

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido  
provocado experimentalmente de baja cilindrada



**FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍAS**

**Trabajo de fin de Carrera titulado:**

**Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en motor de encendido  
provocado experimentalmente de baja cilindrada**

**Realizado por:**

Mario Josue Sánchez Murillo

**Director del proyecto:**

PhD. Edilberto Antonio Llanes Cedeño, Ing

**Como requisito para la obtención del título de:**

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

QUITO, Marzo del 2025

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido  
provocado experimentalmente de baja cilindrada

### **DECLARACIÓN JURAMENTADA**

Yo, MARIO JOSUE SANCHEZ MURILLO ecuatoriano, con Cédula de ciudadanía N°  
172641045-7, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no  
ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional, y se basa en las  
referencias bibliográficas descritas en este documento.

A través de esta declaración, cedo los derechos de propiedad intelectual a la  
  
UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido en la Ley de Propiedad  
Intelectual, por su reglamento y normativa institucional vigente.



**MARIO JOSUE SÁNCHEZ MURILLO**

C.I.: 1726410457

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido  
provocado experimentalmente de baja cilindrada

### **DECLARACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS**

Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación.

-----

**Director de proyecto**

PHD. EDILBERTO ANTONIO LLANES CEDEÑO, ING

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido  
provocado experimentalmente de baja cilindrada

**LOS PROFESORES INFORMANTES:**

MSC. JAIME VINICIO MOLINA OSEJOS, ING

PHD. MARIA GABRIELA MANCHENO FALCONI, ING

Después de revisar el trabajo presentado lo han calificado como apto para su defensa  
oral ante el tribunal examinador.

---

MSC. JAIME VINICIO MOLINA

OSEJOS, ING

---

PHD. MARIA GABRIELA MANCHENO

FALCONI, ING

Quito, 20 de Marzo de 2025

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido  
provocado experimentalmente de baja cilindrada

### **Dedicatoria**

A mis padres Mario Sánchez y Bertha Murillo, a mi hermana Katherine Sánchez por ser las personas que me apoyaron a lo largo de mi vida, a mi pareja Tamara Quingaiza quien ha sido un apoyo en el transcurso de este proceso siendo parte importante de mi vida junto con mis padres y hermana.

Mario Sánchez

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

### **Resumen**

Este estudio aborda la incidencia del aceite multigrado en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada. El objetivo general fue evaluar dichas pérdidas utilizando un motor CT-150 y la unidad universal de accionamiento-frenado HM365. La investigación se desarrolla bajo un enfoque experimental, midiendo las variables en un banco de pruebas con condiciones controladas para medir parámetros como torque y potencia de fricción bajo diferentes regímenes de revolución, para ello seleccionaron aceites con diferentes viscosidades y marcas: TOP 1 10W40/20W50 y Valvoline 10W40/20W50 para así dar paso a cada uno de los ensayos con cada aceite; los resultados obtenidos mostraron que el aceite Valvoline 10W40 mostro en un mejor desempeño en términos de reducción de fricción, menor potencia de fricción y eficiencia del mecánica en comparación con las otras marcas analizadas. Además, presentó una mejor estabilidad térmica y mayor capacidad de lubricación en condiciones operativas del motor, las características de los aceites tales como viscosidad y propiedades químicas influyen significativamente en la reducción de fricción lo que permite la mejora de eficiencia en el motor dando relevancia a la selección óptima del aceite lubricante para mejoramiento del rendimiento del motor como también a su durabilidad

**Palabras Claves:** Aceite multigrado, fricción, eficiencia, lubricación, motor de baja cilindrada.

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

### **Abstract**

This study addresses the impact of multigrade oil on a low-displacement spark-ignition engine under experimental conditions. The general objective was to evaluate these losses using a CT-150 engine and the universal drive-brake unit HM365. The research follows an experimental approach, measuring variables in a test bench under controlled conditions to assess parameters such as torque and friction power at different revolution regimes. For this purpose, oils with different viscosities and brands were selected: TOP 1 10W40/20W50 and Valvoline 10W40/20W50, to conduct individual tests for each oil. The results obtained showed that Valvoline 10W40 demonstrated the best performance in terms of friction reduction, lower friction power, and mechanical efficiency compared to the other analyzed brands. Additionally, it exhibited better thermal stability and greater lubrication capacity under the engine's operating conditions. The characteristics of the oils, such as viscosity and chemical properties, significantly influence friction reduction, which enhances engine efficiency, highlighting the importance of selecting the optimal lubricant oil to improve engine performance and durability.

**Keywords:** Multigrade oil, friction, efficiency, lubrication, low-displacement engine.

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido  
provocado experimentalmente de baja cilindrada

### Tabla de Contenido

DEDICATORIA .....	5
RESUMEN .....	6
ABSTRACT .....	7
TABLA DE CONTENIDO.....	8
LISTA DE TABLAS .....	14
LISTA DE FIGURA .....	16
INTRODUCCIÓN .....	19
ANTECEDENTES .....	19
Sistema de lubricación .....	19
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	20
OBJETIVO GENERAL.....	20
OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	20
JUSTIFICACIÓN .....	21
ESTADO DEL ARTE.....	22
MOTOR DE GASOLINA 4 TIEMPOS. ....	22
MOTORES MONO-CILÍNDRICOS. ....	28
TRIBOLOGÍA.....	29
Fricción. ....	29
Fricción estática. ....	30
Fricción dinámica.....	30
Fricción seca. ....	30

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido  
provocado experimentalmente de baja cilindrada

Fricción lubricada. ....	30
Fricción por deslizamiento.....	30
Fricción Hidrodinamica. ....	31
Fricción mixta. ....	31
Fricción por rodadura.....	31
Rozamiento seco. ....	31
Rozamiento graso.....	32
Rozamiento viscoso. ....	33
Rozamiento entre eje y cojinete.....	34
Pérdidas Mecánicas por Fricción. ....	35
Pistón - segmentos – cilindro.....	36
Cojinetes de gorrón del sistema biela – manivela.....	37
Distribución.....	37
Desgaste .....	40
Desgaste adhesivo. ....	41
Desgaste abrasivo.....	42
Desgaste por fatiga.....	43
Desgaste erosivo. ....	44
Desgaste corrosivo. ....	45
Desgaste por cavitación. ....	45
Desgaste por corrientes eléctricas.....	46
Lubricantes.....	47

# Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido

provocado experimentalmente de baja cilindrada

Tipos de lubricación.....	48
Lubricación estática. ....	48
Lubricación dinámica.....	49
Lubricación por barboteo o salpicadura.....	49
Lubricación a presión.....	50
Carter húmedo.....	50
Carter seco. ....	51
Lubricación hidrodinámica. ....	52
Lubricación marginal o límite.....	53
Aceites Lubricantes.....	56
Aceites bases.....	57
Aceites minerales.....	57
Aceites sintéticos.....	59
Hidrocarburos.....	59
Polialfaolefinas.....	59
Diésteres.....	59
Poliol-ésteres.....	60
Ésteres fosfatados.....	60
Poliglocoles.....	60
Siliconas.....	60
Propiedades de los Lubricantes.....	62
Color y fluorescencia.....	62

## Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido

provocado experimentalmente de baja cilindrada

Aditivos.....	63
Aditivos antioxidantes. ....	63
Aditivos detergentes.....	63
Aditivos antidesgastantes.....	64
Aditivos antiespumantes. ....	64
Aditivos antiherrumbre. ....	64
Densidad .....	65
Untuosidad. ....	65
Basicidad/ Acidez. ....	66
Acidez mineral. ....	66
Acidez Inorgánica. ....	67
Viscosidad.....	67
Viscosidad cinemática. ....	69
Viscosidad dinámica. ....	70
LEY DE VISCOSIDAD DE NEWTON. ....	70
Líquidos newtonianos .....	71
Líquidos no newtonianos .....	72
CLASIFICACIÓN DE LOS ACEITES LUBRICANTES.....	73
Clasificación SAE.....	73
Aceites monogrados.....	75
Aceites multigrados. ....	76
Clasificación API.....	79

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido  
provocado experimentalmente de baja cilindrada

Clasificación ACEA.....	84
MÉTODO .....	85
UNIDAD UNIVERSAL DE ACCIONAMIENTO DE FRENADO HM365 .....	88
MOTOR DE GASOLINA 4 TIEMPOS CT 150 .....	89
SELECCIÓN Y PREPARACIÓN DE MÁQUINAS.....	91
SELECCIÓN DE ACEITES .....	93
Valvoline MULTI – PORPOSE 2 - CYCLE OIL .....	94
TOP 1 Action Plus 10W-40 .....	95
TOP 1 MC 20W-50.....	97
FACTORES Y NIVELES .....	98
VARIABLES DE RESPUESTA .....	99
PRE - ENSAYOS .....	100
ANÁLISIS COMPARATIVOS DE DATOS .....	102
RESULTADOS.....	107
DATOS OBTENIDOS .....	107
Gráficas curvas de fricción y potencia de fricción.....	112
Valvoline 10W-40.....	112
Valvoline 20W50.....	115
TOP1 10W40.....	117
TOP1 20W50.....	119
Gráficos Comparativos .....	121
Valvoline SAE 10W40 / 20W-50.....	121

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido

provocado experimentalmente de baja cilindrada

TOP1 SAE 10W-40 / 20W-50.....	124
TOP1 / Valvoline SAE 10W40.....	127
TOP1 / Valvoline SAE 20W50.....	129
DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS .....	131
EVALUACIONES PÉRDIDAS POR FRICCIÓN .....	131
CONCLUSIÓN.....	134
RECOMENDACIÓN .....	135

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido  
provocado experimentalmente de baja cilindrada

### Lista de Tablas

<b>Tabla 1</b> <i>Propiedades Físicas de Aceites Minerales</i> .....	58
<b>Tabla 2</b> <i>Composición Base de Aceite Lubricante</i> .....	58
<b>Tabla 3</b> <i>Propiedades Físicas de Aceites Sintéticos</i> .....	61
<b>Tabla 4</b> <i>Clasificación SAE de los Aceites Monogrados</i> .....	76
<b>Tabla 5</b> <i>Clasificación SAE de los Aceites Multigrados</i> .....	77
<b>Tabla 6</b> <i>Clasificación API Motores a Gasolina</i> .....	82
<b>Tabla 7</b> <i>Clasificación API Motores a Diésel</i> .....	83
<b>Tabla 8</b> <i>Lubricantes por Marca y Viscosidad Utilizados para Experimentación</i> .....	93
<b>Tabla 9</b> <i>Características Técnicas Valvoline Multi – Porpose 2 – Cycle Oil</i> .....	95
<b>Tabla 10</b> <i>Características Técnicas TOP1 Action Plus 10W-40</i> .....	96
<b>Tabla 11</b> <i>Características Técnicas TOP1 MC 20W-50</i> .....	98
<b>Tabla 12</b> <i>Definición Factores y Niveles</i> .....	99
<b>Tabla 13</b> <i>Variables de Respuesta</i> .....	99
<b>Tabla 14</b> <i>Combinaciones Marcas de Aceites y Viscosidades</i> .....	100
<b>Tabla 15</b> <i>Hoja de Observación</i> .....	102
<b>Tabla 16</b> <i>Ensayo Experimental Valvoline 10W-40</i> .....	103
<b>Tabla 17</b> <i>Ensayo Experimental Valvoline 20W-50</i> .....	104
<b>Tabla 18</b> <i>Ensayo Experimental TOP1 10W-40</i> .....	105
<b>Tabla 19</b> <i>Ensayo Experimental TOP1 20W-50</i> .....	106
<b>Tabla 20</b> <i>Datos Valvoline 10W-40</i> .....	108
<b>Tabla 21</b> <i>Datos Valvoline 20W-50</i> .....	109

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido

provocado experimentalmente de baja cilindrada

**Tabla 22** *Datos TOP1 10W-40*..... 110

**Tabla 23** *Datos TOP1 20W-50*..... 111

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido  
provocado experimentalmente de baja cilindrada

### Lista de Figura

<b>Figura 1</b> <i>Ciclo de Cuatro Tiempos Motor de Combustión Interna</i> .....	24
<b>Figura 2</b> <i>Diagrama Motor de Cuatro Tiempos</i> .....	25
<b>Figura 3</b> <i>Cigüeñal y Biela</i> .....	26
<b>Figura 4</b> <i>Configuración de Cilindros en Motores</i> .....	28
<b>Figura 5</b> <i>Rozamiento Seco</i> .....	32
<b>Figura 6</b> <i>Rozamiento Graso</i> .....	33
<b>Figura 7</b> <i>Rozamiento Viscoso</i> .....	34
<b>Figura 8</b> <i>Rozamiento Entre Eje y Cojinete</i> .....	35
<b>Figura 9</b> <i>Distribución de Pérdidas Mecánicas en un Motor de Combustión Interna</i> .....	38
<b>Figura 10</b> <i>Pérdidas Mecánicas por Fricción</i> .....	40
<b>Figura 11</b> <i>Desgaste Adhesivo</i> .....	42
<b>Figura 12</b> <i>Desgaste Abrasivo</i> .....	43
<b>Figura 13</b> <i>Desgaste por Fatiga</i> .....	44
<b>Figura 14</b> <i>Desgaste Erosivo</i> .....	45
<b>Figura 15</b> <i>Variación de la Potencia Absorbida por Rozamiento en Función a la Velocidad del Motor</i> .....	46
<b>Figura 16</b> <i>Lubricante Estático</i> .....	49
<b>Figura 17</b> <i>Lubricación por Salpicadura</i> .....	50
<b>Figura 18</b> <i>Lubricación Cárter Húmedo</i> .....	51
<b>Figura 19</b> <i>Lubricación por Cárter Seco</i> .....	52
<b>Figura 20</b> <i>Lubricación hidrodinámica</i> .....	53

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido

provocado experimentalmente de baja cilindrada

<b>Figura 21</b> <i>Lubricación Marginal o Limite</i> .....	54
<b>Figura 22</b> <i>Curva Stribeck</i> .....	56
<b>Figura 23</b> <i>Gráfico Comparativo Entre Aceite Sintético y Mineral</i> .....	62
<b>Figura 24</b> <i>Niveles de TBN</i> .....	67
<b>Figura 25</b> <i>Par de Fricción</i> .....	69
<b>Figura 26</b> <i>Viscosidad Absoluta en Función a la Velocidad de Deslizamiento</i> .....	72
<b>Figura 27</b> <i>Esfuerzo de Cizalladura en Función a la Velocidad de Deslizamiento</i> .....	73
<b>Figura 28</b> <i>Aplicación de Aceites Según Normas SAE</i> .....	75
<b>Figura 29</b> <i>Rangos de Trabajo Aceites Multigrados</i> .....	79
<b>Figura 30</b> <i>Sello de Clasificación SAE y API</i> .....	81
<b>Figura 31</b> <i>Diagrama Proceso de Investigación</i> .....	87
<b>Figura 32</b> <i>Unidad Universal de Accionamiento de Frenado HM365</i> .....	89
<b>Figura 33</b> <i>Motor de Gasolina 4 Tiempos CT150</i> .....	90
<b>Figura 34</b> <i>Unidad de Frenado HM365 y Motor a Gasolina de 4 Tiempos CT150</i> .....	92
<b>Figura 35</b> <i>Montaje Experimental Completo</i> .....	92
<b>Figura 36</b> <i>Aceite Valvoline</i> .....	94
<b>Figura 37</b> <i>Aceite TOP1</i> .....	96
<b>Figura 38</b> <i>Aceite TOP1</i> .....	97
<b>Figura 39</b> <i>Curva de Fricción Valvoline 10W-40</i> .....	113
<b>Figura 40</b> <i>Potencia de Fricción Valvoline 10W-40</i> .....	114
<b>Figura 41</b> <i>Curva de Fricción Valvoline 20W-50</i> .....	115
<b>Figura 42</b> <i>Potencia de Fricción TOP1 20W-50</i> .....	116

