos.

Los documentos históricos muestran el uso de la rueda desde el 3500 a.C., lo cual ilustra el interés de nuestros antepasados por reducir la fricción en movimientos de traslación. Los egipcios tenían el conocimiento de la fricción y los lubricantes, esto se ve en el transporte de grandes bloques de piedra para la construcción de monumentos. Para realizar esta tarea

utilizaban agua o grasa animal como lubricante.

El artista-científico renacentista Leonardo Da Vinci fue el primero que postuló un acercamiento a la fricción. Da Vinci dedujo la leyes que gobiernan el movimiento de un bloque rectangular deslizándose sobre una superficie plana, también, fue el primero en introducir el concepto del coeficiente de fricción. Desafortunadamente sus escritos no fueron publicados hasta cientos de años después de sus descubrimientos. Fue en 1699 que el físico francés Guillaume Amontons redescubrió las leyes de la fricción al estudiar el deslizamiento entre dos superficies planas.

Muchos otros descubrimientos ocurrieron a lo largo de la historia referentes al tema, científicos como Charles Agustín de Coulomb, Robert Hooke, Isaac Newton, entre otros, aportaron conocimientos importantes para el desarrollo de esta ciencia.

Al surgir la Revolución Industrial el desarrollo tecnológico de la maquinaria para producción avanzó rápidamente. El uso de la potencia del vapor permitió nuevas técnicas de manufactura. En los inicios del siglo veinte, desde el enorme crecimiento industrial hasta la demanda de una mejor tribología, el conocimiento de todas las áreas de la tribología se expandió rápidamente.

FUNDAMENTOS DE LA TRIBOLOGÍA

La Tribología se centra en el estudio de tres fenómenos; la fricción entre dos cuerpos en movimiento, el desgaste como efecto natural de este fenómeno y la lubricación como un medio para evitar el desgaste.

APLICACIONES

La Tribología está presente en prácticamente todos los aspectos de la maquinaria, motores y componentes de la industria en general. Los componentes tribológicos más comunes son:

- Rodamientos
- Frenos y embragues
- Sellos
- Anillos de pistones
- Engranajes y Levas

Las aplicaciones más comunes de los conocimientos tribológicos, aunque en la práctica no se nombren como tales, son

- Motores eléctricos y de combustión (componentes y funcionamiento)
- Turbinas
- Extrusión
- Rolado

- Fundición
- Forja
- Procesos de corte (herramientas y fluidos)
- Elementos de almacenamiento magnético
- Prótesis articulares (cuerpo humano)

La aplicación de los conocimientos de la Tribología en estas prácticas deriva en:

- Ahorro de materias primas
- Aumento en la vida útil de las herramientas y la maquinaria
- Ahorro de recursos naturales
- Ahorro de energía
- Protección al medio ambiente

Significado de la Tribología en la Industria

La tribología es crucial para la maquinaria moderna que utiliza superficies rodantes y/o deslizantes.

De acuerdo a algunos estimados, las pérdidas resultantes de la ignorancia en tribología en los Estados Unidos representan aproximadamente el 6% del total del producto bruto (\$200

billones de dólares por año en 1966), y aproximadamente un tercio de los recursos energéticos existentes se pierden en forma de fricción. Por esto, la importancia de la reducción de la fricción y el desgaste para un ahorro de dinero y una confiabilidad a largo plazo de la maquinaria. Según Jost (1966,1976), el Reino Unido podría ahorrar aproximadamente 500 millones de libras al año, y los Estados Unidos llegarían a ahorrar hasta 16 billones de dólares al año utilizando mejores prácticas tribológicas. Este ahorro es significativo y puede obtenerse sin hacer una gran inversión de capital.

FRICCIÓN

Se define como fuerza de rozamiento o fuerza de fricción entre dos superficies en contacto a la fuerza que se opone al movimiento de una superficie sobre la otra (fuerza de fricción cinética) o a la fuerza que se opone al inicio del movimiento (fuerza de fricción estática). Las fuerzas de fricción son importantes en la vida cotidiana ya que nos permiten caminar y correr. Toda fuerza de fricción se opone a la dirección del movimiento relativo.

TIPOS DE ROZAMIENTO

Existen dos tipos de rozamiento o fricción, la fricción estática y la fricción dinámica o cinética.

Fuerza de rozamiento estática

Es la fuerza de rozamiento entre dos objetos que no están en movimiento relativo.

Como se ve en la figura 1 la fuerza F aplicada sobre el bloque de peso $W = mg$ aumenta gradualmente, pero el bloque permanece en reposo. Como la aceleración es cero la fuerza aplicada es igual y opuesta a la fuerza de rozamiento estático F_e .

$$F = F_e$$

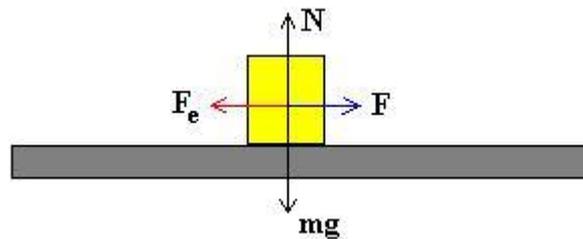


Figura 1. Creación de la fuerza de fricción F_e

La máxima fuerza de rozamiento corresponde al instante en el que el bloque está a punto de deslizar, esto es:

$$F_{e\max} = \mu_e N$$

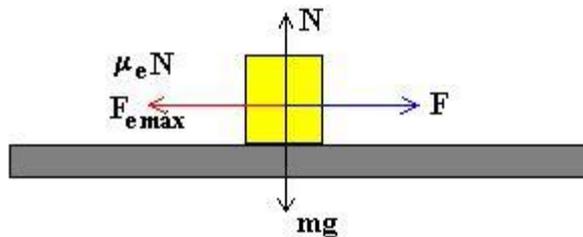


Figura 2. Fuerza de fricción máxima

La constante de proporcionalidad μ_e se denomina coeficiente de rozamiento estático.

Fuerza de rozamiento cinético

En la figura 3, se muestra un bloque arrastrado por una fuerza F horizontal. Sobre el bloque actúan el peso mg , la fuerza normal N que es igual al peso, y la fuerza de rozamiento F_k entre el bloque y el plano sobre el cual desliza. Si el bloque desliza con velocidad constante la fuerza aplicada F será igual a la fuerza de rozamiento F_k .

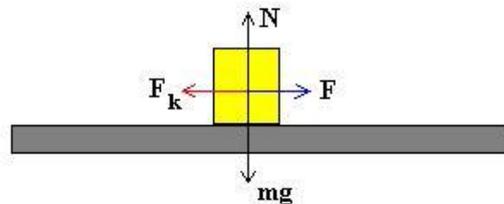


Figura 3. Fuerza de rozamiento cinético F_k

Se puede investigar la dependencia de F_k con la fuerza normal N . Se ve que si se duplica la masa m del bloque que desliza colocando encima de éste otro igual, la fuerza normal N se duplica, la fuerza F con la que se tira del bloque se duplica y por tanto, F_k se duplica.

De ese modo, la fuerza de rozamiento dinámico F_k es proporcional a la fuerza normal N .

$$F_k = \mu_k N$$

La constante de proporcionalidad μ_k es un número sin dimensiones que se denomina coeficiente de rozamiento cinético.

El valor de μ_k es casi independiente del valor de la velocidad para velocidades relativas pequeñas entre las superficies, y decrece lentamente cuando el valor de la velocidad aumenta, figura 4.

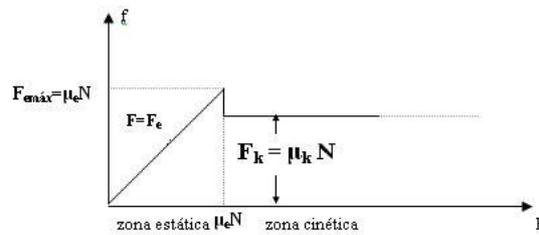


Figura 4. Valores de los coeficientes de fricción

Los coeficientes de rozamiento estático y dinámico dependen de las condiciones de preparación y de la naturaleza de las dos superficies y son casi independientes del área de la superficie de contacto, proporcionándose en la tabla 1, el valor de algunos de ellos

Tabla 1. Coeficiente de rozamiento de algunas sustancias:

Materiales en contacto	Fricción estática	Fricción cinética
Hielo // Hielo	0,1	0,03
Vidrio // Vidrio	0,9	0,4
Madera // Cuero	0,4	0,3
Madera // Piedra	0,7	0,3
Madera // Madera	0,4	0,3
Acero // Acero	0,74	0,57
Acero // Hielo	0,03	0,02
Acero // Latón	0,5	0,4
Acero // Teflón	0,04	0,04
Teflón // Teflón	0,04	0,04
Caucho // Cemento (seco)	1,0	0,8
Caucho // Cemento (húmedo)	0,3	0,25
Cobre // Hierro (fundido)	1,1	0,3
Esquí (encerado) // Nieve (0°C)	0,1	0,05
Articulaciones humanas	0,01	0,003

No se tiene una idea perfectamente clara de la diferencia entre el rozamiento dinámico y el estático, pero se tiende a pensar que el estático es mayor que el dinámico, porque al permanecer en reposo ambas superficies, pueden aparecer enlaces iónicos, o incluso microsoldaduras entre las superficies. Éste fenómeno es tanto mayor cuanto más perfectas son las superficies. Un caso más o menos común es el del gripaje de un motor por estar mucho tiempo parado (no solo se arruina por una temperatura muy elevada), ya que al permanecer las superficies del pistón y la camisa durante largo tiempo en contacto y en reposo, pueden llegar a soldarse entre sí.

La explicación de que la fuerza de rozamiento es independiente del área de la superficie aparente de contacto es la siguiente:

La mayoría de las superficies, aún las que se consideran pulidas son extremadamente rugosas a escala microscópica. En la figura 5 los picos de las dos superficies que se ponen en contacto determinan el área real de contacto que es una pequeña proporción del área aparente de contacto (el área de la base del bloque). El área real de contacto aumenta cuando aumenta la presión (la fuerza normal) ya que los picos se deforman.

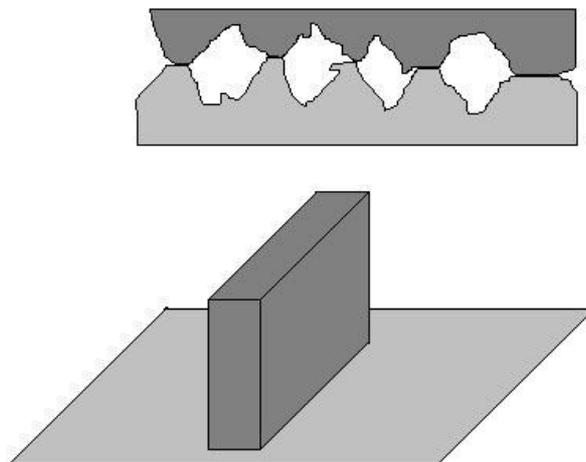


Figura 5. Superficies en contacto pequeñas

Los metales tienden a soldarse en frío, debido a las fuerzas de atracción que ligan a las moléculas de una superficie con las moléculas de la otra. Estas soldaduras tienen que romperse para que el deslizamiento se presente. Además, existe siempre la incrustación de los picos con los valles. Este es el origen del rozamiento estático.