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido

provocado experimentalmente de baja cilindrada

<b>Figura 43</b> <i>Curva de Fricción TOP1 10W-40</i> .....	117
<b>Figura 44</b> <i>Potencia de Fricción TOP1 10W-40</i> .....	118
<b>Figura 45</b> <i>Curvas de Fricción TOP1 20W-50</i> .....	119
<b>Figura 46</b> <i>Potencia de Fricción TOP1 20W-50</i> .....	120
<b>Figura 47</b> <i>Curvas de Fricción Valvoline SAE 10W-40 / 20W-50</i> .....	122
<b>Figura 48</b> <i>Potencia de Fricción Valvoline SAE 10W-40 / 20W50</i> .....	124
<b>Figura 49</b> <i>Curvas de Fricción TOP1 SAE 10W40 / 20W-50</i> .....	125
<b>Figura 50</b> <i>Potencia de Fricción TOP1 SAE 10W-40 / 20W50</i> .....	127
<b>Figura 51</b> <i>Curvas de fricción TOP1 / Valvoline SAE 10W40</i> .....	128
<b>Figura 52</b> <i>Potencia de Fricción TOP1/Valvoline SAE 10W40</i> .....	129
<b>Figura 53</b> <i>Curvas de Fricción TOP1 / Valvoline SAE 20W50</i> .....	130
<b>Figura 54</b> <i>Potencia de Fricción TOP1/Valvoline SAE 20W50</i> .....	131
<b>Figura 55</b> <i>Potencia de Fricción TOP1 SAE 10W40-20W50/ Valvoline SAE 10W40-20W50</i> ...	132

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

## **Introducción**

### **Antecedentes**

#### ***Sistema de lubricación***

En motores de combustión interna el sistema de lubricación se encarga de lubricar las piezas que se encuentran en movimiento, este movimiento produce desgaste debido a la fricción al rozamiento de partes móviles con las paredes del motor desprendiendo pequeñas partículas de material las cuales las partículas más grandes se depositan en el fondo del Carter o en el filtro mientras las partículas más pequeñas se mantienen a flote en el aceite de lubricación.

Esta cantidad de partículas de material suspendidas o en el fondo del Carter determinara si el desgaste en el motor es normal o acelerado sin embargo este análisis debe ser respaldado a través del análisis periódico y continuo, con ello se establece la tendencia de desgaste y el control de ellos desgastes normales, progresivos o acelerados.

La función principal de la combinación de aceites bases con aditivos y compuestos químicos es proporcionar lubricación para la reducción de fricción y desgaste evitando la corrosión, limpieza interna del motor y reducción de impacto ambiental como carga del motor, hábitos de manejo, arranques en frío.

Según Ulicesci (2014) el aceite lubricante cumple varias funciones dentro de un motor tales como la disolución de las partículas que se produce en la combustión transportándolas al filtro para la reducción de desgaste, actúa como refrigerante distribuyendo la temperatura desde la parte inferior a la superior, evita la corrosión por oxido, evita la condensación de vapor de agua.

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

### **Planteamiento del Problema**

La problemática radica en las significativas pérdidas por fricción que ocurre en los motores de encendido provocados de baja cilindrada tanto en sus piezas móviles como sus fijas las cuales sufren de desgaste acelerado, reducción de la vida útil de la máquina y disminución de la eficiencia energética, esto representa un desafío para la industria automotriz ya que impactan el rendimiento de los motores utilizados en autos pequeños siendo una problemática general con la que se enfrentan los técnicos responsables de sus diseños.

A pesar que se busca mitigar este desgaste a través de aceites lubricantes se desconoce de gran manera si su función se cumple a cabalidad en diferentes condiciones de operación, esta falta de información dificulta poder elegir el lubricante adecuado para mitigar el desgaste del motor y mejorar así su rendimiento, constituyendo esto el problema científico de la investigación.

### **Objetivo General**

Evaluar las pérdidas por fricción en un motor experimental de encendido provocado de baja cilindrada con diferentes aceites multigrados, mediante un MOTOR CT-150 y la Unidad Universal de Accionamiento – Frenado HM 365, para la evaluación de la eficiencia energética.

### **Objetivos Específicos**

- Seleccionar los aceites multigrados comercializados en el Ecuador para motores encendido provocado de baja cilindrada, mediante la revisión de la literatura, para la experimentación en el banco experimental.

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

- Determinar el torque de fricción en diferentes regímenes de revolución y aceites experimentados, por medio del banco experimental, para el cálculo de la potencia de fricción.
- Determinar la potencia de fricción en los diferentes aceites experimentados, a partir del torque de fricción y el régimen de giro del motor, para su posterior comparativa.
- Evaluar la eficiencia en la pérdida por fricción de los aceites experimentados, por medio de representación gráfica y software estadístico, para la emisión de criterio técnico.

### **Justificación**

La Siguiete Investigación se centra en un área de importancia dentro del campo automotriz; las pérdidas de fricción en motores de encendido de baja cilindrada, los cuales desempeñan un papel crucial en la movilidad actual.

Los motores de baja cilindrada están presentes en la industria automotriz actual impulsando medios de transporte pequeños los cuales dada su amplio campo de uso es imperativo abordar las pérdidas de fricción, un factor crucial que afecta directamente la eficiencia y durabilidad de los motores.

En segundo lugar, los aceites multigrados representan la solución significativa para optimizar las pérdidas de fricción en motores de baja cilindrada. La comprensión de cómo estos lubricantes interactúan con las superficies de contacto fijas y móviles del motor de baja cilindrada es esencial para aprovechar su potencial. Esta investigación busca llenar un vacío en la literatura

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

actual, ya que no hay mucha información específica que aborde la relación entre los aceites multigrados y las pérdidas por fricción en motores de baja cilindrada.

### **Estado del Arte**

#### **Motor de Gasolina 4 Tiempos.**

Un motor es aquella máquina capaz de transformar cualquier energía en energía mecánica (Escudero, 2011). Según Taípe (2021) los motores de combustión interna de encendido provocado es una máquina térmica que permite transformar la energía química del combustible en energía mecánica. Estos motores queman combustible para aprovechar la energía liberada en forma de calor y aprovecharla para transformarla en energía mecánica (Escudero, 2011).

El fluido que realiza el trabajo es el mismo en el que se ha producido la combustión (Escudero, 2011). Este tipo de motores son los que tienen mayor aplicación en la industria automotriz por su gran versatilidad ya que utilizan combustibles líquidos con alto poder calorífico otorgándole una mayor autonomía (Escudero, 2011). Dentro del su proceso al final se obtiene una mezcla de aire y combustible, donde el proceso de combustión se inicia por un agente externo generalmente una chispa y esta se propaga por un frente de llama en toda la cámara de combustión (Escudero, 2011).

Los motores de combustión interna de cuatro tiempos cumplen un ciclo de trabajo por cada cuatro carreras del pistón, cada dos revoluciones o vueltas del cigüeñal realizando los siguientes procesos (Escudero, 2011).

- Admisión: donde el motor recibe gases frescos
- Compresión: los gases se comprimen y se hace más inflamable

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

- Expansión: se produce la combustión y en base a ello el trabajo mecánico hacia la transmisión
- Escape: la evacuación de los gases para dar paso a gases frescos

Esta línea de trabajo que tienen los motores de combustión interna de cuatro tiempos lo podemos dividir en tres etapas.

Primera: Cuando el pistón llega al punto muerto superior (PMS) la mezcla aire combustible se encuentra comprimida a una temperatura elevada en este punto salta una chispa entre los electrodos de la bujía produciendo la explosión. (Escudero, 2011)

Segunda: La chispa provoca el encendido de la mezcla aire combustible y la combustión dando al aumento de temperatura y presión provocado por el calor existente en la cámara. (Escudero, 2011)

Tercera: El aumento de la presión genera la expansión de los gases producidos en la combustión empujando el pistón al punto muerto inferior (PMI). (Escudero, 2011)

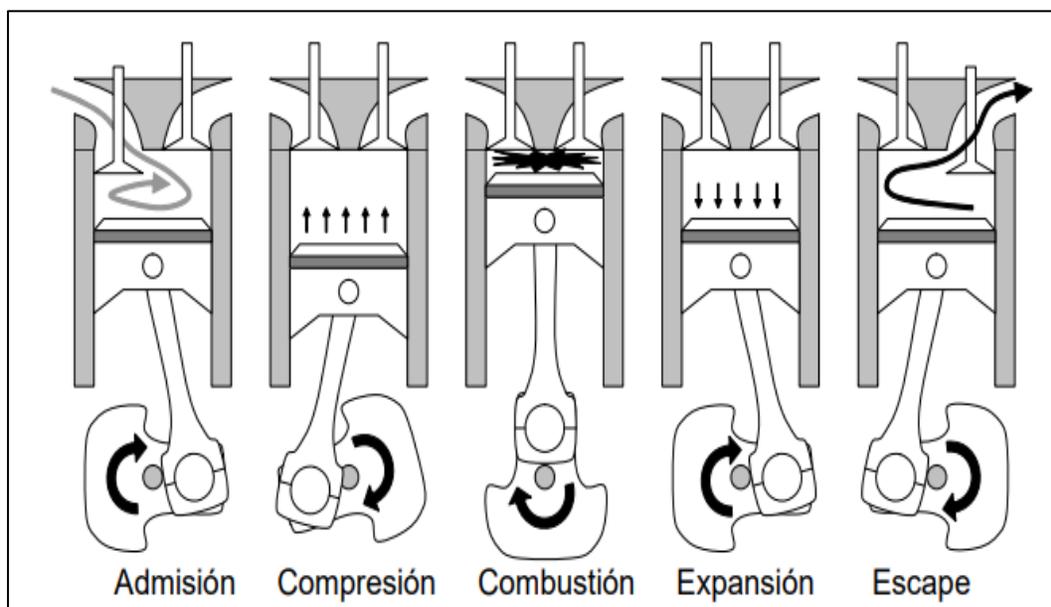
Al terminar estos pasos se da por finalizado con el escape de estos gases a través de la abertura de la válvula de escape permitiendo que los gases quemados fuguen de la cámara, seguidamente el pistón sube al punto muerto superior (PMS) expulsando los gases restantes. (Escudero, 2011)

El ciclo de cuatro tiempos es esencial para comprender el funcionamiento de los motores de combustión interna y su proceso de trabajo como se muestra en la figura 1. (Melgar , s.f)

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

### Figura 1

*Ciclo de Cuatro Tiempos Motor de Combustión Interna*



*Nota.* Tomado de (Melgar , s.f)

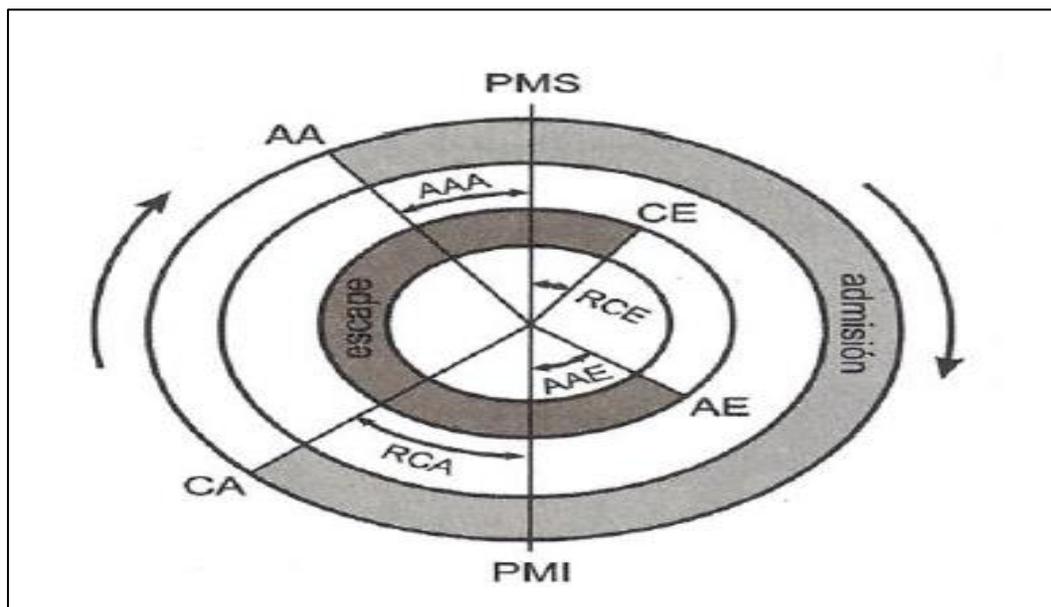
Vale aclarar que todos los pasos descritos son en condiciones ideales debido a la compresibilidad del aire y a la combustión que no puede producirse a volumen constante es decir que para conseguir las condiciones ideales depende de las condiciones de operación del motor sobre todo del régimen de giro y de las características constructivas del motor. (Sánchez, 2018)

La figura 2 presenta el diagrama esquemático de un motor de combustión interna de cuatro tiempos que nos ilustra la disposición e interacción de las piezas del motor durante su funcionamiento. (Sánchez, 2018)

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

## Figura 2

*Diagrama Motor de Cuatro Tiempos*



*Nota.* Distribucion del motor de cuatro tiempos. Tomado de (Sánchez, 2018)

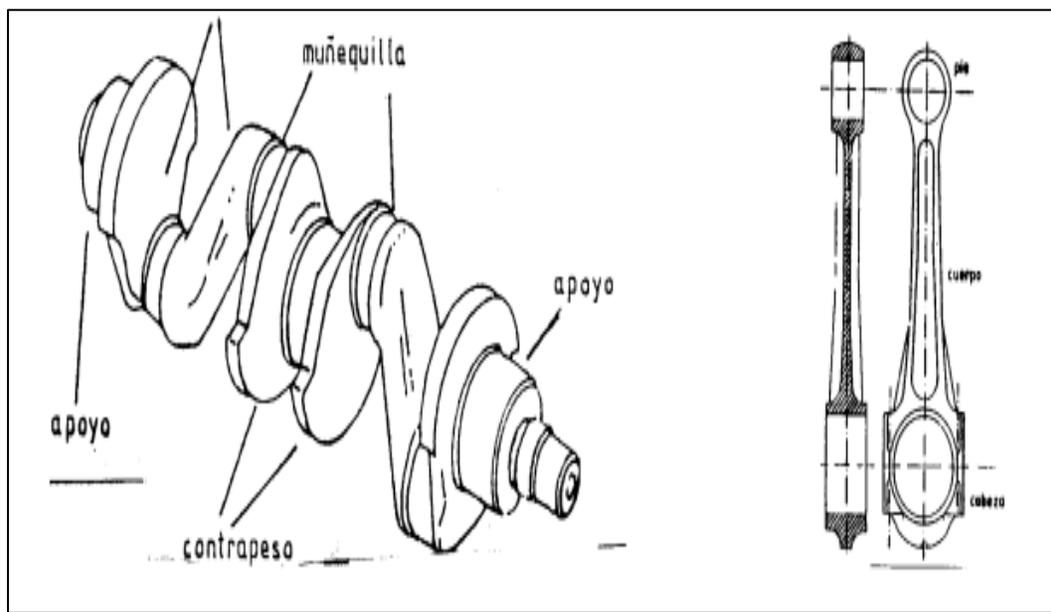
Los elementos motrices transforman el movimiento lineal en el pistón en uno rotario en el cigüeñal. (Escudero, 2011)