Cuando el bloque desliza sobre el plano, las soldaduras en frío se rompen y se rehacen constantemente. Pero la cantidad de soldaduras que haya en cualquier momento se reduce por debajo del valor estático, de modo que el coeficiente de rozamiento cinético es menor que el coeficiente de rozamiento estático.

La superficie más pequeña de un bloque está situada sobre un plano. En el dibujo situado encima, se ve un esquema de lo que se vería al microscopio: grandes deformaciones de los picos de las dos superficies que están en contacto. Por cada unidad de superficie del bloque, el área de contacto real es relativamente grande (aunque esta es una pequeña fracción de la superficie aparente de contacto, es decir, el área de la base del bloque).

En la figura 6, la superficie más grande del bloque está situada sobre el plano. El dibujo muestra ahora que las deformaciones de los picos en contacto son ahora más pequeñas por que la presión es más pequeña. Por tanto, un área relativamente más pequeña está en contacto real por unidad de superficie del bloque. Como el área aparente en contacto del bloque es mayor, se deduce que el área real total de contacto es esencialmente la misma en ambos casos.

Ahora bien, las investigaciones actuales que estudian el rozamiento a escala atómica demuestran que la explicación dada anteriormente es muy general y que la naturaleza de la fuerza de rozamiento es muy compleja

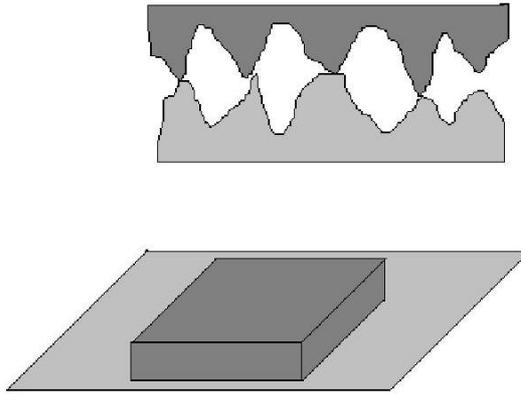


Figura 6. Superficie de contacto grande

Finalmente, la presencia de aceite o de grasa (lubricación) en las superficies en contacto evita las soldaduras al revestirlas de un material inerte.

Rozamiento entre superficies de sólidos

A continuación se mencionan las Leyes de rozamiento para cuerpos sólidos.

- La fuerza de rozamiento es de igual dirección y sentido contrario al movimiento del cuerpo.
- La fuerza de rozamiento es prácticamente independiente del área de la superficie de contacto.
- La fuerza de rozamiento depende de la naturaleza de los cuerpos en contacto, así como del estado en que se encuentren sus superficies.

- La fuerza de rozamiento es directamente proporcional a la fuerza normal que actúa entre las superficies de contacto.
- Para un mismo par de cuerpos, el rozamiento es mayor en el momento de arranque que cuando se inicia el movimiento.
- La fuerza de rozamiento es prácticamente independiente de la velocidad con que se desplaza un cuerpo sobre otro.

DESGASTE

INTRODUCCIÓN

El proceso de desgaste, puede definirse como una pérdida de material de la interfase de dos cuerpos, cuando se les ajusta a un movimiento relativo bajo la acción de una fuerza. En general, los sistemas de ingeniería implican el movimiento relativo entre componentes fabricados a partir de metales y no metales, y se han identificado seis tipos principales de desgaste, como sigue:

- Desgaste por adherencia.
- Desgaste por abrasión.
- Desgaste por ludimiento.
- Desgaste por fatiga.

- Desgaste por erosión.
- Desgaste corrosivo

Desgaste adhesivo

Esta forma de desgaste ocurre cuando dos superficies se deslizan una contra otra bajo presión. Los puntos de contacto (ver figura 7), proyecciones microscópicas o la aspereza de la unión en la interface donde ocurre el deslizamiento debido a los altos esfuerzos localizados, llevan a que las fuerzas de deslizamiento fracturen la unión, desgarrando al material de una superficie y transfiriéndolo a otra, lo que puede ocasionar posteriormente mayor daño.

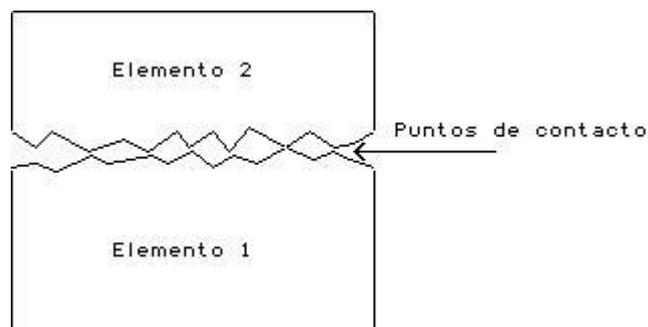


Figura 7. Desgaste adhesivo entre dos piezas en movimiento

Desgaste por abrasión

Es la remoción de material de la superficie en contacto por superficies duras en superficies de coincidencia, o con superficies duras que presentan un movimiento relativo en la superficie desgastada. Cuando es el caso de partículas duras, ellas pueden encontrarse entre las dos superficies que se deslizan entre sí como se muestra en la figura 8 o se podrían incrustar en cualquiera de las superficies. Es conveniente aclarar que este tipo de desgaste se puede presentar en estado seco o bajo la presencia de un fluido.

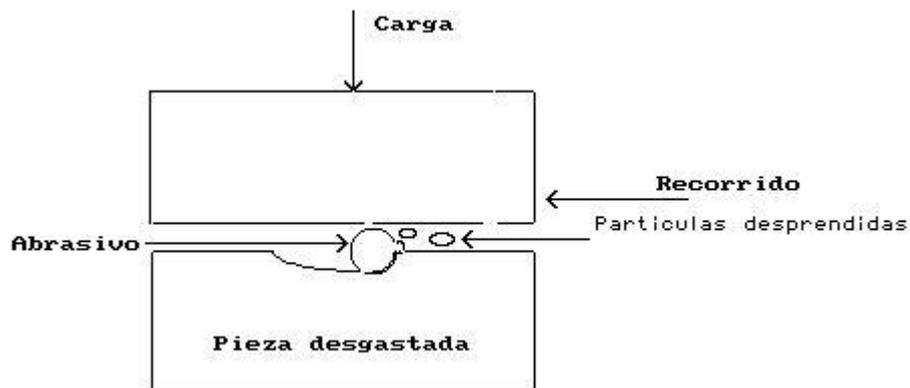


Figura 8. Desgaste abrasivo debido a la presencia de partículas duras

Desgaste por ludimiento

Esta forma de desgaste aparece como resultado del movimiento oscilatorio de dos superficies en contacto, como sucede en máquinas donde existe vibración entre las partes.

Desgaste por fatiga superficial

Es probable que el modo predominante de la mayoría de los tipos de desgaste sea por desprendimiento de material de la superficie por fatiga, ya sea que la naturaleza del movimiento sea unidireccional o de vaivén. Clasificar un tipo particular de falla como desgaste por fatiga puede ser confuso. Sin embargo, a fin de hacer un clasificación, el término desgaste por fatiga se reserva para identificar la falla de contactos lubricados en casos como los rodamientos de bolas o rodillo, engranes, levas y mecanismos impulsores de fricción. La pérdida de material es por desprendimiento de superficiales y por picaduras, como en los engranes.

Se piensa que las grietas por fatiga aparecen debajo de la superficie en un punto en que el esfuerzo cortante es máximo, figura 9.

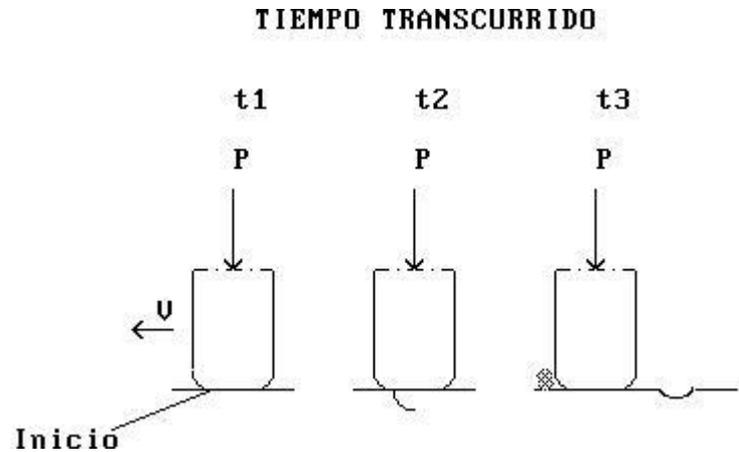


Figura 9. Desgaste por fatiga superficial

Obviamente, puede lograrse una mejoría en la vida de estos elementos, si trabaja a una carga de contacto baja y el método más preferido en la industria es producir componentes con la profundidad óptima de capa endurecida junto con un buen acabado superficial. El propósito de esta capa externa dura tal como se obtiene por carburación, nitruración o sulfurización es proporcionar una superficie con un alto límite de resistencia en una región vulnerable a la iniciación de grietas.

Desgaste erosivo

Este tipo de desgaste ocasiona pérdidas de material en la superficie por el contacto con un líquido que contiene en suspensión cierta cantidad de partículas abrasivas como se muestra en la figura 10, siendo esencial el movimiento relativo entre el fluido y la superficie, ya que la fuerza de las partículas, que de hecho son responsables del daño, se aplica

cinéticamente. En el desgaste erosivo es donde el movimiento relativo de las partículas sólidas es casi paralelo con las superficies erosionadas se denomina erosión abrasiva, por otro lado, la erosión en la que el movimiento relativo de las partículas es casi normal (perpendicular) a la superficie erosionada se conoce como erosión bajo impacto.

LA LUBRICACIÓN

BREVE RECORDATORIO HISTÓRICO

El propósito de la lubricación es la separación de dos superficies con deslizamiento relativo entre sí de tal manera que no se produzca daño en ellas: se intenta con ello que el proceso de deslizamiento sea con el rozamiento más pequeño posible. Para conseguir esto se intenta, siempre que sea posible, que haya una película de lubricante de espesor suficiente entre las dos superficies en contacto para evitar el desgaste como se muestra en la figura 11.

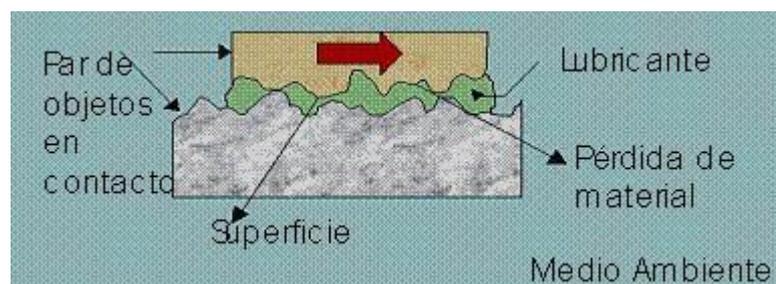


Figura 11. Película de lubricante entre dos cuerpos en contacto

El lubricante en la mayoría de los casos es aceite mineral. En algunos casos se utiliza agua, aire o lubricantes sintéticos cuando hay condiciones especiales de temperatura, velocidad, etc.