El cigüeñal y la biela son piezas motrices fundamentales en los motores de combustión interna, responsables de transformar el movimiento lineal en rotatorio. La figura 3 demuestra esta relación. (Melgar , s.f)

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

### Figura 3

#### *Cigüeñal y Biela*



*Nota.* Piezas motrices encargadas de la transformación de energía, biela transforma el movimiento lineal en rotatorio en el cigüeñal. Tomada de (Melgar , s.f)

En estos ciclos de trabajo el motor introduce una cantidad de aire y combustible ya establecidas la cual se inflama por ello se eleva la presión de esta manera dar un empuje al pistón en el cilindro el cual genera fricción y aumento de temperatura en las piezas móviles y fijas del motor. (Collaguazo, 2021)

Los motores de combustión interna constan de diferentes piezas las cuales llegan a tener fricción al no controlarse, genera un desgaste excesivo de estas piezas así mismo el aumento de temperatura. (Buestan & Jarama , 2016)

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

En un motor de combustión fijado el tamaño del cilindro de acuerdo por la potencia que se busca obtener se define la cantidad de números de cilindros en el motor este número puede variar entre uno (motores mono-cilíndricos) hasta decenas de cilindros como el caso de los motores aeronáuticos. (Payri, 2015)

Cuanto mayor sea el número de cilindros su equilibrado será mayormente óptimo y su regularidad de marchas. (Payri, 2015)

Estos cilindros se pueden orientar de diferentes maneras siendo el factor fundamental en la decisión de la orientación de cilindros el espacio a ocupar el motor aun así es necesario tomar en cuenta factores como la facilidad de refrigeración del motor o la accesibilidad a este para su mantenimiento. (Payri, 2015)

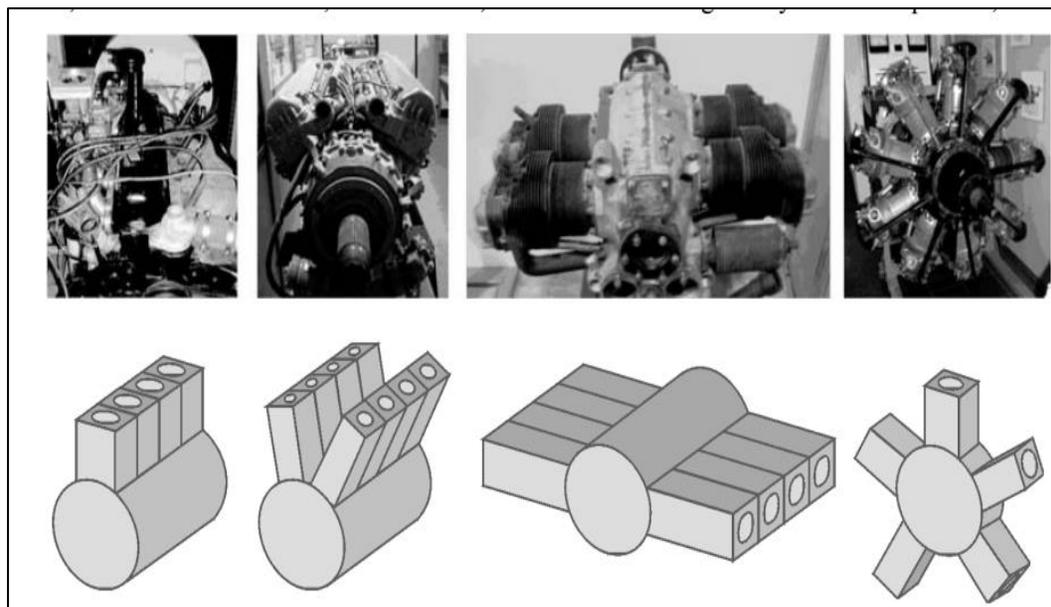
Las orientaciones más habituales o comunes son: motores en línea, motores en V, cilindros opuestos o conocidos como bóxer, motores en estrella o radiales así mismo también hay otras orientaciones no tan habituales como motores en W, motores en doble línea, motores en H, motores de doble cigüeñal, cilindros opuestos. (Payri, 2015).

La configuración de los cilindros en los motores es un factor fundamental para el rendimiento y el espacio a ocupar en el motor por lo cual en la industria automotriz se encuentran diferentes tipos de configuraciones en la figura 4 podremos observar los más comunes utilizadas por la industria. (Payri, 2015)

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

#### Figura 4

*Configuración de Cilindros en Motores*



*Nota.* Configuraciones más utilizadas dependiendo a la Industria dirigida. Motores en línea, Motores en V, Cilindros opuestos, Motores en estrella o radiales. Tomada de (Payri, 2015)

#### **Motores Mono-Cilíndricos.**

Los motores mono-cilíndricos son máquinas compuesta por un pistón el cual opera con diferentes combustibles como el diésel, gas natural vehicular, gasolina etc., diseñados para trabajar entre 2 y 4 tiempos. (Baez, 2021)

Estos motores mono-cilíndricos son con un par inestable los cuales no pueden ser utilizados en vehículos ya que para este medio de transporte se necesita de motores grande de mayor cilindrada para dar la potencia requerida es por ello que este tipo de motores mono-cilíndricos son utilizados en motos o para ensayos de laboratorio. (Asensio, 2010)

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

Por cada 720° de giro nos proporciona 180° de trabajo por ello gira de manera irregular, desequilibrado en su funcionamiento. (Rey, 2020)

### **Tribología.**

Tribología es la ciencia que estudia los fenómenos de desgaste fricción y lubricación de dos superficies que se encuentren en rozamiento (Losada, s.f). Esta ciencia interrelaciona diferentes ramas tales como química, mecánica, física etc. (Losada, s.f)

En su inicio la tribología comprendía el estudio de la fricción, pero en la actualidad comprende también el estudio del desgaste y lubricación. (Ingeniero Marino, 2016)

La tribología está presente en todo aspecto de maquinarias, motores y componentes de la industria en general, los componentes más comunes son los rodamientos, sellos, anillos de pistón, cepillos, embragues, frenos, engranes, levas. (Acuña , 2005)

Entre las aplicaciones de la ciencia tribológica son Motores eléctrico y de combustión, turbinas, extrusión, rolado, fundición, forja, procesos de corte, elementos de almacenamiento magnético, prótesis articulares. (Acuña , 2005)

La tribología se centra en tres fenómenos tales como la fricción entre dos cuerpos en movimiento, el desgaste como fenómeno natural y la lubricación como medio para disminuir este desgaste. (Castillo F. , 2007)

### ***Fricción.***

La fricción se define como la resistencia al movimiento entre dos cuerpos que se encuentran en contacto. (Collaguazo, 2021)

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

Esta describe la pérdida gradual energía cinética en situaciones donde los cuerpos se encuentran en movimiento unas con otras y se define como la resistencia al movimiento de un cuerpo. (Baez, 2022)

La fricción puede producirse entre un sólido y un gas la cual se denomina fricción aerodinámica de igual forma entre un sólido y un líquido conocido como fricción líquida y la que sucede por procesos de disipación de energía conocida como fricción interna. (Baez, 2022)

Este fenómeno se puede dar de diferentes maneras tales como:

**Fricción externa.** Fenómeno de resistencia al movimiento relativo que surge entre dos superficies en contacto tangencialmente acompañadas de una disipación de energía. (Castillo, 2019)

**Fricción estática.** Fricción con micros desplazamientos entre dos cuerpos sin pasar al movimiento. (Castillo, 2019)

**Fricción dinámica.** Fricción de movimiento relativo entre dos cuerpos. (Castillo, 2019)

**Fricción seca.** Estado de fricción con ausencia de material lubricante. (Castillo, 2019)

**Fricción lubricada.** Estado de fricción con la existencia de material lubricante de cualquier tipo. (Castillo, 2019)

**Fricción por deslizamiento.** Fricción de movimiento relativo entre dos cuerpos en las cuales las velocidades son diferentes en el punto de contacto. (Castillo, 2019)

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

**Fricción Hidrodinámica.** Cuando el espesor de la película lubricante no permite la unión de rozamiento estas se encuentran separadas siendo un régimen de lubricación óptimo (Castillo W. , 2019)

**Fricción mixta.** Fenómeno complejo que sucede cuando existe dos o más estados de fricción dependiendo del grado de rugosidad de la pieza y de la penetración del lubricante en las diferentes zonas de contacto, comúnmente suele producirse una fricción seca e hidrodinámica la cual surge debido a microcuchillas en las rugosidades de la pieza. (Castillo, 2019)

**Fricción por rodadura.** Fricción de movimiento relativo entre dos cuerpos en las cuales las velocidades son iguales en el punto de contacto. (Castillo, 2019)

La fricción presente en la capa de la pieza móvil se la conoce como fricción fluida la cual es la sumatoria de la fricción fluida individual que se presenta entre las laminillas o capas, mientras el número de capas aumente o disminuya la fricción cambia de igual manera. (Albarracín , 2015)

La fricción nace del rozamiento que se da entre la superficie de dos cuerpos generando resistencia al movimiento proporcional a la carga que aplica el cuerpo. (Cedillo , 2014)

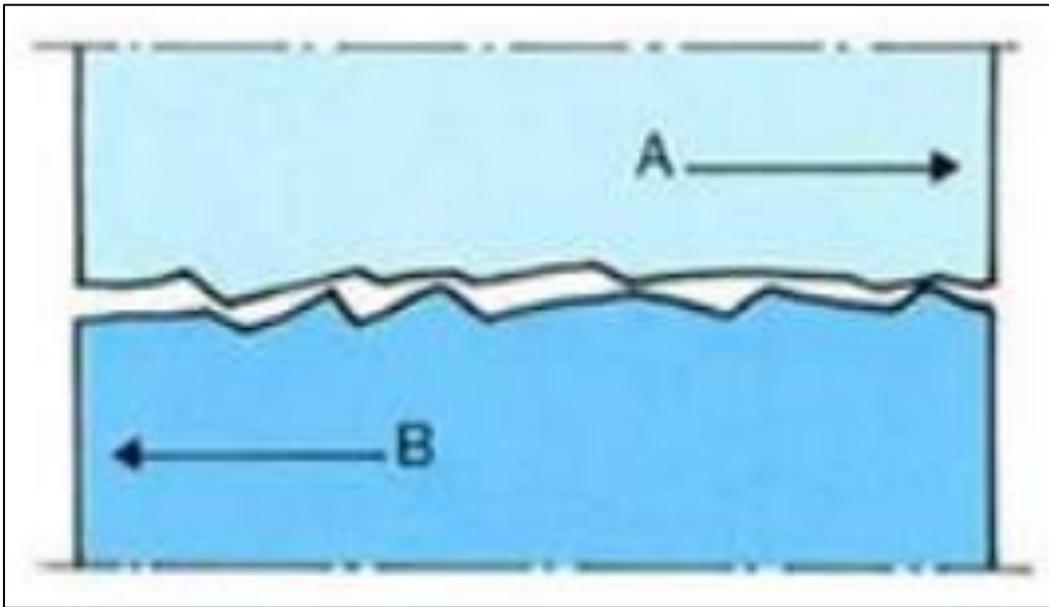
**Rozamiento seco.** Fricción al movimiento de dos cuerpos sólidos debido a las irregularidades de la superficie mientras mayor sea las irregularidades de la superficie mayor resistencia, en el caso de menos irregularidades menor esfuerzo para poder vencer la resistencia. (Cedillo , 2014)

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

El rozamiento seco es un fenómeno que ocurre por falta de lubricación, generando resistencia al movimiento. Este tipo de fricción se detalla en la Figura 5. (Cedillo , 2014)

### Figura 5

#### *Rozamiento Seco*



*Nota.* Tomada de (Cedillo , 2014)

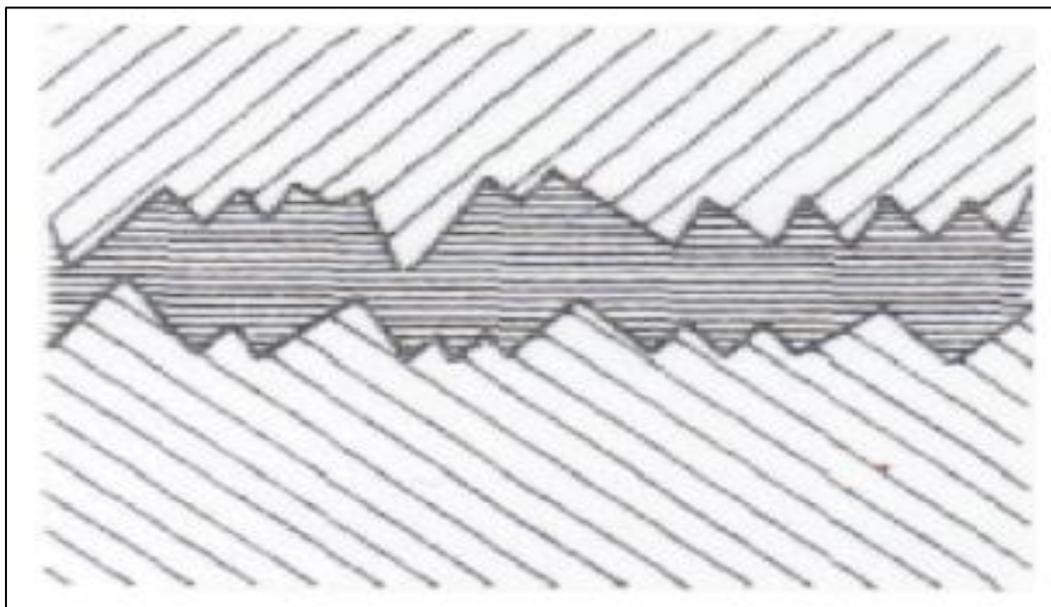
***Rozamiento graso.*** Entre dos sólidos cuya superficie es revestida con una capa delgada de lubricante de esta manera se rellena las irregularidades de la superficie de los cuerpos en contacto convirtiendo las superficies lisas permitiendo menor esfuerzo al movimiento, este rozamiento existe en el motor en los cojinetes, segmentos del pistón y los cilindros. (Cedillo , 2014)

El rozamiento graso ocurre cuando una capa delgada reduce las irregularidades entre dos superficies e contacto este fenómeno lo podemos observar en la figura 6. (Cedillo , 2014)

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

### Figura 6

*Rozamiento Graso*



*Nota.* Tomada de (Cedillo , 2014)

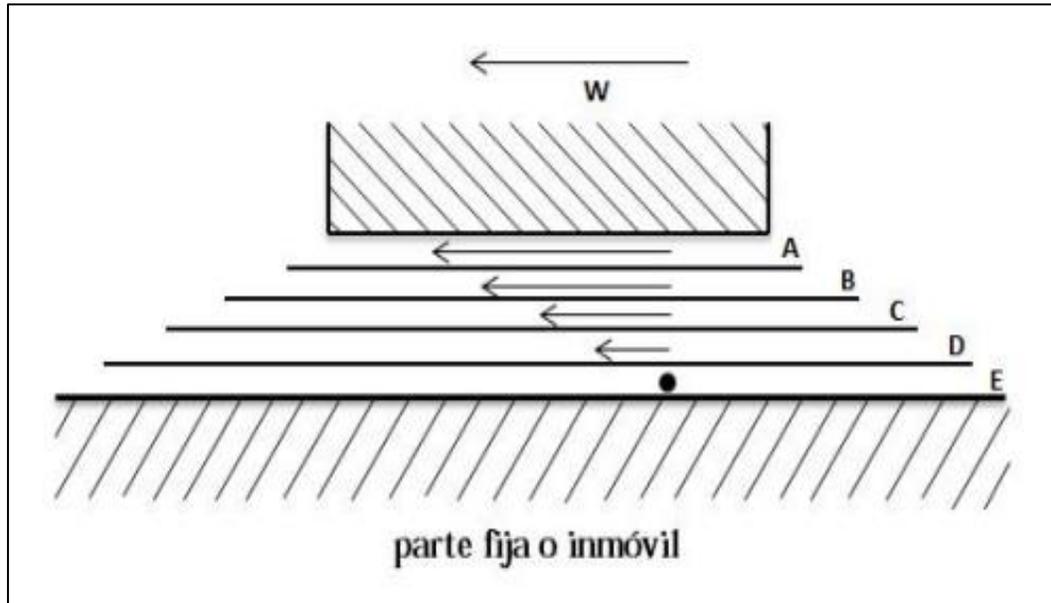
***Rozamiento viscoso.*** Fricción al movimiento relativo entre dos capas adyacentes de líquidos, esta capa se encuentra adherida al cuerpo inmóvil dando así un movimiento relativo, esta es la condición ideal para cualquier tipo de motor, en esta obtenemos un engrase perfecto pero depende de la velocidad de movimiento de la piezas móviles, para lograr esta condición se debe mantener una velocidad promedio lo cual no sucede ya que las velocidades varían desde 0 a máxima velocidad por lo cual por momentos se producen rozamientos secos o grasos dando como consecuencia el desgaste de las partes del motor. (Cedillo , 2014)

El rozamiento viscoso este fenómeno el cual es considerado el ideal para motores, sucede cuando existe una separación entre las capas de líquido de contacto. Lo podemos observar en la figura 7. (Cedillo , 2014)

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

### Figura 7

#### *Rozamiento Viscoso*



*Nota.* Dos piezas metálicas fija y móvil lubricado en los puntos de rozamiento. Tomada de (Cedillo , 2014)

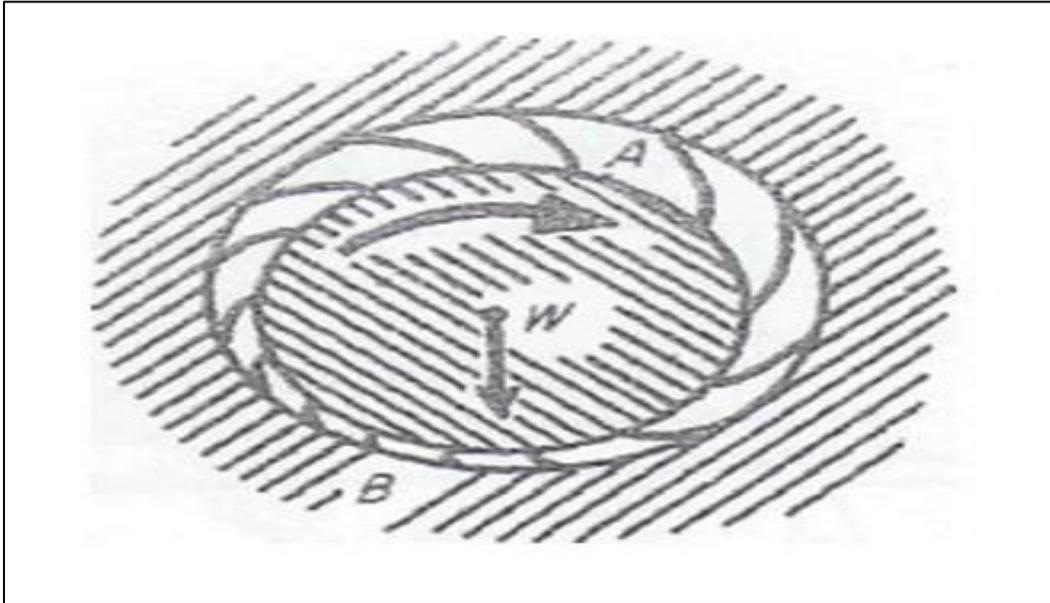
***Rozamiento entre eje y cojinete.*** Alrededor del eje rotativo se adhieren capas de lubricante arrastradas por la pieza móvil en su funcionamiento, estas capas están introducidas entre el eje y el cojinete con la finalidad de mantener separada el cojinete del eje. (Cedillo , 2014)

El rozamiento entre eje y cojinete es necesario para mantener un trabajo eficiente y sin desgaste excesivo. La figura 8 detalla este tipo de rozamiento. (Cedillo , 2014)

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

### Figura 8

*Rozamiento Entre Eje y Cojinete*



*Nota.* Tomada de (Cedillo , 2014)

Las superficies aun las consideradas pulidas son rugosas a escalas microscópicas, los picos de las dos superficies en contacto determinan el área real de contacto al área aparente de contacto, esta área real aumenta en base a como aumenta la presión ya que los picos se deforman. (Castillo, 2007)

**Pérdidas Mecánicas por Fricción.** Son originadas por el rozamiento entre las piezas móviles del motor las cuales se reducen considerablemente al dar uso de lubricante en el motor también es necesario la utilización de cojinetes de materiales específicos con bajos coeficientes de fricción o de desgaste. (Rovira de Antonio, 2015)

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

Las pérdidas mecánicas por fricción en porcentajes son mucho mayores a pérdidas por bombeo y por auxiliares siendo el 60 %. (Payri, 2015)

Toda la potencia que se pierde debido a la degradación de energía mecánica por fricción de superficies rozantes provoca la diferencia entre los parámetros indicados y los efectivos concretamente (Rovira de Antonio, 2015)

Es necesario precisar que las pérdidas mecánicas por fricción es decir por rozamiento degradan la energía mecánica cambiando la evolución del estado termodinámico del fluido lubricante dentro del motor reduciendo la potencia indicada (Rovira de Antonio, 2015)

Vale destacar que las pérdidas por fricción se disminuyen considerablemente al emplear lubricación y por la utilización de cojinetes de materiales específicos es decir elementos que se interponen entre estas piezas. (Rovira de Antonio, 2015)

Las partes donde existe más fricción en el motor son:

***Pistón - segmentos – cilindro.*** Debemos tomar en cuenta que en los pistones se tiene la existencia de piezas denominadas segmentos que permite que el juego con el cilindro sea más reducido y de superficie de contacto menor. (Payri, 2015)

En este conjunto actúan una serie de fuerzas que influyen en la fricción las cuales son la tensión elástica de los segmentos, la fuerza ejercida por presión de los gases, la fuerza inercial, el porcentaje de fricción es entre 50% a 70%. (Ingeniero Marino, 2016)

El pistón en su movimiento ascendente y descendente se inclina formando una cuña de aceite tanto en el pistón como en las superficies laterales por lo que se puede decir que es

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

fricción hidrodinámica salvo en los puntos muertos ya que debido a la baja velocidad del pistón en estos puntos dando paso a una lubricación límite (Rovira de Antonio, 2015)

***Cojinetes de gorrón del sistema biela – manivela.*** Las fuerzas ejercidas sobre los cojinetes varían de acuerdo de la carga inerciales y la presión de los gases, la pérdida por fricción es entre 20% a 30%. (Ingeniero Marino, 2016)

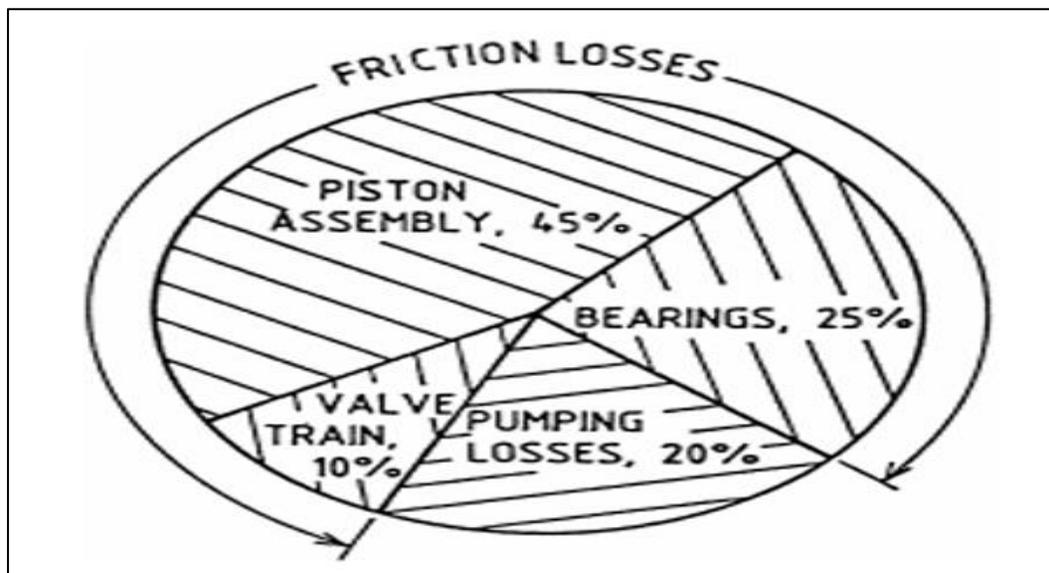
***Distribución.*** El tren de distribución está sometido a cargas proporcionales al régimen de giro, a bajo régimen las cargas son ejercidas por los muelles de las válvulas mientras en un alto régimen son ejercidas por las cargas inerciales esto ocasiona que las pérdidas por fricción sean un 10% a 20%. (Ingeniero Marino, 2016)

La figura 9 muestra la distribución de las pérdidas mecánicas en un motor de combustión interna, mostrando a través de porcentajes las áreas donde se genera mayor fricción en operación. (Jimenez at el. 2021)

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

### Figura 9

*Distribución de Pérdidas Mecánicas en un Motor de Combustión Interna*



*Nota.* Tomada de (Jimenez et al. 2021)

La lubricación de la válvula de escape por su elevada temperatura es especialmente crítica siendo comúnmente límite la lubricación. (Rovira de Antonio, 2015)

Podemos llegar a una conclusión que los factores que afectan a la pérdida mecánica por fricción son por el régimen de giro la cual tienen una importancia sobre las pérdidas de fricción ya que al aumentar estas aumentan las fuerzas de inercia y por tanto la fuerza de fricción, al aumentar disminuye el rendimiento mecánico y en consecuencia de ello aumenta el consumo de combustible (Rovira de Antonio, 2015)

El lubricante es otro factor esencial en las pérdidas mecánicas por fricción en este caso la viscosidad al momento de que esta aumenta causa pérdida por fricción, esta viscosidad está determinada por: (Rovira de Antonio, 2015)

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

- Las características que tiene el lubricante
- El efecto que tiene la temperatura del refrigerante sobre la temperatura interna del motor pues esta debe tener una temperatura adecuada no muy elevada para evitar su degradación y no muy baja para que no aumente la viscosidad (Rovira de Antonio, 2015)

Como solución para las pérdidas mecánicas por fricción es la optimización del factor de fricción mediante una lubricación correcta eligiendo de manera óptima las propiedades que le lubricante dispone (Rovira de Antonio, 2015)

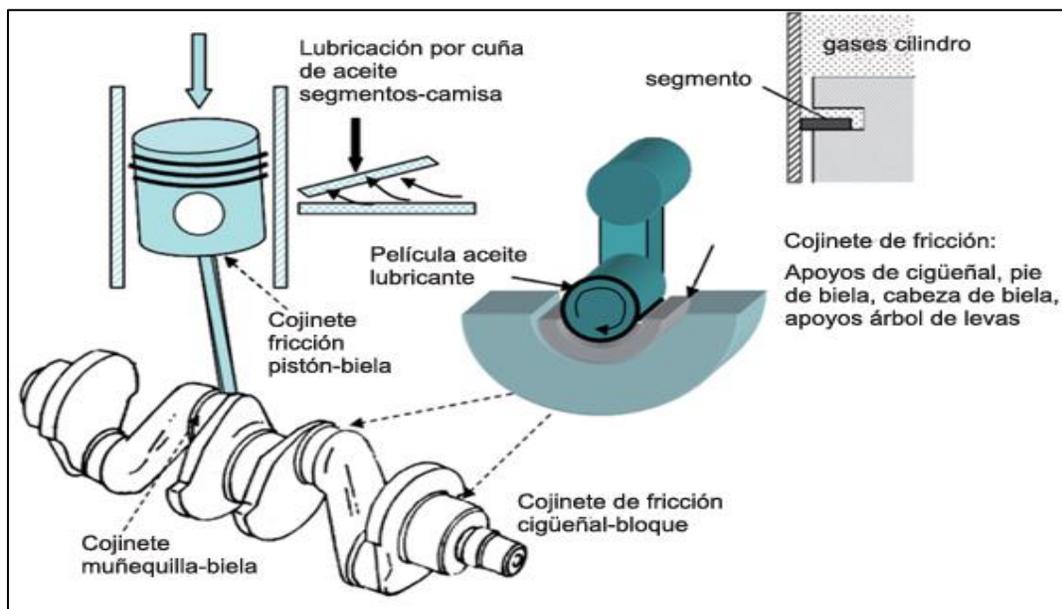
Reducir las cargas sobre los elementos aligerando las piezas móviles fabricando pistones de faldas cortas reduciendo el número de segmentos y la tensión radial (Rovira de Antonio, 2015)

La figura 10 detalla los elementos mecánicos que tienden a sufrir mayores pérdidas mecánicas por fricción ubicando las zonas más críticas en su diseño. (Rovira de Antonio, 2015)

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

**Figura 10**

*Pérdidas Mecánicas por Fricción*



*Nota.* Elementos y localización de piezas en el motor que sufren pérdidas mecánicas por fricción.