Históricamente, es interesante señalar que únicamente con la mejora de los procesos de fabricación de elementos metálicos (a partir de la revolución industrial) y el aumento de las velocidades de giro de ejes (por encima de las habituales de un carro o un molino) la lubricación hidrodinámica se convierte en el tipo normal de lubricación y empieza a ser estudiada.

La lubricación con grasas (lubricación límite) recibió una atención especial desde hace ya muchos años. Un gran número de famosos investigadores realizó experimentos sobre lubricación: Leonardo da Vinci (1508), Amontons (1699), Euler (1748), Coulomb (1809). Amontons y Coulomb hallaron que la fuerza de fricción F que hay que vencer para mover un cuerpo respecto a otro es proporcional a la carga normal aplicada P : es decir existe una constancia del cociente P/F , llamado coeficiente de fricción. Los primeros trabajos sobre un eje con cojinetes trabajando en condiciones hidrodinámicas fueron realizados por Pauli (1849) y Hirn (1854). Estos trabajos fueron analizados por el científico ruso Petroff en 1883. Tower entre 1883 y 1885 demostró que se generaban en este tipo de cojinetes unas presiones elevadas: este hecho fue explicado en 1886 por Reynolds que demostró que era necesaria una forma convergente en la película para que se generara un aumento de presión.

Los experimentos de Tower resultaron claves en el desarrollo de esta teoría. Tower estaba encargado de estudiar la fricción en los soportes de los ejes de los carros de ferrocarril y de

ver el mejor medio de lubricarlos. En el curso de una de sus investigaciones vio que uno de sus cojinetes parciales tenía un coeficiente de fricción muy bajo (4" de diámetro, 6" de longitud, arco de contacto 157°). Tower practicó un agujero en el apoyo tal como se ve en la figura 11 y vio que la presión que se generaba al girar el eje era elevada. Esto le llevó a hacer un estudio de la distribución de presiones a lo ancho del cojinete.

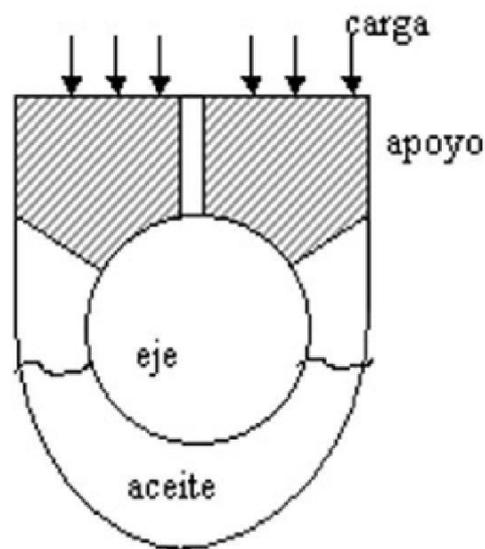


Figura 11. Un eje y su cojinete

OBJETIVOS Y CAMPOS DE APLICACIÓN

El objetivo de la lubricación es reducir el rozamiento, el desgaste y el calentamiento de las superficies en contacto de piezas con movimiento relativo.

La aplicación típica en ingeniería mecánica es el cojinete, constituido por muñón o eje, manguito o cojinete.

Los principales campos de aplicación son:

- Cojinetes del cigüeñal y bielas de un motor (vida de miles de km).
- Cojinetes de turbinas de centrales (fiabilidad de 100%).

Los factores a considerar en diseño son técnicos y económicos: -Cargas aplicadas y condiciones de servicio.

- Condiciones de instalación y posibilidad de mantenimiento.
- Tolerancias de fabricación y funcionamiento; vida exigida.
- Costo de instalación y mantenimiento.

El estudio de la lubricación está basado en

la: -Mecánica de fluidos.

-Termodinámica y transmisión de calor.

TIPOS DE LUBRICACIÓN.

Pueden distinguirse tres formas distintas:

- Lubricación hidrodinámica,
- Lubricación límite o de contorno,
- Lubricación hidrostática.

Lubricación hidrodinámica: Las superficies están separadas por una película de lubricante que proporciona estabilidad. No se basa en introducir lubricante a presión (puede hacerse), exige un caudal de aceite, la presión se genera por movimiento relativo. Se habla también de lubricación de película gruesa, fluida, completa o perfecta.

Lubricación límite: La película de lubricante es tan fina que existe un contacto parcial metal-metal. La acción resultante no se explica por la hidrodinámica.

Puede pasarse de lubricación hidrodinámica a límite por caída de la velocidad, aumento de la carga o disminución del caudal de aceite. En este tipo de lubricación (de película delgada, imperfecta o parcial) más que la viscosidad del lubricante es más importante la composición química. Al proyectar un cojinete hidrodinámico hay que tener en cuenta que en el arranque puede funcionar en condiciones de lubricación límite.

Lubricación hidrostática: Se obtiene introduciendo a presión el lubricante en la zona de carga para crear una película de lubricante. –no es necesario el movimiento relativo entre las superficies. –se emplea en cojinetes lentos con grandes cargas. –puede emplearse aire o agua como lubricante.

TIPOS DE LUBRICANTES:

Los principales tipos de lubricación son:

Líquidos: Son los de uso más frecuente y los que se basan en fracciones de petróleo refinado o en fluidos sintéticos. Los lubricantes líquidos de petróleo son los de uso más extenso, debido a su adaptabilidad general a la mayoría de los equipos existentes o por su disponibilidad a un costo moderado.

Sólidos: Un lubricante sólido es una película delgada constituida por sólido o una combinación de sólidos introducida entre dos superficies en rozamiento con el fin de modificar la fricción y el desgaste y pueden ser:

Lubricantes sólidos no ligados:

Lubricantes sólidos ligados:

Aceites animales, vegetales y de pescado: Los *aceites grasos* se obtienen a partir de la extracción de los aceites de muchas fuentes vegetales y de la grasa de los animales domésticos y también del pescado. Su característica común se basa en su estructura química glicérica.

VISCOSIDAD

La expresión de la resistencia interna del fluido al desplazamiento es la viscosidad (ley de Newton):

$$\tau = \mu \cdot \frac{du}{dy}$$

Se explica a partir de la figura 12, suponiendo flujo laminar y que el fluido en contacto con las placas tiene la velocidad de éstas.

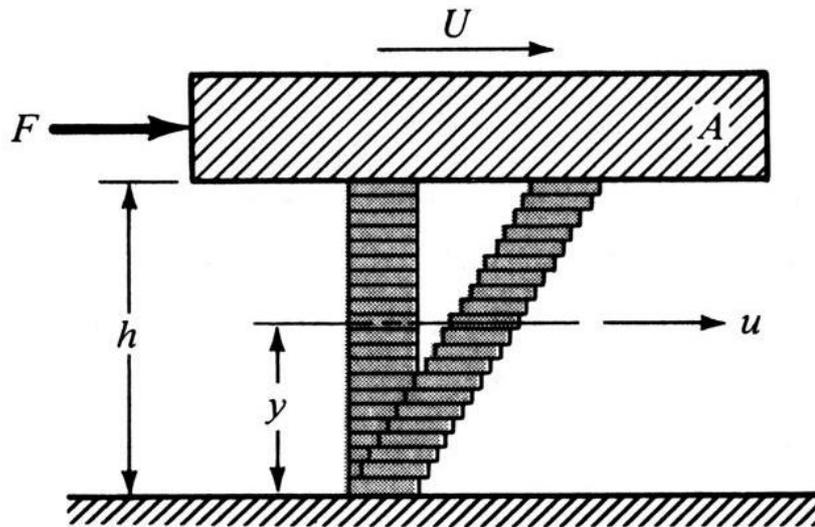


Figura 12. Representación esquemática de la resistencia del fluido

La fuerza aumenta con el área y la velocidad $\tau = \mu \frac{du}{dy}$

$$F = \mu \cdot A \cdot \frac{U}{h}$$

Las unidades con las que se expresa la viscosidad absoluta μ son las siguientes:

-N.s/ m² = Pa.s

-libras.s / in² =

Reynolds -dina.s / cm²

= Poise

-1 Reynolds = 6.9 106 centipoises. Método estándar ASTM para determinar la viscosidad

emplea un Viscosímetro Saybolt Universal (VSU). Se mide el tiempo t que tardan 60 ml de lubricante a una temperatura en escurrir por un tubo de 17.6 mm de diámetro y 12.25 mm de longitud. Aplicando la ley de Hagen-Poiseuille se hallan las siguientes relaciones:

-Viscosidad cinemática (m^2/s)

$$\nu = 0.22 \cdot (VSU) - \frac{180}{(VSU)}$$

Viscosidad dinámica (Pa.s)

$$\mu = \rho \cdot \nu$$

Dónde:

ρ es la densidad (kg/m^3) a la temperatura del ensayo.

Efecto de la temperatura en la viscosidad:

La viscosidad disminuye con la temperatura. Se utiliza el índice de viscosidad (VI) y se compara con aceites de susceptibilidades térmicas muy pequeñas y muy grandes.

Para determinar el índice VI de un aceite se sigue el procedimiento de la figura 13 . Se toman aceites con VI=0 y VI=100 que tengan la misma viscosidad a 100°C que el aceite problema.

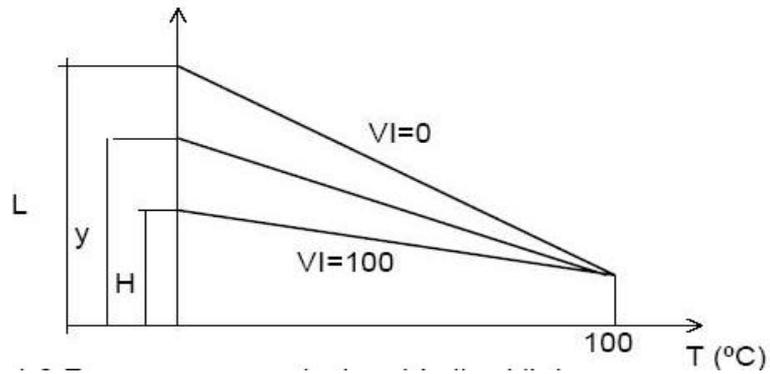


Figura 13. Esquema para calcular el índice VI de una aceite

GRADOS DE ACEITE

Existen dos tipos de aceites para motores automotrices: los monogrado y los multigrado. El aceite "multigrado", como el caso de 10W-30, está diseñado para que tenga las características de fluidez, en temperaturas bajas, de un aceite 10W combinadas con la viscosidad adecuada a la temperatura operacional del motor de un aceite de grado SAE 30. El sufijo "W" en los aceites multigrados indica que el aceite es apropiado para uso invernal (a temperaturas menores de 30°F/0°C). Asegúrese de consultar el manual del propietario del vehículo para escoger la viscosidad correcta.

Viscosidad de los lubricantes

La viscosidad es la propiedad del aceite que gobierna cual de las lubricaciones estará presente: si la de limite o la de película. Sin embargo, la viscosidad del aceite a la

temperatura de prueba de la tabla, podrá no reflejar las condiciones de funcionamiento cuando el aceite es requerido para lubricar un motor a -29 °C al arrancar, así como para lubricarlo a temperaturas arriba de 93 °C cuando funciona a plena carga.

Los aceites reales tienen baja viscosidad a altas temperaturas y altas viscosidades a bajas temperaturas.

La viscosidad de los aceites minerales se especifica, por medio de las clasificaciones SAE que se dan a continuación.

Características API

La clasificación API (Instituto Americano del Petróleo) de dos letras identifica el tipo de motor y calidad del aceite. La primera letra indica el tipo de motor para el cual el aceite está diseñado. La segunda letra indica el nivel de calidad API. Cuanto mayor es la letra alfabéticamente, más avanzado es el aceite y por lo tanto mayor es la protección para el motor. Por ejemplo, el aceite SH puede usarse en cualquier motor que requiera un aceite SB, SF, SG, etc

ANEXO 4

ADITIVOS EN LOS COMBUSTIBLES Y LUBRICANTES

DEFINICIÓN DE ADITIVOS

Como aditivos lubricantes se entienden aquellos compuestos químicos destinados a mejorar las propiedades naturales de un lubricante, y transferirle a estos lubricantes los elementos fisicoquímicos que no poseían y que son necesarias para cumplir su cometido.

Los aditivos para los productos petrolíferos son sustancias que, añadidas a los lubricantes (desde pequeños porcentajes hasta un 15-20 %, en peso) y a los carburantes (en las gasolinas los porcentajes de empleo son de 0,005-0,08 %), mejoran una o varias de sus propiedades naturales o añaden nuevas características físicas, químicas o de aplicación. No pueden considerarse aditivos aquellas sustancias, por ejemplo colorantes, odorantes, etc., que se emplean muchas veces no por exigencias técnico funcionales o por subsanar los defectos del aceite o del carburante, sino sólo por razones comerciales o fiscales.

El estudio y las primeras aplicaciones de los aditivos comenzaron cuando se comprobó que los productos derivados de la elaboración del petróleo, tanto por defectos naturales como por exigencias funcionales, no podían mejorarse con procesos de refinación, aunque fuesen muy complejos. En el campo de los lubricantes, por ejemplo, empleando sustancias que contienen plomo o azufre se han podido preparar aceites que han permitido el empleo de engranajes hipoides en los automóviles. Al introducir en 1936 los aditivos detergentes en los lubricantes para algunos tipos de motores Diesel que trabajaban en condiciones muy duras de funcionamiento, se pudo impedir el agarrotamiento de los segmentos y se redujo notablemente el desgaste del motor. En lo referente a los carburantes, el descubrimiento en

1921 del plomo tetraetilo permitió obtener gasolinas de elevado octanaje y abrir el camino al empleo de motores de elevada relación de compresión.

Por tanto, puede decirse que el proceso técnico del automóvil, debido en parte a la mejora de los carburantes y de los lubricantes, está unido estrechamente al estudio y a las aplicaciones cada vez más amplias de los aditivos. Como por ejemplo:

Antioxidantes: Retrasan el envejecimiento prematuro del lubricante.

Anti desgaste Extrema Presión (EP): Forman una fina película en las paredes a lubricar. Se emplean mucho en lubricación por barboteo (Cajas de cambio y diferenciales)

Antiespumantes: Evitan la oxigenación del lubricante por cavitación reduciendo la tensión superficial y así impiden la formación de burbujas que llevarían aire al circuito de lubricación. **Anti herrumbre:** Evita la formación de óxido en las paredes metálicas internas del motor y la condensación de vapor de agua.

Detergentes: Son los encargados de arrancar los depósitos de suciedad fruto de la combustión. **Dispersantes:** Son los encargados de transportar la suciedad arrancada por los aditivos detergentes hasta el filtro o cárter del motor.

Espesantes: Es un compuesto de polímeros que por acción de la temperatura aumentan de tamaño aumentando la viscosidad del lubricante para que siga proporcionando una presión constante de lubricación.

Diluyentes: Es un aditivo que reduce los microcristales de cera para que fluya el lubricante a bajas temperaturas.

TIPOS DE ADITIVOS EN ACEITES Y COMBUSTIBLES

Los aditivos para lubricantes (aceite para el motor, aceite del cambio y diferencial y grasas lubricantes) pueden agruparse en las siguientes clases:

Que mejoran el índice de viscosidad: la viscosidad de los lubricantes disminuye al aumentar la temperatura, con la consiguiente disminución de la presión y escasa consistencia de la película de aceite en los cojinetes; esta tendencia natural se contrarresta con el empleo de aditivos que mejoran el índice de viscosidad, los cuales permiten obtener aceites menos sensibles a las variaciones de temperatura. Están constituidos por sustancias que, al variar el grado de sulfatación con la temperatura, aumentan la viscosidad en caliente del aceite.

Que rebajan el punto de escurrimiento (pour point): al aumentar el escurrimiento de los aceites se facilita el arranque en frío de los motores. Son sustancias que interfieren en la cristalización de las parafinas normales que contienen los aceites, reduciendo su aumento de volumen e impidiendo la consiguiente gelatinización de la masa de aceite.

Detergentes, dispersantes: mantienen limpias las superficies del motor, especialmente los pistones y los segmentos elásticos, e impiden la formación de depósitos, tanto en caliente (lacas) como en frío (posos). Además, impiden la formación de productos insolubles que deberían depositarse sobre las paredes del motor y mantienen, en una suspensión muy fina dentro del aceite, los residuos carbonosos de la combustión. Son sustancias con funciones polares especiales.

Antioxidantes: evitan la oxidación del lubricante, impiden la formación de pinturas y lacas en las partes calientes del motor, reducen la pesadez del aceite y la corrosión de los cojinetes debida a la acidificación.

Anti desgaste y anti rozamiento: reducen el desgaste y rozamiento entre las superficies metálicas (levas, empujadores, cojinetes y engranajes) y forman entre las mismas dos capas adherentes con bajo coeficiente de rozamiento, disminuyendo como consecuencia los desgastes. E.P. (extremas presiones): evitan el agarrotamiento entre las superficies metálicas; se emplean preferentemente entre los lubricantes para cambios y diferenciales, y en las grasas para cojinetes muy cargados. Normalmente se emplean jabones de plomo disueltos en aceite, o bien productos a base de azufre o cloro.

Anticorrosivos y antimohos: evitan la corrosión y la formación de mohos en los metales tanto durante el funcionamiento como durante el tiempo en el que el vehículo está parado, formando películas protectoras sobre las superficies metálicas del motor y neutralizando los agentes corrosivos.

Antiespumantes: reducen la formación de espuma derivada de la agitación del aceite tanto en el motor como en el cambio, y evitan que en los circuitos de lubricación entren burbujas de aire en lugar de aceite, con la consiguiente disminución del poder lubricante.

Los aditivos para gasolinas y gasoil pueden dividirse en:

Antidetonantes: aumentan la resistencia a la explosión de las gasolinas, aumentando el número de octano. Están constituidos principalmente por compuestos orgánicos del plomo (plomo tetraetilo o plomo tetrametilo).

Antioxidantes: evitan las alteraciones del carburante en los depósitos de las refinerías anulando las reacciones de oxidación (que afectan principalmente a los hidrocarburos no saturados), que pueden favorecer la formación de depósitos gomosos.

Inactivadores de los metales: anulan los efectos de algunos metales que, contenidos en mínimas cantidades en las gasolinas, podrían favorecer la oxidación actuando como catalizadores.

Inhibidores de la corrosión: protegen el depósito y el circuito del carburante de los efectos corrosivos, anulando determinadas sustancias acidas eventuales y formando una capa protectora sobre las superficies metálicas.

Antihielo: impide la formación de hielo en el carburador (icing) como consecuencia del notable enfriamiento del aire rico en humedad, provocado por la evaporación de la gasolina al mezclarse con el aire en el mismo carburador.

Modificadores de los residuos: mantienen limpia la cámara de combustión del motor, impidiendo la formación de depósitos que se derivan de los aditivos antidetonantes o de las cenizas de los aceites, o bien, eliminando los ya existentes. De este modo reducen el peligro de preencendido, o falta de encendido de la carga por mal funcionamiento de las bujías (misfiring).

Detergentes: mantienen limpio el carburador, garantizando su buen funcionamiento; en el gasoil se añaden junto con los antioxidantes y evitan la formación de posos, con el correspondiente desatascamiento del filtro de combustible.

Reductores de humos: se emplean en el gasoil para motores diesel a fin de reducir la opacidad de los gases de escape.

Características de clasificación

Existen diversos tipos de clasificaciones de lubricantes según el ámbito geográfico, según sus propiedades y según el fabricante de la máquina a lubricar.

Según el ámbito geográfico podemos encontrar la clasificación americana API (American Petroleum Institute), la clasificación Japonesa JASO (Japanese Automotive Standards Organization) y la Europea ACEA (Asociación de Constructores Europeos Asociados).

Según sus propiedades se clasifican según la norma SAE (Society of Automotive Engineers) que básicamente separa el comportamiento del lubricante a temperatura de -18 °C y la define con una letra W proveniente del inglés "Winter" (Invierno-Frío) y otra letra que define el comportamiento del lubricante en temperatura de trabajo 95 °C-105 °C. La tabla SAE hace referencia a las tolerancias que debe "llenar" el lubricante tanto a temperatura ambiente como a temperatura de trabajo, siempre teniendo en cuenta la temperatura interna del motor y como adicional la temperatura exterior que si bien influye algo en el comportamiento no es la más importante a la hora de elegir un lubricante adecuado.

Según el fabricante del motor o componente a lubricar existen las normativas de fabricante con diversas nomenclaturas tipo VW505.01, GM Dexos2, Dexron III, MB229.51, LL-01, etc... Los fabricantes de motores y componentes conocen al detalle su producto y son conscientes de la importancia de un lubricante adecuado y de las consecuencias en caso de un lubricante inadecuado. Con la finalidad de "protegerse" y distinguirse de sus competidores hace ya muchos años comenzaron a definir estándares de fabricación de los lubricantes aptos para sus productos. Son las llamadas "Homologaciones del fabricante", que es la prueba de que el lubricante ha sido testado por el fabricante en el motor y por ello expide su correspondiente certificado de homologación.

PUNTO DE FLUIDEZ Y CONGELACIÓN

Viscosidad

Es la propiedad más importante que tienen los aceites y se define como la resistencia de un fluido a fluir. Es un factor determinante en la formación de la película lubricante. Como medida de la fricción interna actúa como resistencia contra la modificación de la posición de las moléculas al actuar sobre ellas una tensión de cizallamiento. La viscosidad es una propiedad que depende de la presión y temperatura y se define como el cociente resultante de la división de la tensión de cizallamiento (τ) por el gradiente de velocidad (D).

$$\mu = \tau / D$$

Con flujo lineal y siendo constante la presión, la velocidad y la temperatura. Afecta la generación de calor entre superficies giratorias (cojinetes, cilindros, engranajes). Tiene que ver con el efecto sellante del aceite. Determina la facilidad con que la maquinaria arranca bajo condiciones de baja temperatura ambiente.