Tomada de (Rovira de Antonio, 2015)

**Desgaste**

El desgaste se define como una pérdida de material de los dos cuerpos que se encuentran en rozamiento la cual se manifiesta a través del desprendimiento del material de las zonas que se encuentran en contacto. (Collaguazo, 2021)

Daño deterioro o deformación que sufre un material tras varias condiciones de trabajo, en varios casos se puede ver afectada la subsuperficie. (Lopez, 2019)

El desgaste puede verse afectado por diferentes factores:

- Cargas aplicadas

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

- Temperaturas de trabajo
- Medio ambiente
- Geometría de los cuerpos
- Movimientos presentes

El fenómeno de desgaste se muestra de las siguientes maneras:

**Desgaste adhesivo.** Este desgaste se presenta por el contacto metal – metal y se da cuando no hay existencia o muy poca de lubricante entre las superficies móviles y las fijas, normalmente suceden en parada y arrancadas donde existen muy poca cantidad de lubricante. (Collaguazo, 2021)

El desgaste adhesivo en los motores se suele presentar en todos los frotamientos estén estos lubricados o no, el rompimiento de la película ocurre en la zona del punto muerto superior e inferior ya que no se puede garantizar durante todo el proceso el mismo grosor de la película del lubricante en la zona pistón – segmento – camisa. (Losada, s.f)

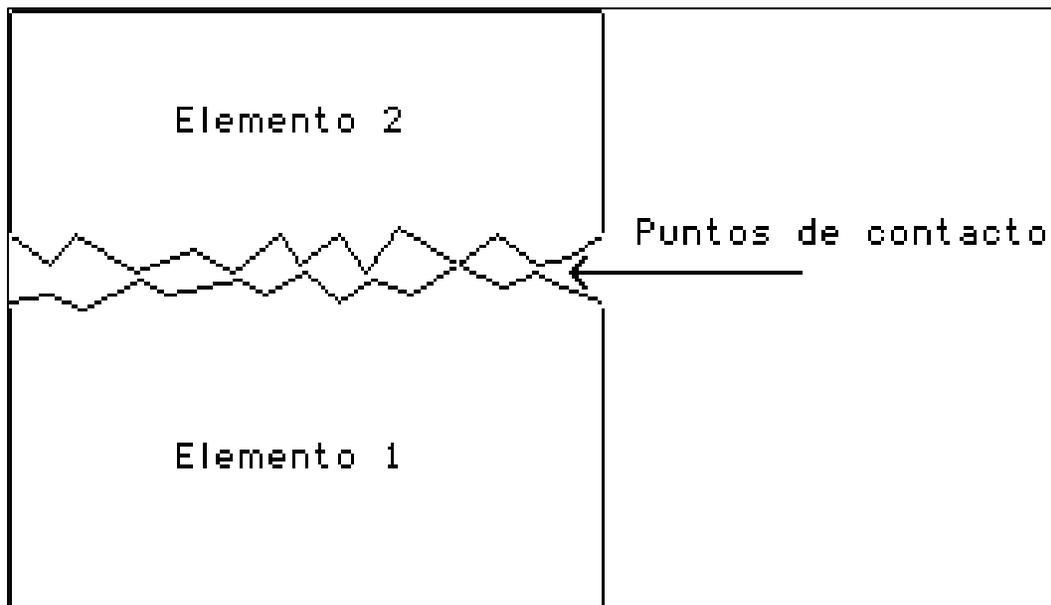
En el punto muerto superior se agravan estas condiciones debido por la presión existente en la cabeza del pistón en el proceso de combustión, estas extremas presiones que ocurren en el motor influyen para que exista un desgaste adhesivo en zonas de las levas, vástagos, empujadores. (Losada, s.f)

La figura 11 ilustra el desgaste adhesivo ocurrente por contacto metal – metal sin lubricación adecuada. (Castillo F. , 2007)

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

### Figura 11

*Desgaste Adhesivo*



*Nota.* Tomada de (Castillo F. , 2007)

**Desgaste abrasivo.** Desgaste ocasionado por materiales extraños en el lubricante o desprendimiento de partículas duras, conocido como abrasión al desgaste ocasionadas por partículas duras que penetran la superficie ocasionando deformaciones plásticas. (Collaguazo, 2021)

El desgaste abrasivo puede llegar a generar un desgaste erosivo reconocido como surcos, rayones, cavidades, y falta de material. (Lopez, 2019)

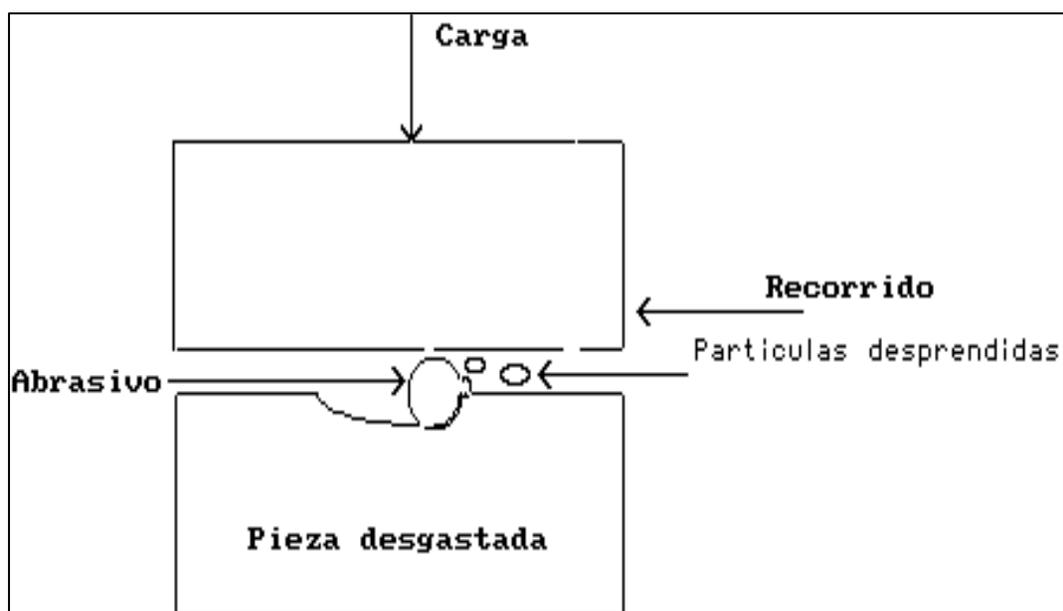
En el caso de partículas duras se pueden encontrar entre las dos superficies la móvil y la fija o incrustarse en cualquier superficie, este tipo de desgaste se lo puede encontrar en seco o en piezas con lubricación (Castillo F. , 2007)

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

Estos agentes extraños en el aceite ocasionan deformaciones plásticas y rayones en las superficies de contacto como se ilustra en la figura 12. (Castillo F. , 2007)

### Figura 12

#### *Desgaste Abrasivo*



Nota. Tomada de (Castillo F. , 2007)

**Desgaste por fatiga.** Se dan por esfuerzos cíclicos de tensión, compresión y esfuerzos cortantes sobre la superficie, estas agrietan la superficie provocando picaduras y escamas.

(Collaguazo, 2021)

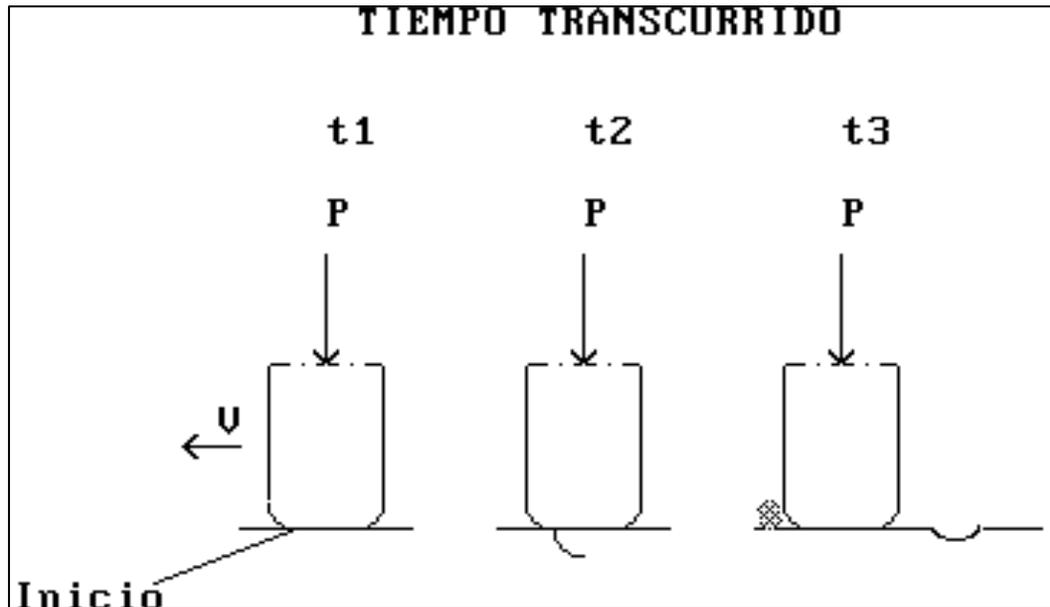
Este término se ha utilizado para encontrar fallas en contactos lubricados como rodamientos, engranes, levas etc. (Lopez, 2019)

Estos esfuerzos cíclicos generan grietas y desprendimientos en la superficie. Este tipo de desgaste esta ilustrada en la figura 13. (Castillo F. , 2007)

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

**Figura 13**

*Desgaste por Fatiga*



*Nota.* Tomada de (Castillo F. , 2007)

**Desgaste erosivo.** Genera pérdidas en la superficie por partículas abrasivas suspendidas en el lubricante. (Lopez, 2019)

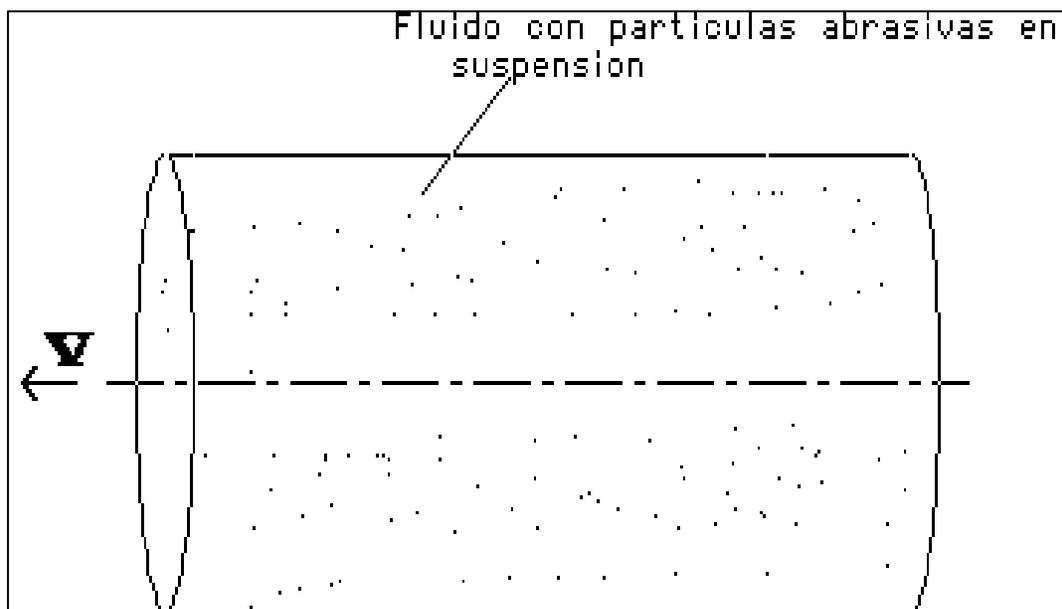
Se denomina erosión abrasiva cuando el movimiento de las partículas es paralelo a la superficie erosionada mientras que se denomina bajo impacto cuando el movimiento es perpendicular al área erosionada. (Lopez, 2019)

El desgaste erosivo genera pérdida por las partículas abrasivas suspendidas en un fluido genera pérdidas en las superficies. La figura 14 ilustra este tipo de desgaste. (Castillo F. , 2007)

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

### Figura 14

*Desgaste Erosivo*



*Nota. Desgaste erosivo debido a la acción de un fluido con partículas abrasivas en suspensión.*

*Tomada de (Castillo F. , 2007)*

**Desgaste corrosivo.** Se presenta en equipos industriales por dejar aceite más tiempo del recomendado permitiendo la corrosión de la superficie por ácidos generando cráteres.

(Collaguazo, 2021)

**Desgaste por cavitación.** Se da por la formación de burbujas por el cambio de presión del lubricante esto permite la presencia de picaduras en la superficie acompañado de ruidos y vibraciones. (Collaguazo, 2021)

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

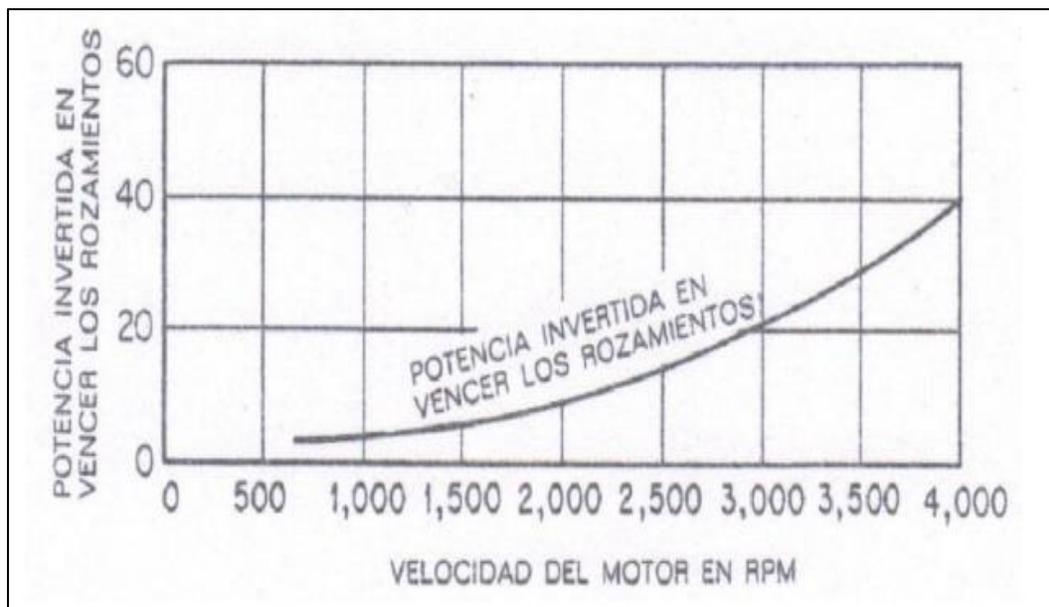
**Desgaste por corrientes eléctricas.** Desgaste ocasionado por el paso de corrientes eléctricas en la superficie, por conexiones malas a negativo o corrientes parasitas en piezas rotatorias. (Collaguazo, 2021)

En un motor el rozamiento es tipo viscoso, pero en el caso que sea nula la existencia de lubricación existiría un rozamiento seco o graso generando perdida de potencia considerable, la cual se obtiene de la potencia útil del motor para poder vencer el rozamiento. (Cedillo , 2014)

La figura 15 ilustra la variación de la potencia absorbida por rozamiento en función a la velocidad del motor, destacando el consumo de potencia útil. (Cedillo , 2014)

### Figura 15

*Variación de la Potencia Absorbida por Rozamiento en Función a la Velocidad del Motor*



*Nota.* Curva de potencia absorbida por rozamiento donde el consumo de potencia útil es de 40 HP al 4000 rpm. Tomada de (Cedillo , 2014)