El concepto básico de viscosidad se muestra a continuación. Donde un componente rectangular es deslizado a velocidad uniforme sobre una película de aceite. El aceite se adhiere tanto a la superficie en movimiento como la superficie estacionaria. El aceite en contacto con la superficie en movimiento se desliza con la misma velocidad (U) de la superficie, mientras que el aceite en contacto con la superficie estacionaria tiene velocidad cero. La película de aceite puede visualizarse como una serie de capas de aceite que se deslizan a una fracción de la velocidad U , la cual es proporcional a la distancia desde la superficie estacionaria.

Una fuerza F debe ser aplicada a la superficie en movimiento para contrarrestar la fricción entre las capas de fluido. Como la fricción es el resultado de la viscosidad, la fuerza es proporcional a la viscosidad.

La viscosidad puede ser determinada midiendo la fuerza requerida para contrarrestar la fricción fluida en una película de dimensiones conocidas.

La viscosidad determinada de esta manera se llama viscosidad dinámica o absoluta. Su unidad de medida es el poise (p) o centipoise (cp) o en unidades de SI en pascal segundos (Pas); $1 \text{ Pas} = 10 \text{ p}$.

Viscosidades dinámicas son función solamente de la fricción interna del fluido. La viscosidad de cualquier fluido cambia con la temperatura, incrementa a medida que la temperatura disminuye y disminuye a medida que la temperatura aumenta. Por consiguiente, es necesario determinar las viscosidades de un aceite lubricante a temperaturas diferentes.

Esto se logra midiendo la viscosidad a dos temperaturas de referencia y utilizando una gráfica de viscosidad (desarrollada por la ASTM). Una vez indicadas las viscosidades medidas se unen los puntos. De esta manera, puede determinarse con gran precisión las viscosidades a otras temperaturas. Las dos temperaturas de referencia son $40 \text{ }^\circ\text{C}$ y $100 \text{ }^\circ\text{C}$. Una vez seleccionado el aceite para la aplicación, la viscosidad debe ser lo suficientemente alta para garantizar una película lubricante pero no tan alta que la fricción fluida sea excesiva. La viscosidad cinemática de un fluido es el cociente entre su viscosidad dinámica y su densidad, ambas medidas a la misma temperatura.

Sus unidades son Stokes (st) o centistokes (cst), o en unidades del SI milímetros cuadrados por segundos. ($1\text{mm}^2/\text{s} = 1\text{cst}$)

Índice De Viscosidad

El índice de viscosidad (IV) es un método que adjudica un valor numérico al cambio de la viscosidad de temperatura.

Un alto índice de viscosidad indica un rango relativamente bajo de viscosidad con cambios de temperatura y un bajo índice de viscosidad indica un alto rango de cambio de viscosidad con la temperatura. En otras palabras, si un aceite de alto índice de viscosidad y un aceite de bajo índice de viscosidad tienen la misma viscosidad a temperatura ambiente, a medida que la temperatura aumenta el aceite de alto IV se adelgazará menos, y por consiguiente, tendrá una viscosidad mayor que el aceite de bajo IV a temperaturas altas. Por ejemplo, un básico proveniente de un crudo nafténico tendrá un rango mayor de cambio de viscosidad con temperatura que la de un básico proveniente de un crudo parafínico. El IV se calcula de viscosidades determinadas a 2 temperaturas diferentes por medio de tablas publicadas por la ASTM. Las temperaturas que se toman como base son 40 °C y 100 °C. (es lo mismo que lo desarrollado para viscosidad)

Punto De Fluidez

El punto de fluidez de un aceite lubricante es la mínima temperatura a la cual este fluye sin ser perturbado bajo la condición específica de la prueba. Los aceites contienen ceras disueltas que cuando son enfriados se separan y forman cristales que se encadenan formando una estructura rígida atrapando al aceite entre la red. Cuando la estructura de la cera está lo suficientemente completa el aceite no fluye bajo las condiciones de la prueba.

La agitación mecánica puede romper la estructura cerosa, y de este modo tener un aceite que fluye a temperaturas menores a su punto de fluidez.

En ciertos aceites sin ceras, el punto de fluidez está relacionado con la viscosidad. En estos aceites la viscosidad aumenta progresivamente a medida que la temperatura disminuye hasta llegar a un punto en que no se observa ningún flujo existente. Desde el punto de vista del consumidor la importancia del punto de fluidez de un aceite depende enteramente del uso que va a dársele al aceite. Por ejemplo, el punto de fluidez de un aceite de motor a utilizarse en invierno debe ser lo suficientemente bajo para que el aceite pueda fluir fácilmente a las menores temperaturas ambientes previstas. Por otro lado, no existe necesidad de utilizar aceites con bajos puntos de fluidez cuando estos van a ser utilizados en las plantas con altas temperaturas ambiente o en servicio continuo tal como turbinas de vapor u otras aplicaciones.

Cenizas Sulfatadas

Las cenizas sulfatadas de un aceite lubricante es el residuo en porcentaje que permanece una vez quemada una muestra de aceite. El residuo inicial es tratado con ácido sulfúrico y se quema el residuo tratado. Es una medida de los componentes no combustibles (usualmente materiales metálicos) que contiene el aceite.

Aceites minerales puros no contienen materiales que forman cenizas. Gran cantidad de los aditivos (los cuales se utilizan para mejorar las propiedades del aceite) utilizados en aceites lubricantes contienen componentes metalo-orgánicos los cuales forman un residuo en la prueba de cenizas sulfatadas de tal manera que la concentración de estos componentes es aproximadamente indicada por la prueba. Por consiguiente, durante la fabricación, la prueba es un método de asegurarse que los aditivos han sido incorporados. Con aceites usados, un incremento de cenizas sulfatadas usualmente indica la presencia de

contaminantes tales como polvo, suciedad, partículas de desgaste y posiblemente contaminantes.

Punto De Inflamación Y Fuego

El punto de inflamación es la temperatura a la cual el aceite despiden suficientes vapores que se inflaman cuando una llama abierta es aplicable.

Cuando la concentración de vapores en la superficie es lo suficientemente grande a la exposición de una llama, resultará fuego tan pronto como los vapores se enciendan. Cuando una prueba de este tipo es realizada bajo ciertas condiciones específicas, la temperatura a la cual esto sucede se denomina PUNTO DE INFLAMACIÓN. La producción de vapores a esta temperatura no son lo suficiente para causar una combustión sostenida y por ende, la llama desaparece. Sin embargo, si el calentamiento continúa se obtendrá una temperatura a la cual los vapores serán liberados lo suficientemente rápido para soportar la combustión. Esta temperatura se denomina PUNTO DE FUEGO o COMBUSTIÓN

El punto de inflamación de aceites nuevos varía con viscosidad – aceites de alta viscosidad tienen altos puntos de inflamación. Estos puntos están también afectados por el tipo de crudo. Aceites nafténicos tienen menores puntos de inflamación que aceites parafínicos de viscosidad similar.

Consejos para el usuario: la utilización de un aceite de bajo punto de inflamación (alta volatilidad) a altas temperaturas, puede generar un alto consumo de aceite. En la inspección de un aceite usado, una reducción significativa en el punto de inflamación indica contaminación del aceite.

Índice De Neutralización Y Saponificación

El índice de neutralización de un lubricante es la cantidad en miligramos de hidróxido de potasio necesarios para neutralizar el ácido libre contenido en gramo de aceite a la temperatura ambiente.

El índice de saponificación (Is) indica la cantidad en miligramos de hidróxido de potasio necesarios para la saturación de los ácidos libres y combinados obtenidos en un gramo de aceite, es decir para la neutralización de los ácidos y la saturación de los ésteres.

Índice De Alquitrán Y De Alquitrización

Índice de alquitrán es la cantidad de sustancias alquitranosas en valores porcentuales de un aceite. El índice de alquitrización se usa en procesos de envejecimiento artificial para establecer la predisposición del aceite a formar sustancias alquitranosas a temperaturas elevadas y en contacto con el aire. En aceites en uso, se comprueba con ello su grado de desgaste o envejecimiento.

Emulsionabilidad Del Aceite

Una de las propiedades más importantes de los lubricantes para cilindros y turbinas a vapor, es la de su tendencia a formar emulsiones o mezclas intensas y duraderas con el agua.

Untuosidad

Es la capacidad del lubricante de llegar a formar una película de adherencia y espesor entre dos superficies deslizantes, quedando suprimido el rozamiento entre ellas.

Esta propiedad se analiza de diferentes maneras; mediante el estudio de la tensión superficial, la capilaridad, los ángulos límites, las mediciones de absorción y de adhesión, etc. Con el estudio de la física molecular de los lubricantes, según la capacidad de establecer el film de lubricante entre dos superficies, cabe distinguir entre rozamiento líquido y semilíquido. El rozamiento líquido es el caso de la lubricación eficiente, en el que no existe rozamiento entre las superficies sino entre las partículas del lubricante. El rozamiento semilíquido (más común en la práctica) es aquel en que las superficies en movimiento se encuentran en diferentes partes.

CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES DE LOS ADITIVOS

Los aditivos tienen sus propias composiciones para cada uso.

Por su composición.

Por su calidad.

Por su grado de viscosidad.

Según su composición pueden ser:

De base mineral.

De base semi-sintética.

De base sintética.

CLASIFICACIÓN DE ACUERDO A LA NATURALEZA DE SUS BASES

PARAFÍNICOS:

Alto índice de viscosidad

Baja volatilidad

Bajo poder disolvente: sedimentos

Altos punto de congelación

NAFTÉNICOS:

Bajo índice de viscosidad

Densidad más alta

Mayor volatilidad

Bajo punto de congelación

AROMÁTICOS:

Índice de viscosidad muy bajo

Alta volatilidad

Fácil oxidación

Tendencia a formar resinas

Se emulsionan con agua fácilmente

ANEXO 5

Introducción

El coste repercutido sobre lubricantes constituye en torno a un 2% sobre el coste total de mantener un vehículo; no obstante, influye significativamente sobre otros componentes del costo: consumo de combustible, averías y reparaciones.

Funciones de los lubricantes

La importancia de los lubricantes está originada por las funciones que deben ejercer:

Evitar los efectos del rozamiento. Se interponen entre las superficies en movimiento, formando una película separadora, que evita el contacto directo entre ellas. Un lubricante consigue:

- 1 Disminuir el desgaste
- 2 Ahorrar energía y disminuir el calentamiento
- 3 Facilitar el arranque en frío
- 4 Disminuir el ruido

Refrigerar. Disipan entre un 10 y un 25% del calor total generado en la máquina por

fricción y/o combustión.

Eliminar impurezas. Eliminan las impurezas generadas por la máquina

(combustión, partículas de desgaste o corrosión, contaminantes externos) llevándolas hasta los elementos filtrantes y el cárter.

Prevenir la herrumbre (anticorrosión). Los lubricantes protegen contra la corrosión y la herrumbre producida por la humedad.

Sellar. Hacen estancas zonas donde pueden existir fugas de otros tipos o gases que contaminan el aceite y reducen el rendimiento del motor.

Transmitir energía. Función típica de los fluidos hidráulicos, además de las funciones anteriores, transmiten energía de un punto a otro del sistema.

Características de los lubricantes

Densidad (untuosidad). Es el peso de una materia en relación al volumen que ocupa. Debido a la densidad, las superficies metálicas permanecen con una fina capa de lubricante, incluso tras un largo tiempo después de haber sido aportado el mismo.

Viscosidad. Es la propiedad fundamental de un lubricante líquido. Se define como la resistencia interna de un líquido a fluir. La viscosidad depende de la presión y la temperatura:

Al aumentar la temperatura disminuye la viscosidad

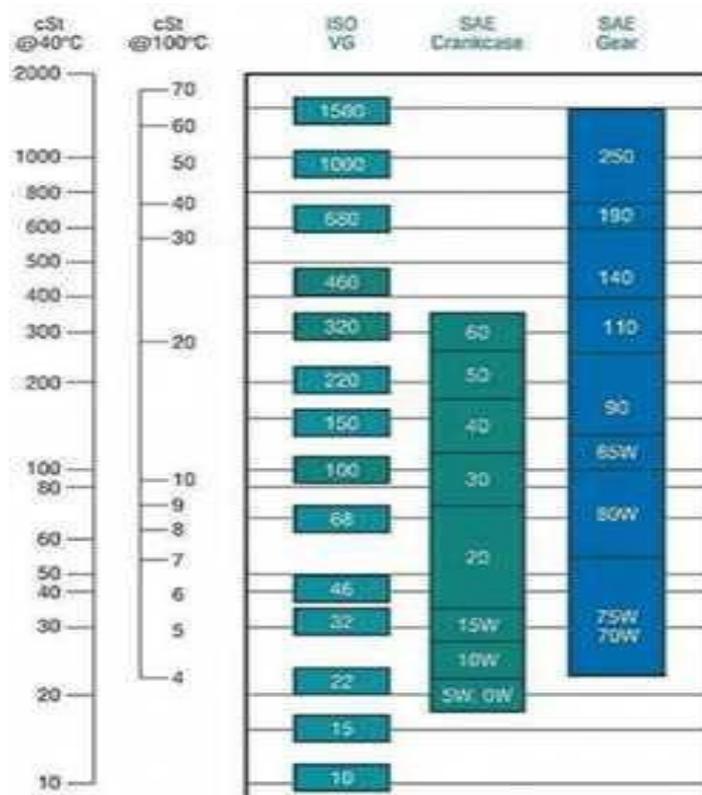
Al aumentar la presión aumenta la viscosidad

Las escalas más usadas para medir la viscosidad son la SAE (Society of Automotive Engineers) y la ISO (Organización Internacional de Normalización):

Grados SAE: aceites motor

Grados SAE: aceites de engranajes

Grados ISO: aceites hidráulicos o industriales



Índice de viscosidad. Mide la variación de la viscosidad con la temperatura. A mayor índice de viscosidad mayor es la resistencia del fluido a variar su viscosidad con la temperatura. Las ventajas de un mayor índice de viscosidad son:

Menor viscosidad a baja temperatura. El motor arrancará mejor y consumirá menos combustible durante el calentamiento.

Mayor viscosidad a mayor temperatura. Lo que se traduce en un menor consumo de aceite y menor desgaste.

Punto de Fluidéz (Pour Point). Para garantizar el flujo inmediato de aceite (a bajas temperaturas) hacia los componentes a lubricar se define el “Pour Point” como la temperatura más baja a la cual el lubricante puede fluir.

Temperatura mínima de bombeo. Es la temperatura más baja a la cual un lubricante puede fluir a través de una bomba de aceite (lubricando eficazmente los componentes móviles).

Punto de inflamación (Flash Point). Se define como la temperatura a la cual los vapores generados por el aceite inflaman por la proximidad de una llama.

Resistencia a la oxidación. La oxidación ocurre cuando el oxígeno ataca cualquier producto petrolífero. El proceso se acelera por calor, luz, catalizadores metálicos, presencia de agua, ácidos o contaminantes sólidos. La oxidación del aceite provoca:

Aumento de viscosidad

Formación de depósitos

Corrosión de superficies metálicas

Estabilidad térmica. Se define como la resistencia de un lubricante a descomponerse bajo condiciones de elevada temperatura. Es una propiedad específica del aceite base utilizado y no mejorable con aditivos.

Detergencia. Es la propiedad que posee un lubricante de evitar o reducir la formación de los compuestos que dan origen a depósitos, así como la acumulación de ellos en las piezas mecánicas cuando se opera a altas temperaturas.

Dispersancia. Es la propiedad que un lubricante posee de mantener en suspensión y dispersar los depósitos formados a bajas temperaturas de operación, esencialmente por la interacción del agua de la condensación.

Alcalinidad (T.B.N). La concentración de los componentes alcalinos de un lubricante está referida como T.B.N. (Total Base Number). Es la capacidad que un lubricante posee de neutralizar el ácido sulfúrico formado en la combustión diesel.

Los aditivos detergentes y, en menor medida, los aditivos dispersantes, tienen una significativa característica alcalina.

En la actualidad no está justificada la necesidad de TBN elevados: las normativas medioambientales y directivas europeas regulan el contenido en azufre de los diesel.

Demulsibilidad. Es la propiedad que tiene el aceite para separarse del agua.

Desaireación. Propiedad que tiene el aceite para separar el aire.

Índice de acidez, TAN (Total Acid Number). Da una idea de la estabilidad a la oxidación del aceite y de la durabilidad de servicio. (Se mide en KOH/gr de aceite.)

Anti-desgaste. Es la capacidad de lubricante para impedir o disminuir el desgaste en zonas donde no se puede garantizar la formación de una adecuada película lubricante.

Anti herrumbre y anticorrosión. La herrumbre es producida por la humedad y la condensación del agua. La corrosión se forma debido a los ácidos orgánicos originados durante la combustión y por los contaminantes del lubricante.

Color. Los aceites minerales presentan un color oscuro mientras que los sintéticos un color claro.

Volatilidad. La baja volatilidad minimiza la emisión de gases del lubricante a las cámaras de combustión, con ello disminuye el consumo de aceite y el número de partículas en los gases de escape.

Composición de los lubricantes

Los lubricantes se componen de aceite base y una serie de aditivos que potencian o confieren propiedades que el aceite base, por sí solo, no es capaz de alcanzar.

Bases

- **Aceites minerales.** Proviene del refinado del petróleo.
- **Aceites semi-sintéticos.** Aceites obtenidos mediante la mezcla de una base mineral con una sintética.

(*Aceites hidrocraqueados.* Derivados del petróleo y los más refinados que pueden conseguirse a partir de aceite mineral. Por lo general son etiquetados como semi-sintéticos o sintéticos.)

- **Aceites sintéticos.** Fabricados químicamente, perfeccionan todas las propiedades que un buen lubricante puede tener. Poseen un alto grado de pureza y aportan características casi ideales (resistencia a la oxidación, menor aditivación,...) que les confieren un mejor rendimiento:

- Intervalos más largos entre cambios de aceite
- Menor consumo de combustible
- Mayor vida útil del motor

Aditivos

Los aditivos son productos que añaden al lubricante con el objetivo de aumentar sus propiedades, tienen la particularidad que se consumen (desaparecen a medida que se va utilizando la carga de aceite que los contiene), por lo que nos pueden dar una pista sobre el nivel de deterioro del lubricante.

Entre ellos podemos encontrar: mejoradores índice de viscosidad, depresor del punto de congelación, antioxidantes, anti-herrumbre, extrema presión, antiespumante, detergente, dispersantes, emulgentes, anti-desgaste, anti-niebla, modificadores de fricción.

Lubricantes en automoción.

Aceite motor

Viscosidad SAE

El grado de viscosidad SAE aporta una idea sobre correcta aplicación.

Grados de viscosidad SAE	Viscosidad cinemática (cSt) a 100°C Mínima	Viscosidad cinemática (cSt) a 100°C Máxima
5 W	3,8	-
10 W	4,1	-
15 W	5,6	-
20 W	5,6	-
30	9,3	12,5

40	12,5	16,3
50	16,3	21,9
1 cSt = 1 mm ² /s		

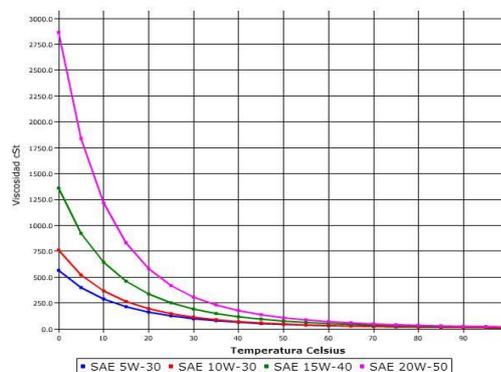
Tabla SAE J300: Lubricantes para motor (extracto).

- **Aceite monogrado:** Presenta un comportamiento correcto en unas condiciones de temperatura ambiente concretas. Los aceites acompañados de la sigla “W” (grado de invierno “Winter”) aseguran un comportamiento determinado en frío.

- **Aceite multigrado:** Parte de un aceite “W” al que se añaden aditivos mejoradores del índice de viscosidad. Este polímero se expande conforme incrementa la temperatura, compensando parte del efecto de adelgazamiento o pérdida de viscosidad.

Los aceites multigrado aseguran el comportamiento en frío (permiten la rápida lubricación de las partes altas del motor, protegiéndolo contra el desgaste).

Al aumentar la temperatura, la estabilización de la viscosidad, les permiten comportarse como un fluido de verano (sosteniendo una viscosidad adecuada para el tiempo que opera en condiciones "normales" de temperatura, garantizando la correcta lubricación).



Curvas de viscosidad

Un aceite SAE 10W40, se comportará en frío como un SAE 10W (con la consiguiente facilidad para ser bombeado y garantizar una correcta lubricación desde el arranque). Al aumentar la temperatura del aceite actúa como SAE 40, garantizando una viscosidad adecuada a alta temperatura y una película lubricante estable; ésta es la viscosidad con la que trabajará la mayor parte del tiempo.

Un lubricante multigrado es más estable térmicamente que un monogrado: evita su descomposición por el choque térmico, producido por los grandes cambios de temperatura a los que se ve sometido en un motor (90° C en el cárter, 300 °C en las partes más calientes).

Los aceites multigrados, además de alargar la vida de los equipos, tienen mayor duración de uso que los monogrados.

Los avances tecnológicos hacen posible fabricar piezas con alta precisión; su mejor ajuste favorece el uso de aceites de baja viscosidad: SAE 0W-30, 5W-30 ó 5W-40.

Al utilizar lubricantes de baja viscosidad se garantiza el flujo en el interior del motor, permitiendo un rápido acceso a todos los elementos desde el momento del arranque.

Los lubricantes de baja viscosidad mejoran la capacidad de limpieza y refrigeración del motor; además permiten utilizar cárteres más pequeños. Al ser tan fluidos se calientan menos por lo que alcanzan mayores periodos de cambio.