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

### ***Lubricantes***

La sustancia interpuesta entre las superficies para conseguir evitar la fricción y el desgaste se llama lubricante la cual puede encontrarse en diferentes fases tales como sólida, líquida o gaseosa. (Payri, 2015)

Cuando el lubricante se encuentra en estado sólido se lo conoce como lubricación sólida y en el caso de líquida se le denomina lubricación fluida, esta última es el método empleado actualmente en los motores de combustión interna. (Payri, 2015)

Para la operación del motor de combustión interna bajo condiciones ideales y larga vida útil se incorpora un sistema de lubricación cual se encarga que todas las piezas que estén en movimiento y fijas dentro del motor estén cubiertas de lubricante con la finalidad de reducir esfuerzos, fricción y desgastes. (Cedillo , 2014)

Para el funcionamiento óptimo del motor es necesario de otros sistemas parte del proceso como el caso del sistema de lubricación. (Collaguazo, 2021)

El propósito de la lubricación es interponer un agente lubricador entre las piezas con el objetivo de reducir el rozamiento y temperatura de los elementos en contacto. (Ingeniero Marino, 2016)

Las características constructivas de los elementos mecánicos dependen de un agente lubricante para la tarea que ejercen ya que a pesar de las construcciones que se hacen en base a una rugosidad adecuada se da micro irregularidades al existir una fuerza que se opone al desplazamiento de los componentes (Guerrero, 2016)

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

Se comprende por lubricación todo medio que tiene por objetivo la reducción de fricción y desgaste. (Bielsa, 2022)

Las partes móviles y fijas del motor deben encontrarse totalmente lubricadas lo cual le corresponde al sistema de lubricación el cual tiene como objetivo suministrar aceite creando una película entre las piezas móviles y las partes fijas del motor para reducir significativamente la fricción, temperatura y proteger el motor de la corrosión. (Collaguazo, 2021)

**Tipos de lubricación.** Los diferentes tipos de lubricación se clasifican en base al desplazamiento del lubricante por el sistema o elemento (Ingeniero Marino, 2016)

***Lubricación estática.*** Este tipo de lubricación se da en elementos donde el desplazamiento del lubricante es nulo es estático esto se da en elementos como rodamientos que utilizan de lubricación grasa que forma un conjunto con el mecanismo (Ingeniero Marino, 2016)

Este tipo de lubricación consiste en el uso de grasas semisólidas para proteger los elementos tales como rodamientos, donde no existe movimiento del lubricante como podemos observar en la figura 16. (Ingeniero Marino, 2016)

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

### Figura 16

*Lubricante Estático*



*Nota.* Aplicación de grasa semisólida en rodamiento. Tomada de (Ingeniero Marino, 2016)

***Lubricación dinámica.*** En este el lubricante desarrolla un movimiento para poder llegar a lubricar de manera íntegra todo el sistema donde se encuentra aquí observamos diferentes categorías en función a su movimiento (Ingeniero Marino, 2016)

***Lubricación por barboteo o salpicadura.*** Este tipo de lubricación utiliza el mecanismo del sistema para poder impulsar el aceite sobre los elementos, suele venir acoplado con impulsores de aceite llamados “cucharillas” este sistema de lubricación no es precisa por lo cual no puede tolerar grandes cargas (Ingeniero Marino, 2016)

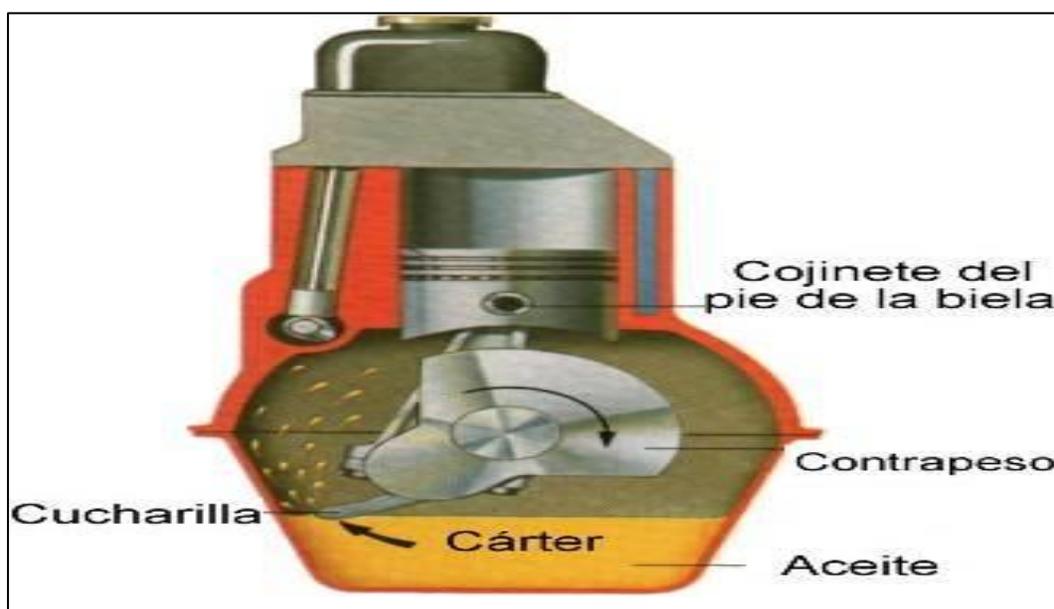
Este tipo de lubricación fue utilizado en vehículos antiguos los cuales presentaban problemas de excesivo consumo de aceite y falta de lubricación en ciertas zonas donde el aceite no llegaba dando paso al desgaste brindando un poco eficiencia al motor. (Collaguazo, 2021)

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

La lubricación por salpicadura aprovecha el movimiento de las piezas del motor para la distribución del aceite sobre los componentes, como se muestra en la figura 17. (Collaguazo, 2021)

### Figura 17

#### *Lubricación por Salpicadura*



*Nota.* Tomada de (Collaguazo, 2021)

**Lubricación a presión.** Sistema utilizado en la Automoción son conocidos como lubricación forzada ya que distribuyen el aceite a todas las partes del motor por medio de una bomba que impulsa el aceite a todos los puntos de lubricación en este encontramos dos tipos de lubricación a presión (Collaguazo, 2021)

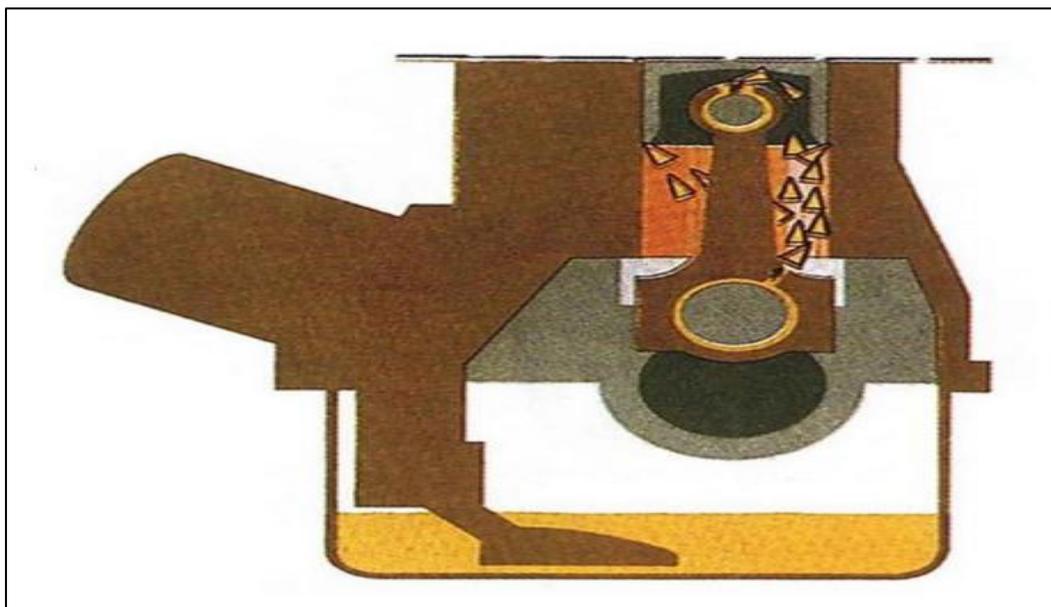
**Cárter húmedo.** Este sistema es el más utilizado en la parte Automotriz el aceite del cárter se suministra a través de una bomba llevándolo a través de conductos a las superficies o

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

elementos rozantes escurriéndose en los componentes volviendo al cárter por gravedad, La figura 18 muestra su funcionamiento. (Ingeniero Marino, 2016)

### Figura 18

*Lubricación Cárter Húmedo*



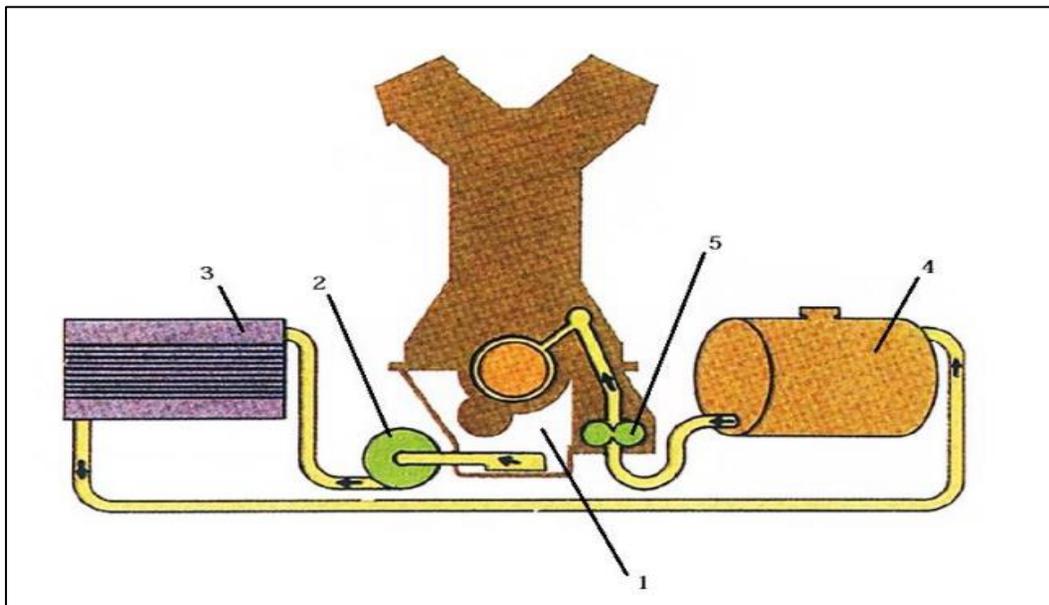
*Nota.* Tomada de (Cedillo , 2014)

***Cárter seco.*** En este caso el aceite no se aloja en el cárter este se escurre por el cárter pasando a ser acumulado en un depósito independiente del motor este por su manera de recolección del aceite consta de una bomba de evacuación del cárter que manda el aceite caliente hacia el radiador de refrigeración del aceite, la bomba de engrase la encargada de succionar el depósito de aceite general enviando a presión al lubricante hacia las zonas de engrase del motor, En la figura 19 muestra su funcionamiento. (Cedillo , 2014)

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

**Figura 19**

*Lubricación por Cárter Seco*



*Nota.* Sistema de funcionamiento lubricación cárter seco. Tomada de (Cedillo , 2014)

**Lubricación hidrodinámica.** Para evitar el contacto metal con metal se crea una película de aceite que crea un colchón de oleo manteniendo una separación entre piezas soportando los esfuerzos mecánicos que se generan entre el cojinete evitando así el roce, esta presión que se genera no es a través de una bomba es por el movimiento existente de las piezas en movimiento el cual va arrastrando el líquido lubricante (Collaguazo, 2021)

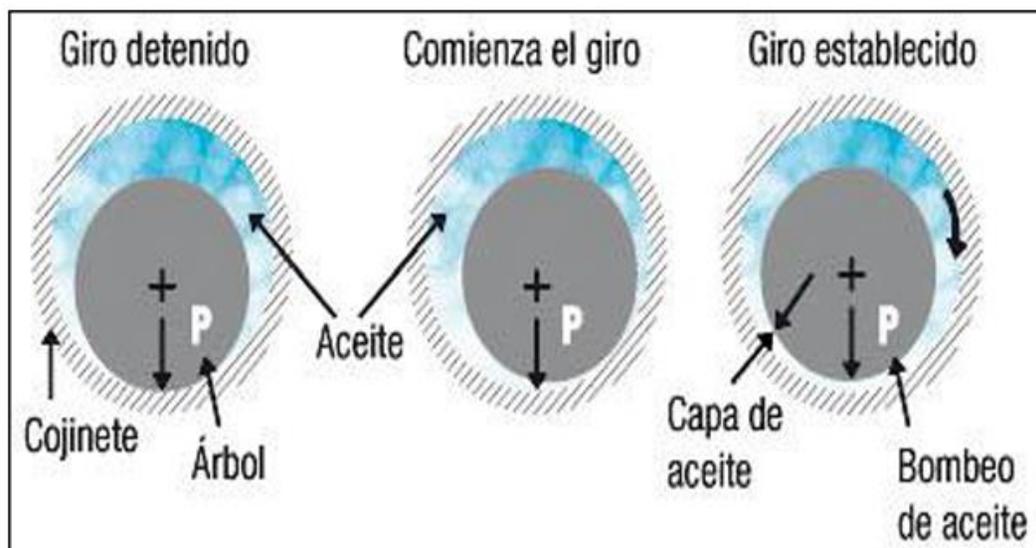
Esta película que se genera proporciona estabilidad al sistema este tipo de lubricación se basa a una película gruesa, fluida, perfecta y completa (Castillo F. , 2007)

En el fenómeno de la lubricación hidrodinámica es importante la distribución axial de las presiones que se generan (Leonetti , 1989)

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

**Figura 20**

*Lubricación hidrodinámica*



Nota. Tomada de (Castillo F. , 2007)

**Lubricación marginal o límite.** El lubricante es desplazado a un mayor nivel que pueden hacer un contacto directo por lo que necesitaría un aditivo o sustancia extra que logre reducir el desgaste provocado por la fricción (Castillo, 2007)

Esto puede suceder por caída de la velocidad, aumento de carga o disminución del caudal de aceite teniendo una lubricación hidrodinámica pasando a una marginal esta película que se crea es delgada, imperfecta (Castillo, 2007)

Esto también suele suceder por las características del lubricante las cuales son muy pobres causando problemas tales como desgaste, aumento de temperatura, pérdida de potencia y ruido (Guerrero, 2016)

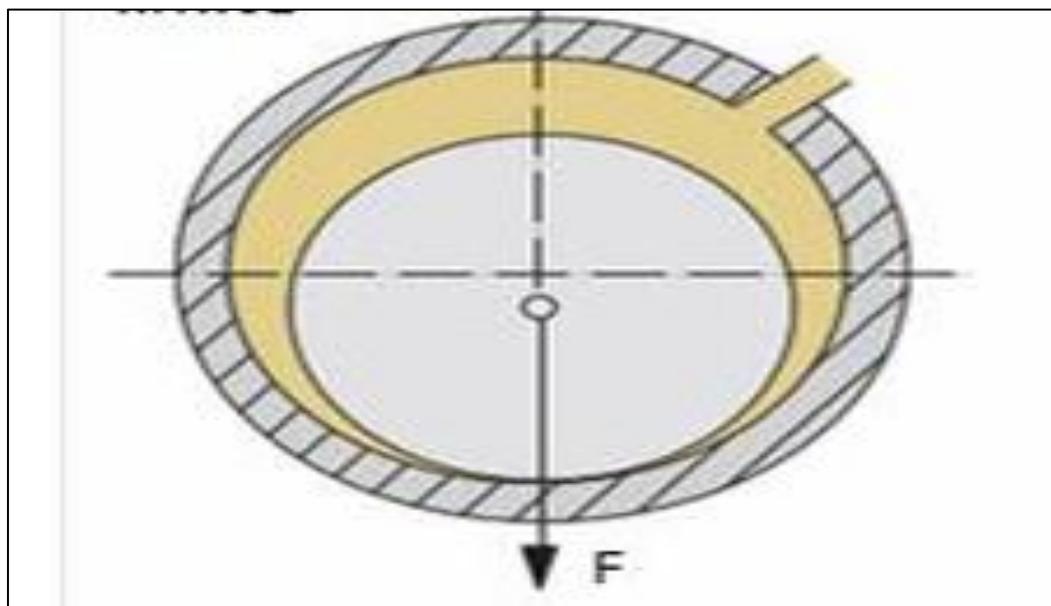
Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

En este punto juega un papel importante las propiedades moleculares del lubricante el cual mantiene la película en un espesor variante de 1mm y 10mm (Castillo F. , 2007)

Este fenómeno ocurre cuando la película es muy delgada dando paso a un contacto parcial entre las superficies metálicas en movimiento. En la figura 21 se ilustra este fenómeno. (Guerrero, 2016)

### Figura 21

*Lubricación Marginal o Limite*



*Nota.* Tomada de (Guerrero, 2016)

Las superficies que se encuentran en contacto suelen deformarse lo que causa que la película de engrase que se encuentra atrapada sea producida mediante una lubricación hidrodinámica microscópica la cual sus valores pueden estar menor a 1mm (Guerrero, 2016)

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

Este tipo de lubricación o de proceso medio se llama Elasto-Hidrodinamica la cual es la lubricación producida por elementos que se encuentran cargados, por ello la deformación de las piezas metálicas influyen en la formación de la película del lubricante por la presión existente (Guerrero, 2016)

La curva stribeck describe la relación entre el coeficiente de fricción ( $f$ ) y el número de Hersey el cual es un número adimensional como se observa en la ecuación 1.

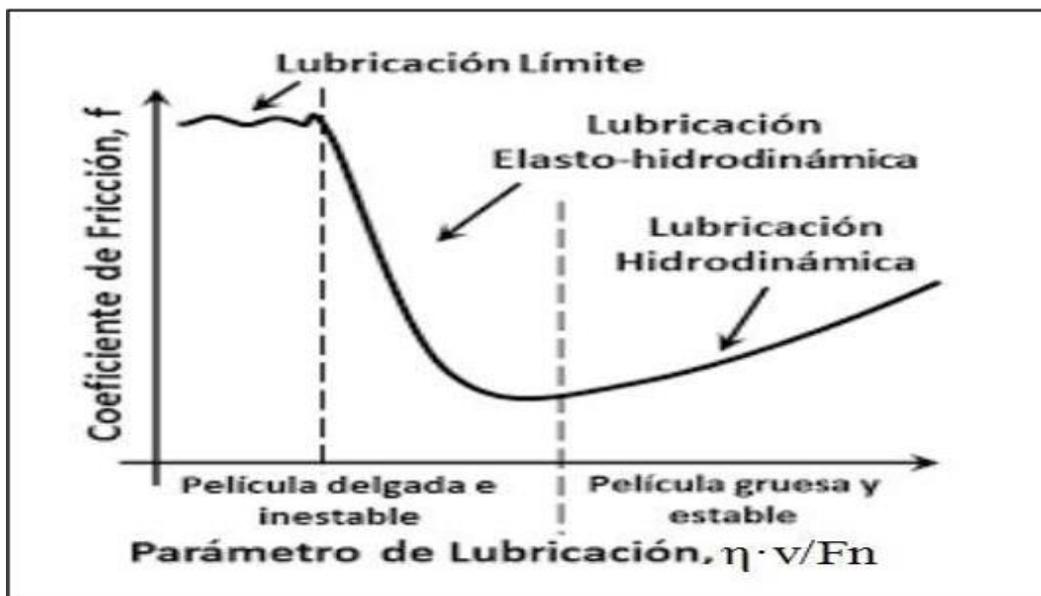
$$H = n \cdot V / P \quad (1)$$

Donde:  $n$  es la viscosidad dinámica del lubricante (Pa-s)  $V$  la velocidad relativa de las superficies de contacto (m/s) y  $P$  la carga normal por unidad de área (Pa o  $N/m^2$ ) en el caso de la figura 22 se trabaja con la fuerza normal (N) ya que no estamos calculando con precisión el área de contacto exacta facilitando la construcción de modelos experimentales. (Guerrero, 2016)

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

**Figura 22**

*Curva Stribeck*



*Nota.* De acuerdo con los parámetros de lubricación el coeficiente de fricción aumenta. Tomada de (Guerrero, 2016)

Aparte de que el lubricante lubrica y refrigera las piezas del motor este también tiene otras funciones como sellante entre sus funciones básicas (Padilla, 2013). Un lubricante se caracteriza por su coeficiente de fricción cercana a cero y que genere el mínimo de calor posible. (Ingeniero Marino, 2016)

### ***Aceites Lubricantes***

Los aceites lubricantes están compuestos 75 % de base, que es la refinación del crudo del petróleo y 25 % de aditivos de acuerdo a su base se los puede clasificar (Moran, 2015)

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

Los aceites lubricantes a base de petróleo componen el 80 a 90 % de destilados de hidrocarburos de petróleo y un 10 a 20 % aditivos, utilizados para la lubricación de motores de combustión interna (Collaguazo, 2021)

**Aceites bases.** Los aceites bases provienen del refinado del petróleo o de reacciones petroquímicas estos se dividen o se los conoce como aceites minerales y aceites sintéticos (Arias, 2013)

**Aceites minerales.** Son aquellos aceites cuya base es el petróleo ya que este tiene diferentes componentes para su uso, el crudo parafínico es el ideal para la elaboración de aceites lubricantes (Moran, 2015)

Los aceites minerales están compuestos por tres tipos de compuestos tales como parafínicos, nafténicos, aromáticos siendo los compuestos parafínicos el 60 a 70 % más utilizados por ser el compuesto con mejores propiedades para la lubricación a pesar de que los compuestos nafténicos y aromáticos tienen propiedades de las cuales no tienen las parafinas como comportamiento a bajas temperaturas, disolución a mayor grado. (Arias, 2013)

La tabla 1 muestra un resumen de las propiedades físicas que tienen los aceites minerales donde se diferencia los compuestos parafínicos, nafténicos y aromáticos, Estos datos permiten analizar el impacto de estos compuestos del aceite en su rendimiento dentro del motor en el área de reducción de fricción y disipador de calor. (Moreno, s.f)

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

**Tabla 1**

*Propiedades Físicas de Aceites Minerales*

<b>Sustancia</b>	<b>Viscosidad a 100°C (cst)</b>	<b>Densidad Relativa</b>	<b>Índice de Viscosidad</b>	<b>Punto de Inflamación (°C)</b>	<b>Punto de congelación (°C)</b>
Parafina	7,8	0,842	98	156	-15
Naftenos	19	0,860	103	200	-15
Aromáticos	30	0,870	105	208	-9

*Nota.* Tomada de (Moreno, s.f)

La tabla 2 presenta la composición base de los aceites minerales, al ser esta composición importante en las propiedades de viscosidad, estabilidad térmica y capacidad de lubricación se detalla el porcentaje en peso de los hidrocarburos parafínicos, nafténicos y aromáticos comprendiendo como las características químicas del aceite influyen en el motor. (Wills, s.f)

**Tabla 2**

*Composición Base de Aceite Lubricante*

<b>Tipo de sustancia</b>	<b>Hidrocarburos</b>	<b>Porcentaje en Peso</b>
Parafina	Alcanos	45-76%
Naftenos	Ciclo Alcanos	13-45%
Aromáticos	Aromáticos	10-30%

*Nota.* Tomada de (Wills, s.f)

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

**Aceites sintéticos.** Son aceites los cuales han sido formulados e intervenidos en su preparación sea para su mejora o corrección con el fin de dar mayores propiedades al aceite (Egas, 2014)

Estos no provienen del crudo del petróleo ya que son elaborados en base a derivados del petróleo siendo su elaboración más compleja que los aceites minerales, pero presentando mayores ventajas como la temperatura de operación en la que estos pueden trabajar como su oxidación y resistencia (Arias, 2013)

Hay lubricantes cuales llevan un cierto porcentaje de sintético eso se le conoce como “blend” la mezcla entre petróleo y sintético (Egas, 2014)

Los principales compuestos a usar en la formulación de aceites sintéticos son los:

**Hidrocarburos.** Sintéticos cuales se obtienen del monóxido de carbono e hidrogeno a través del proceso Fisher-Tropsch siendo que no proceden del petróleo conteniendo rango de cadenas de hidrocarburos perfectamente definidos (Moreno, s.f)

**Polialfaolefinas.** Son hidrocarburos puros sin contenido de azufre, fosforo, ceras o metales las desventajas que contiene son un bajo poder solvente de aditivos, limitada resistencia a la oxidación tiende a disolver sellos y mangos de goma (Moreno, s.f)

**Diésteres.** Nacen de la reacción de di-acidos orgánicos con alcoholes, presentan una excelente fluidez a bajas temperatura y puntos de congelamiento bajos tiene un alto índice de viscosidad y una estabilidad térmica dentro de estos márgenes tienen desventajas tales como su alto poder disolvente de aditivos, resistencia al oxidamiento baja y tiende a disolver sellos y mangos de goma (Moreno, s.f)

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

***Poliol-ésteres.*** Generados a partir de la reacción de mono-ácidos con cadenas de 5 a 10 carbonos con poli-alcoholes, algunas variedades de estos son biodegradables entre sus desventajas es su alto poder disolvente tendiendo a alterar sellos mangos de goma pinturas con mayor facilidad que los diésteres (Moreno, s.f)

***Ésteres fosfatados.*** Se obtienen a través de la reacción de fenoles sustituidos con ácido fosfórico las cuales tiene una estabilidad térmica y resistencia al fuego, su densidad es mayor al agua por lo cual una contaminación en el lubricante saldría a flote presentan un bajo índice de viscosidad y son tóxicos a niveles altos (Moreno, s.f)

El grupo de aceites sintéticos Diésteres, Polioli-ésteres, Esteres fosfatados producen un mayor hinchamiento de los sellos por ello para dar uso de este aceite es necesario tomar en cuenta el diseño de los componentes para asegurar la compatibilidad entre el aceite y los sellos (Padilla , 2013)

***Poliglocoles.*** Son sintetizados a partir de la adición de óxido de etileno, iniciadores que contienen oxígeno como alcohol y un glicol o un éter este grupo de lubricantes tiene buenas propiedades lubricantes gracias a su naturaleza polar así mismo una baja generación de lodos ya que se descomponen a altas temperaturas siendo el principal componente para el líquido de frenos (Moreno, s.f)

***Siliconas.*** Son fluidos específicos formados por cadenas de átomos de oxígeno y silicio tienen un elevado índice de viscosidad no son tóxicos (Moreno, s.f)

La tabla 3 muestra las propiedades físicas de diferentes aceites sintéticos comparando parámetros claves como la viscosidad a 100°C, densidad relativa, índice de viscosidad punto de

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido

provocado experimentalmente de baja cilindrada

inflación y de congelación permitiendo evaluar el rendimiento de estos aceites y su idoneidad en diferentes condiciones de operación para el uso en motores de combustión interna. (Moreno, s.f)

**Tabla 3**

*Propiedades Físicas de Aceites Sintéticos*

<b>Sustancia</b>	<b>Viscosidad a 100°C (cst)</b>	<b>Densidad Relativa</b>	<b>Índice de viscosidad</b>	<b>Punto de inflamación (°C)</b>	<b>Punto de congelamiento (°C)</b>
Polialfaolefina	18,12	0,870	126	221	-79
Diéster	19,6	0,955	176	232	-51
Poliol éster	15,0	0,975	135	232	-51
Poliglicol	50	1,01	150	177	-55
Éster	6,7	1,02	90	220	-80
Fosfatados					

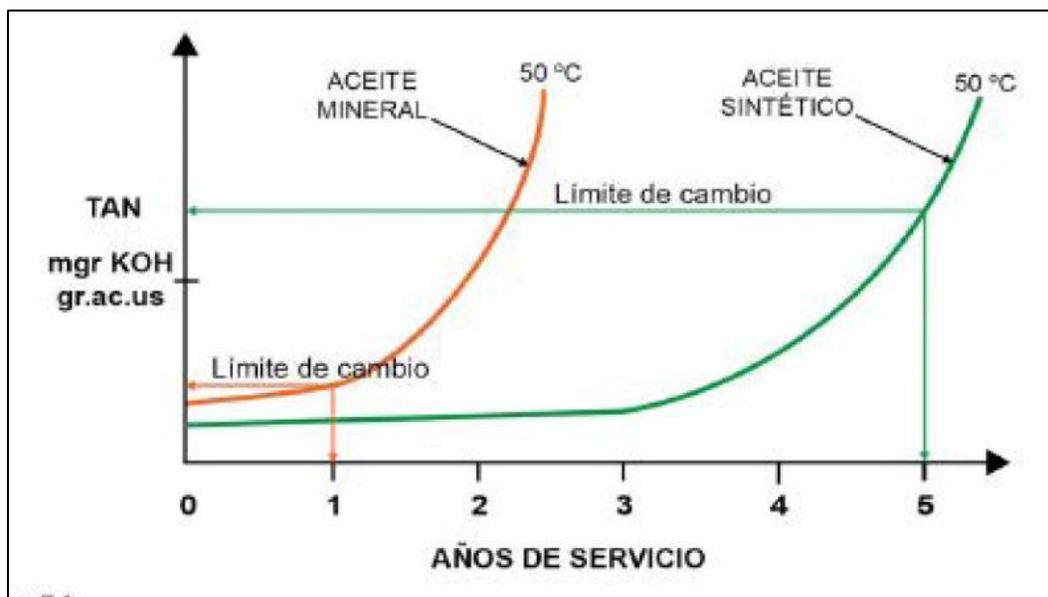
*Nota. Tomada de (Moreno, s.f)*

Haciendo un análisis comparativo podemos deducir que los aceites sintéticos pueden dar mejores beneficios que los aceites minerales ya que por su composición mantienen más estable la viscosidad del aceite soportando altas temperaturas sin descomponerse y una mayor resistencia a la oxidación. La figura 23 ilustra ambos tipos de lubricantes bajo las mismas condiciones experimentales (Albarracin , 2015)