Además, reducen el consumo de combustible.

El uso de bajas viscosidades para motores de cierta antigüedad, que ya están en circulación y, requieran de viscosidades más altas (por tener altas holguras), no está recomendado (puede redundar en un aumento del consumo de aceite y desgaste provocado).

Niveles de calidad ACEA

Los ensayos de la ACEA (Asociación de Constructores Europeos de

Automóviles) se basan en pruebas de laboratorio y de dinamómetros. Algunas de estas pruebas son iguales a las usadas por el API, otras no.

Los parámetros ensayados son:

- Protección contra el desgaste
- Limpieza del motor
- Resistencia a la oxidación
- Resistencia al aumento de la viscosidad (debido al espesamiento por hollín)
- Estabilidad de corte (resistencia del aceite ante altos esfuerzos mecánicos)

- Viscosidad a alta temperatura y alto esfuerzo de corte
- Compatibilidad con elastómeros
- Tendencia a la formación de espumas

La ACEA categoriza los aceites en:

- “A” para motores de gasolina
- “B” para motores diesel ligeros

Los avances tecnológicos hacen posible fabricar piezas con alta precisión; su mejor ajuste favorece el uso de aceites de baja viscosidad: SAE 0W-30, 5W-30 ó 5W-40.

Al utilizar lubricantes de baja viscosidad se garantiza el flujo en el interior del motor, permitiendo un rápido acceso a todos los elementos desde el momento del arranque.

Los lubricantes de baja viscosidad mejoran la capacidad de limpieza y refrigeración del motor; además permiten utilizar cárteres más pequeños. Al ser tan fluidos se calientan menos por lo que alcanzan mayores periodos de cambio.

Además, reducen el consumo de combustible.

El uso de bajas viscosidades para motores de cierta antigüedad, que ya están en circulación y, requieran de viscosidades más altas (por tener altas holguras), no está

recomendado (puede redundar en un aumento del consumo de aceite y desgaste provocado).

La ACEA categoriza los aceites en:

- “A” para motores de gasolina
- “B” para motores diesel ligeros
- “C” para motores ligeros equipados con filtros de partículas (DPF, PAF).
- “E” para motores diesel pesados

Nivel ACEA	Año de revisión	Características	Grado SAE	Aplicaciones
A1/B1	2010	Calidad estándar. Ahorrador de combustible.	0/5W-20/30	Utilitarios y pequeños vehículos urbanos. Pueden no ser aptos para algunos motores.
A3/B3	2010	Calidad estándar. Sin requisitos de ahorro de combustible.	10/15/20W-30/40/50	Motores de gasolina de bajas prestaciones y diesel con inyección indirecta.
A3/B4	2010	Nivel alto de calidad y prestaciones. Aceites sintéticos y	0/5/10W-20/30/40	Todo tipo de motorizaciones de altas prestaciones y largos periodos de cambio del aceite,

		semisintéticos.		gasolina y diesel con inyección directa.
A5/B5	2010	Nivel más alto de calidad y prestaciones. Aceites sintéticos economizadores de combustible.	0/5W-20/30	Vehículos de altas prestaciones y largos periodos de cambio de aceite, gasolina y diesel con inyección directa. Estos lubricantes pueden ser no aptos para algunos motores.
C1	2010	Nivel muy alto de calidad. Bajo contenido en cenizas y ahorradores de combustible.	0/5W-20/30	Compatible con sistemas de postratamiento y filtros de partículas (DPF, FAP, CRT, CAT). Pueden ser no aptos para motores que requieren de alta viscosidad. (Preconizado por Ford)
C2	2010	Nivel muy alto de calidad. Bajo contenido en cenizas y ahorradores de combustible.	5/10/15W-30/40	Compatible con sistemas de postratamiento y filtros de partículas (DPF, FAP, CRT, TWC, CAT). Pueden ser no aptos para algunos motores. (Preconizado por Peugeot-Citröen)
		Nivel muy alto de		Compatible con sistemas de

C3	2010	calidad. Bajo contenido en cenizas y ahorradores de combustible.	0/5/10W-20/30/40	postratamiento y filtros de partículas (DPF/FAP/CRT). Apto para todo tipo de motor.
C4	2010	Nivel muy alto de calidad. Bajo contenido en cenizas y ahorradores de combustible.	0/5W-20/30	Compatible con sistemas de postratamiento y filtros de partículas (EGR/DPF/FAP/CRT/CAT). Apto para todo tipo de motor. (Preconizado por Renault)

Especificaciones de los constructores

Independientemente del cumplimiento API o ACEA, ciertos constructores establecen las normas que además deben cumplir los aceites utilizados en sus unidades. (Ejemplos: GENERAL MOTORS, FORD, VOLKSWAGEN, MERCEDES BENZ, BMW, PORSCHE, VOLVO, SCANIA, IVECO, CUMMINIS, FIAT, JOHN DEERE, CATERPILLAR, PEUGEOT, ROVER, ROLLS ROICE, MAN, MACK, etc.). Indican no solo el tipo de servicio sino también, la viscosidad, porcentaje máximo de volatilidad, períodos extendidos de uso entre cambios de aceite y el empleo de bases sintéticas en la formulación de sus lubricantes.

- **Aceite para engranajes**

Viscosidad SAE

Grados de viscosidad SAE	Viscosidad cinemática (cSt) a	Viscosidad cinemática (cSt) a
	100 °C Mínima	100 °C Máxima
75W	4,1	-
80W	7,0	-
85W	11,0	-
80	7,0	11,0
85	11,0	13,5
90	13,5	18,5
100	18,5	24,0
140	24,0	32,5
190	32,5	41
1 cSt = 1mm ² /s		

Lubricantes para engranajes: Tabla SAE J306 (extracto).

A diferencia de los aceites para motor, la escala SAE para transmisiones es mucho más dinámica: un cambio en el grado SAE supone grandes variaciones de la viscosidad (cSt).

Niveles de calidad API

Los lubricantes para engranajes se definen como GL (Gear Lubricant).

CLASIFICACIÓN		CARACTERÍSTICAS
N	TIPO DE SERVICIO	S
GL-1	Servicio poco severo bajo condiciones normales. Engranajes cilíndricos y cónicos con cargas ligeras y uniformes (transmisiones, diferenciales, tornillos sin fin). Obsoleto	Aceite mineral sin aditivos EP. Pueden tener antioxidantes y antiespuma.
GL-2	Condiciones severas de carga. Engranajes de tornillo sin fin y corona cuando no es suficiente GL-1. Obsoleto	Sin aditivos EP. Contiene aditivos de antidesgaste o de densidad.
GL-3	Condiciones severas de cargas. Cajas de cambio manuales y diferenciales con engranajes cónicos. Obsoleto	Poca cantidad de aditivos EP. Con aditivos antidesgaste.
GL-4	Diferenciales con engranajes cónicos espirales e hipoides (transmisiones manuales sincronizadas, diferenciales con engranajes hipoides y pequeños ejes).	Prestaciones EP medias. Satisfacen la norma MIL-L-2105.

	(Sustituye a GL-1, GL-2 y GL-3)	
GL-5	Para condiciones muy severas y cargas variables. Diferenciales con engranajes hipoides y grandes ejes. No cambios sincronizados (no supe a GL-4)	Extrema presión (prestaciones EP elevadas). Satisfacen norma: MIL-L-2105-D.
GL-6	Diferenciales hipoides con grandes distancias entre ejes de la corona y del piñón. Obsoleto	Cumplen la norma FORD ESW M2 C.105 A.
MT-1	Cajas de cambio manual no sincronizadas que trabajen con servicio muy severo. (Autobuses y camiones de servicio pesado). Brindan protección contra la combinación de degradación térmica, desgaste de los componentes y deterioro del sello de aceite, algo que no proporcionan los lubricantes que cumplen únicamente con los requisitos de API GL-4 y API GL-5. Menor	No cubiertas por lubricantes que cumplen GL-1 al GL-5. Mejor estabilidad térmica y mayor vida útil.

	oxidación y mayor vida útil que un GL-4 o GL-5.	
--	--	--

Niveles API: Lubricantes de engranajes

ESPECIFICACIONES DE DESEMPEÑO

VALORES CRECIENTES	SAE J2360	Instituto de revisión de los lubricantes (LRI)	Revisión independiente
	API MT-1	Prueba de campo controlada	Prueba de desempeño
		Estabilidad y compatibilidad de almacenamiento	Requerimientos estrictos de compatibilidad y estabilidad térmica
		Tira de cobre ASTM D130	de sellados para combustible.
		Durabilidad cíclica ASTM D5579	
		Durabilidad del sellado ASTM D56662	

REQUERIMIENTOS,			
		Prueba de oxidación L-60-1	
		Tendencias de espumado ASTM D829	Niveles básicos de desempeño
	API GL-5	Prueba de oxidación L60	
		Prueba de alta velocidad, carga de choque L-42	
		Prueba de baja velocidad, alto torque L-37	
		Prueba de corrosión L-33	

SAE J2360 es un ejemplo de un estándar que define un nivel de rendimiento superior a API GL-5. Los productos aprobados de acuerdo a la norma SAE

J2360 cumplen con las más altas demandas de los ejes y las transmisiones manuales no sincronizadas.

La categoría API MT -1 se elaboró para satisfacer los objetivos de rendimiento y una vida útil óptimos para la transmisión. Esto se logró al combinar en un único lubricante la limpieza y la vida útil del sello de aceite, típicas de los aceites de motor, con las características de carga de los aceites para engranajes.

Diferenciales autoblocantes (Limited Slip)

Los diferenciales autoblocantes (deslizamiento limitado, discos de fricción) requieren de aditivos limitadores del deslizamiento LS (Limited Slip). Las transmisiones mediante ejes con engranajes hipoides y diferenciales autoblocantes, generalmente, utilizan un API GL-5 + LS (Limited Slip).

Fluidos para Transmisiones Automáticas (ATF)

Estas cajas utilizan un aceite más fluido acompañado de aditivo para evitar los desgastes en los cauchos, o embragues, éstos frenan los diferentes elementos del tren de engranajes epicicloidales desprendiendo una gran cantidad de energía en forma de calor.

El nivel de prestación de los fluidos ATF (Automatic Transmission Fluid) viene definido mediante normas generadas por los fabricantes, las más utilizadas son las Dexron (General Motors) y Mercon. (Dexron III: Reemplaza al Dexron II al ser mucho más resistente a la formación de ácidos y barnices)

(Existen fluidos específicos para cajas CVT, correa de empuje articulada o cadena de tracción, y DGS, cajas de cambio de 6 velocidades directo o caja de cambio de embrague, del grupo VW.)

Fluidos para servodirecciones

Generalmente las direcciones asistidas emplean un ATF Dexron II/III, existen direcciones que, debido a sus características técnicas, exigen de productos especiales regulados bajo normas de los propios constructores.

Aceite hidráulico e industrial

A la hora de seleccionar un aceite hidráulico debe tenerse en cuenta la temperatura de funcionamiento, la viscosidad ISO (afecta a las propiedades de fricción del fluido, al funcionamiento de la bomba, la cavitación, el consumo de energía, y la capacidad de control del sistema), la compatibilidad con juntas de cierre y metales y la velocidad de respuesta (depende de sus características de incompresibilidad y su viscosidad).

Viscosidad ISO VG

La tabla DIN 51519 determina la viscosidad ISO (Organización Internacional de Normalización):

ISO VG	Viscosidad cinemática (cSt) a 40 °C	
	Mínima	Máxima
22	19,8	24,2
32	28,8	35,2
46	41,4	50,6
68	61,2	74,8
100	90,00	110
150	135	165
$1 \text{ cSt} = 1 \text{ mm}^2/\text{s}$		

Viscosidad ISO: Tabla DIN 51519 (extracto).

Clasificaciones DIN e ISO

La ISO 6743-4 y la DIN 51524 son las clasificaciones de fluidos hidráulicos más utilizadas:

CLASIFICACIÓN ISO	CARACTERÍSTICAS
ISO-L-HH	Lubricante mineral sin inhibidores de corrosión
ISO-L-HL	Aceite mineral inhibido con anticorrosivos y antioxidantes.
ISO-L-HM	Aceite HL con aditivos antidesgaste (HLP según norma DIN 51524 2º Part)
ISO-L-HR	Aceite HL con alto índice de viscosidad
ISO-L-HV	Aceite HM con mejorador de índice de viscosidad
ISO-L-HG	Lubricantes HM con características de resistencia al choque
ISO-L-HS	Lubricantes sintéticos

Clasificación ISO 6743-4 (extracto).

La ISO 6743-4 también clasifica los lubricantes a prueba de fuego y biodegradables.

CLASIFICACIÓN N DIN	CARACTERÍSTICAS
HVLP	Lubricantes con aditivos de protección contra la corrosión, oxidación y desgaste, más aditivos mejoradores del índice de viscosidad. Formulados para aplicación universal, específicamente dirigidos para uso en sistemas hidráulicos externos.
HLP	Lubricantes con aditivos de protección contra la corrosión, oxidación y desgaste. Formulados para aplicación universal, específicamente dirigidos para sistemas hidráulicos internos.
HL	Lubricantes con aditivos de protección contra la corrosión y oxidación. Recomendados para uso en sistemas hidráulicos internos de baja presión.

Clasificación DIN 51524: Aceites hidráulicos (extracto).

Fluidos de frenos

La legislación española exige que los fluidos de frenos deberán estar homologados bajo norma UNE para su comercialización, mediante certificación por el INTA. Esta norma distingue entre distintos niveles de calidad: líquidos minerales (UNE 26.90.78), sintéticos para servicio normal (UNE 26.071.78) y sintéticos para servicio severo (UNE 26.106.77 A, UNE 26.072.77 B, UNE26.109.88 C).

Asimismo, la norma SAE, establece distintos niveles de rendimiento de los fluidos de frenos: líquido de frenos vehículos (SAE J 1703), líquido de frenos de base borato éter (SAE J 1704), líquidos de frenos baja tolerancia al agua (SAE J1705).

Niveles DOT

La clasificación más extendida es la NHSB (National Highway Safety Bureau,

Department of Transportation), DOT 3, 4 y 5.

CLASIFICACIÓN N	CARACTERÍSTICAS
DOT 3	Punto de ebullición húmedo de 150 °C. En desuso.
DOT 4	Punto de ebullición húmedo medio superior a DOT 3. Algunos de estos fluidos pueden cubrir los requisitos de DOT 4 Plus.
DOT 5	Alto punto de ebullición húmedo. Requiere circuito de frenos especial. Para uso muy severo y competición.

Clasificación DOT (extracto).

Un circuito de frenos sólo puede utilizar el líquido de frenos para el que está diseñado; si un vehículo requiere DOT 3 ó 4, no se deberá utilizar DOT 5.

Sistemas Centralizados (LHM)

Desarrollados para el sector de la hidráulica para vehículos (por ejemplo, suspensiones hidroneumáticas de Citroën). Pueden encontrarse también como

LHM-Plus. Poseen la ventaja de no ser higroscópicos, aunque presentan un peor comportamiento en frío.

Los fluidos de frenos de base mineral (LHM) se destinan principalmente a sistemas centralizados, en los que por ejemplo, se use el fluido para el embrague, servodirección, suspensión, frenos...

Líquidos refrigerantes

El líquido refrigerante o “anticongelante” evita la congelación y la ebullición; además protege frente a la corrosión, gracias a los aditivos que lleva para cumplir esta misión. La clasificación de estos productos se basa en su composición, tipo y calidad. Están regulados por la norma UNE 26-361.

Tipo	Composición	Características
Inorgánico (Base etilenglicol)	10%	Proporciona protección contra la corrosión. Indicado para climas sin temperaturas extremas. Tem. mínima de -5°C, punto de ebullición de 118°C. Cambio cada 18 meses.
	20%	Proporciona protección contra la corrosión. Indicado para climas sin temperaturas extremas. Tem. mínima de -11°C, punto de ebullición de 128°C. Cambio cada 18 meses.
	30%	Proporciona protección contra la corrosión. Indicado para climas con temperaturas extremas. Tem. mínima de -18°C, punto de ebullición de 135°C. Cambio cada 18 meses.
		Proporciona protección contra la corrosión. Indicado para

	50%	climas con temperaturas extremas. Tem. mínima de -40°C, punto de ebullición de 145°C. Cambio cada 18 meses.
Orgánico (Alta protección)	30%	Alto poder inhibidor que evita la corrosión y cavitación en las culatas de aluminio y bombas. Indicado para climas con temperaturas extremas. Tem. mínima de -18 °C. Cambio cada 24 meses.
	50%	Alto poder inhibidor que evita la corrosión y cavitación en las culatas de aluminio y bombas. Indicado para climas con temperaturas extremas. Tem. mínima de -40 °C. Cambio cada 24 meses. (Especificaciones: VW G-12)
Orgánico Plus (Máxima protección y duración)	50%	Alto poder inhibidor que evita la corrosión y cavitación en las culatas de aluminio y bombas (los inhibidores de corrosión, prácticamente no se consumen, “ <i>sin mantenimiento</i> ”). Indicado para climas con temperaturas extremas. Tem. mínima de -40 °C. Cambio cada 5 años, según las instrucciones del fabricante. (Especificaciones: VW G-12 PLUS)

Grasas

Las grasas son productos de consistencia semisólida obtenidos por dispersión de un agente espesante en un líquido lubricante. Pueden incluir aditivos: extrema presión EP, resistencia a la oxidación y corrosión,...).

Podemos encontrar distintos tipos de grasas dependiendo de su aplicación

(Grasas de altas temperaturas, para juntas homocinéticas, grasas líquidas, grasas para extrema presión,...)

Grado NLGI (ASTM D 271)

El grado NLGI (National Lubricating Grease Institute) indica la consistencia o penetración de la grasa, según ensayo ASTM D217. La escala NLGI va desde el

000, muy blanda, al 6, muy dura (no deben bombearse grasas con NLGI superior a 2).

Grado NLGI	Consistencia	Aplicaciones
000	Líquida	Engranajes
00	Líquida	Engranajes
0	Semi-fluida	Cojinetes. Sistemas centralizados
1	Semi-fluida	Cojinetes. Sistemas centralizados
2	Blanda	Cojinetes
3	Regular	Cojinetes
4	Semidura	Cojinetes lisos. Grasa en briquetas
5	Dura	Cojinetes. Grasa en briquetas
6	Extra-dura	Cojinetes. Grasa en briquetas

Tabla 3.6.1- Grados NLGI.

Especificaciones ISO y DIN (HT y EP)

- HT: Grasa específica para uso a altas temperaturas.
- EP: Grasa específica para uso en cargas elevadas. Las sustancias EP facilitan el uso en cojinetes antifricción y lisos, en particular en rodamientos de ruedas de camiones de servicio pesado.

Para la clasificación y designación de grasas se utilizan las normas ISO 6743-9 y DIN 51825.

DIN 51825, Ejemplo: K1G-20	
K	Tipo de grasa (KP = EP)
1	Grado NLGI
G	Temperatura máxima de operación y resistencia al agua
-20	Temperatura mínima de operación

Letra	Temperatura superior de operación	Resistencia al agua
D	+60	2-40 a 3-40
F	+80	2-40 a 3-40
H	+100	2-90 a 3-90
M	+120	2-90 a 3-90
N	+140	
P	+160	

DIN 51825: Grasas (extracto).

Consecuencias de aplicación

Aceite motor

Viscosidad SAE

Las recomendaciones técnicas se basan en las holguras, la carga, el tamaño de las piezas y su composición; teniendo en cuenta las temperaturas de arranque y uso, más las velocidades (rpm) de los componentes.

Generalmente, los fabricantes suelen aportar la viscosidad recomendada, para un motor concreto, expresadas en función del clima de uso.

Utilizar la viscosidad correcta maximiza la vida útil y eficiencia del motor:

- Viscosidad demasiado baja: creará desgaste (falta de lubricación hidrodinámica) y un aumento del consumo de lubricante.
- Viscosidad demasiado alta: causa una falta de circulación y lubricación, resultando en sonidos raros, desgaste, mayor consumo de combustible y calentamientos excesivos (pérdida de rendimiento).

Nivel de calidad (API, ACEA)

El nivel de calidad debe ser como mínimo el recomendado por el fabricante, aunque puede ser superior.

Utilizar, por ejemplo, un aceite CF-4, de mayor diferencia de desempeño respecto de los aceites de últimas tecnologías, implicaría una disminución de la vida útil del motor (mayor desgaste de elementos), mayor consumo de aceite y combustible.

Aceite para engranajes

Viscosidad SAE

La viscosidad debe ser la recomendada por del fabricante para el clima de utilización, solo así se puede garantizar la máxima vida útil de la transmisión:

- Viscosidad demasiado baja: no proveerá bastante lubricación

hidrodinámica entre los engranajes, en cojinetes y bujes, creará mayor desgaste.

- Viscosidad demasiado alta: c a u s a r á problemas de circulación, no desplazará los sincronizadores con bastante rapidez, calentará la transmisión mientras hace más duro a los cambios. Degradación rápida del aceite y mayor consumo de combustible.

Nivel de calidad (API, ACEA)

Se deberá usar el nivel de calidad recomendado por el fabricante, por ser el más apropiado a las exigencias y características mecánicas de la transmisión y el único que garantiza la correcta conservación de la misma.

Aceite hidráulico e industrial

Viscosidad SAE

La viscosidad del aceite debe ser la definida como óptima por el fabricante del equipo, si ésta varía hacia una viscosidad más alta o baja tendríamos:

- Viscosidad Baja: originará mayores fugas internas, menor potencia transmitida, y peor lubricación. En cambio, la pérdida de carga será menor, arrancará mejor en frío, provocará menor fricción interna y ausencia de cavitación.
- Viscosidad Alta: provocará respuestas más lentas por existir mayores pérdidas de carga y mayor fricción interna, cavitación en bombas y problemas en frío. Por otro lado, será una lubricación mejor y más estable, transmitirá más potencia con una mejor respuesta dinámica.