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

**Figura 23**

*Gráfico Comparativo Entre Aceite Sintético y Mineral*



*Nota.* El aceite mineral se oxida más rápido que el sintético en las mismas condiciones. Tomada de (Albarracin , 2015)

### ***Propiedades de los Lubricantes.***

Los lubricantes tienen una serie de características algunas que son en función para su clasificación de aceites y grasas, pero dada su naturaleza no todas las características son aplicables por los distintos tipos de lubricantes (Viteri et al. 2011)

**Color y fluorescencia.** El color de los aceites lubricantes varía de negro opaco a transparente claro esta variación de los colores resulta por la diferencia en los petróleos crudos, viscosidad, grado y método de tratamiento en la refinación y la naturaleza y cantidad de los aditivos usados, este no define el desempeño del aceite (Viteri et al. 2011)

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

Actualmente el color del aceite da muy poca información sobre sus características ya que se puede modificar con aditivos, antiguamente era un indicativo del nivel de refinado de este y del origen del crudo de acuerdo a su fluorescencia (Viteri et al. 2011)

**Aditivos.** Son los compuestos químicos añadidos a los aceites base mejorando así sus propiedades, la cantidad de aditivos añadidos a los aceites no sobrepasa del 5% (Moreno, s.f)

Los aceites lubricantes no pueden por sí solos ofrecer toda la protección que un motor necesita (Peñañiel, 2017)

Estos se encargan de cumplir funciones tales como de proteger al lubricante de cambios químicos como la oxidación, proteger de productos resultantes de la combustión o de posibles fallas del combustible o lubricante (Peñañiel, 2017)

Si estos compuestos se los ingresa de forma excesiva puede tener efectos perjudiciales en el sistema de lubricación o en el caso de no ser compatibles con el aceite pueden reaccionar entre sí (Cedillo, 2014)

Los aditivos que se utilizan por sus propiedades son: antioxidantes, antidesgastantes, antiespumantes, anti herrumbre, detergentes o dispersantes (Peñañiel, 2017)

**Aditivos antioxidantes.** Contribuye a evitar el aumento de viscosidad así no exista el desarrollo de ácidos orgánicos y la formación de materiales carbonáceos esto se logra a través del uso de ditiofosfatos de zinc, sulfuros de fenato, aminas aromáticas, ésteres sulfurizados y fenoles obstaculizados (Padilla, 2013)

**Aditivos detergentes.** Minimizan los depósitos en las partes calientes del motor los puntos principales son pistones y segmentos manteniendo la carbonilla, lodos y demás insolubles en suspensión en el aceite evitando se aglutinen esto gracias al uso de sulfonatos unidos mediante

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

metales divalentes como el calcio o magnesio las cuales tambien presentan propiedades antioxidantes (Moreno, s.f)

***Aditivos antidesgastantes.*** Reducen la fricción formando una película sobre la superficie protegiendola de la corrosión (Padilla , 2013)

Su modo de protección se basa en crear una película que recubre los que se encuentran en contacto adheriendose con un nivel de fuerza para evitar que la fricción del movimiento lo remueva en su estructura se utiliza ZDDP (Moreno, s.f)

***Aditivos antiespumantes.*** Evita la formación de burbujas por la agitación existente por las piezas giratorias como el cigüeñal que giran a altas rpm, esta tendencia a formar espuma se debe a temperaturas bajas, viscosidad alta, presencia de agua o agitaciones y tensiones superficiales altas (Cedillo , 2014)

La espuma que se puede formar es perjudicial ya que el aceite tiende a rebosarse derramandose por los orificios de ventilación del carter o la interferencia de la cuña hidráulica que el aceite da a los cojinetes las sustancias que se utilizan para evitar esta formación de burbujas son las siliconas y copolímeros orgánicos (Cedillo , 2014)

***Aditivos antiherrumbre.*** Herrumbre es la formación de óxido en sobre la superficie de un metal sea de hierro o acero que se produce por acción del agua la cual puede venir del exterior o por la condensación de agua en casos cuando el vehículo realiza arranque y paradas frecuentes o cambios de temperatura en el ambiente por ello los aditivos antiherrumbre eliminan la humedad del agua de la superficie del cuerpo (Cedillo , 2014)

Forman un superficie polar adherente sobre las superficies metálicas las cuales ayudan a evitar la corrosión y a repeler el agua (Moreno, s.f)

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

### ***Densidad***

Es la relación existente entre la masa y el volumen del lubricante que se ocupa la cual se mide a una temperatura constante esta varia de acuerdo a su naturaleza (Moreno, s.f)

Los aceites de base parafina tienen menor densidad que los de base aromático o nafténico, la variación de la densidad de los aceites debe a su degradación por el uso del mismo o por contaminación que puede dar a un aumento o disminución de densidad (Moreno, s.f)

Existe una escala estipulada en la cual podemos definir la densidad de un aceite denominada densidad API los cuales muestran que a mayor grado API menor sera la densidad del aceite es decir por encima de 10 tendra una densidad superior al agua como base y los grados menor a 10 una densidad menor (Moreno, s.f)

Para poder definir las densidades de lubricantes se obtiene a partir de la ecuación 2:

$$API = \frac{141,5}{\rho} - 131,5 \quad (2)$$

Donde: API es la gravedad API (American petroleum Institute) del aceite medida adimensional que indica la densidad relativa en comparación con el agua  $\rho$  es la densidad del aceite ( $\text{g/cm}^3$ ) 141,5 es un coeficiente empirico para estandarizar la relación entre la densidad del aceite y su gravedad API 131,5 constante de corrección que ajusta la escala para que los valores API sean coherentes este valor se utiliza en base a la clasificación establecida por API (American petroleum Institute).

**Untuosidad.** Es la propiedad que representa mayor o menor adherencia de los aceites a las superficies metálicas (Viteri et al. 2011)

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

Gracias a sus características de untuosidad la película lubricante se adhiere a la capa metálica de la superficie móvil y a la capa metálica de la superficie fija, las demás capas se cizallan. (Albarracin , 2015)

**Basicidad/ Acidez.** En los aceites el grado de acidez se lo puede expresar por el número de neutralización el cual es la cantidad equivalente de miligramos de hidróxido de potasio (KOH) que se requiere para neutralizar el contenido de ácido en el lubricante (Payri, 2015)

El monitorizado de esta permite evaluar los cambios químicos que esta experimenta como consecuencia de su oxidación y en el caso de motores de combustión interna su contaminación por el proceso de combustión en los cuales hay mayor interés en aquellos que utilizan combustible de un mayor grado de azufre y como complemento la medida del nivel de basicidad, los parámetros utilizados para la medición de ácido existente es el índice de acidez total expresado como TAN (Total acid number) (Payri, 2015)

La reserva básica del aceite se lo expresa con las siglas TBN (Total Base Number) midiendo la capacidad de los aceites para neutralizar los ácidos que provienen de la combustión o de agentes externos, estos parámetros comúnmente se usa dentro de la industria automotriz, la reserva básica del aceite va ser mayor dependiendo del grado de contenido de azufre contenga el combustible ya que los compuestos ácidos formados serán mayor por la cantidad de azufre existente (Payri, 2015)

La existencia de ácido en el aceite es de dos tipos:

***Acidez mineral.*** Originaria por ácidos residuales del refino (Viteri et al. 2011)

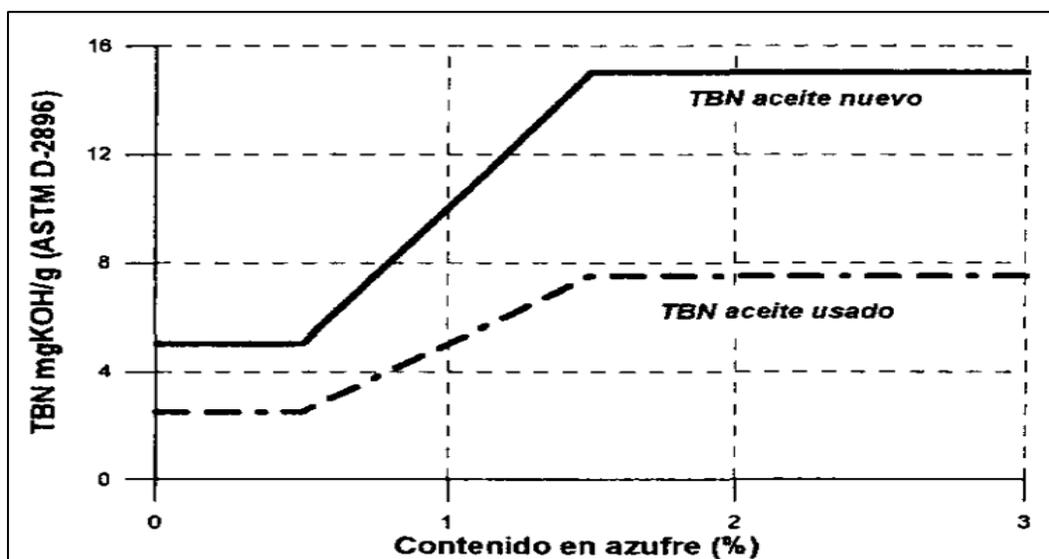
Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

**Acidez Inorgánica.** Originaria de productos de la oxidación y los aditivos (Viteri et al. 2011)

Los niveles de TBN en aceites nuevos y usados se representan en la figura 24 proporcionando la información de los valores necesarios para garantizar una adecuada protección contra la acidez y oxidación en el sistema de lubricación. (Payri, 2015)

**Figura 24**

*Niveles de TBN*



*Nota.*

Niveles necesarios de TBN en aceites nuevos y admisible en aceites usados. Tomada de (Payri, 2015)

### **Viscosidad**

La viscosidad de los aceites sean estos industriales (ISO) o automotrices (SAE) y la consistencia de las grasas (NLGI) son los parámetros más importantes a tomar en cuenta ya que

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

estos junto con la temperatura de operación dependen del espesor de la película del aceite a usar. (Albarracin , 2015)

La viscosidad del aceite da paso a la lubricación de las piezas a través de la formación de una película de lubricante que está conformada por diferentes capas o laminillas en caso de aceites minerales las cuales se mantienen en desplazamiento unas con otras. (Albarracin , 2015)

La viscosidad es la propiedad física más importante y fundamental que define a un aceite lubricante determinando el grosor o establecimiento de la capa de lubricación en el caso que se utilice un aceite excesivamente viscoso para los requerimientos del sistema las pérdidas mecánicas aumenta debido a un incremento de rozamiento y en caso de utilizar un aceite de una viscosidad baja para los requerimientos del sistema genera desgaste en las piezas por inexistencia de capa de lubricación (Moreno, s.f)

La viscosidad del lubricante puede verse afectada, de una parte, por su composición y estructura molecular de acuerdo a la base y aditivos que contenga esta y de esta manera las condiciones externas. (Albarracin , 2015)

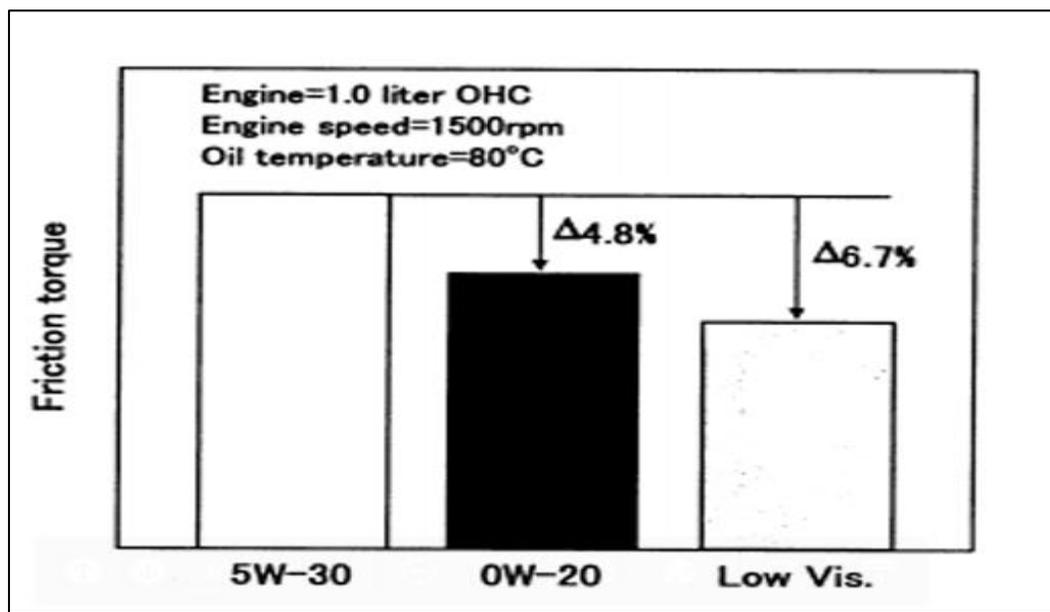
La temperatura es uno de los factores que más afecta, al momento que esta aumenta la viscosidad disminuye presentando un mayor estado de fluidez mientras que si la temperatura disminuye la viscosidad aumenta con un menor estado de fluidez. (Albarracin , 2015)

Se ilustra en la figura 25 la variación de la viscosidad del aceite en función de la temperatura, lo que permite analizar su estabilidad y desempeño en diferentes condiciones de operación. (Jimenez et al. 2021)

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

**Figura 25**

*Par de Fricción*



*Nota.* análisis de diferentes aceites de baja viscosidad y alta en comparativa analizando su par fricción. Tomada de (Jimenez et al. 2021)

La viscosidad se la define como el índice de resistencia que tiene un líquido al fluir relacionada con la fricción interna molecular, vale recalcar que la viscosidad se va encontrar afectada por la temperatura por ello debemos tomar en cuenta que temperaturas vamos a someter al lubricante (Moran, 2015)

**Viscosidad cinemática.** Resistencia de un fluido a fluir bajo la acción de la gravedad es decir la presión debida al peso del fluido está en función a la densidad aun así el tiempo que tarda un fluido en fluir es proporcional a su viscosidad dinámica esta se expresa como: (Viteri et al. 2011)

$$\text{viscosidad cinemática} = \frac{\eta}{\rho} \quad (3)$$

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

Donde: la viscosidad cinemática está expresada ( $m^2/s$ ) y  $\nu$  representa a la viscosidad dinámica del fluido (Pa-s o cP) mientras que  $d$  es la densidad del aceite ( $kg/m^3$  o  $g/cm^3$ )

**Viscosidad dinámica.** Fuerza necesaria para superar la fricción sobre un elemento que se desplaza y otro fijo con la interposición de un fluido (Guerrero, 2016)

Matemáticamente esta se expresa como el esfuerzo aplicado para mover una capa de aceite y el grado de desplazamiento conseguido (Guerrero, 2016)

### **Ley de Viscosidad de Newton.**

El primero en formular esta hipótesis fue el científico Sir Isaac Newton cual constituye el principio básico del movimiento viscoso laminar (Arias, 2013)

Arias (2013) ha afirmado lo siguiente:

“Que si consideramos dos placas paralelas de gran tamaño, separadas por una pequeña distancia ( $t$ ) y con el espacio entre ellas llena de fluido. Se supone que la placa superior a una velocidad constante ( $U$ ) al actuar sobre ella una fuerza ( $F$ ), también constante el fluido en contacto con la placa móvil se adhiere a ella moviéndose a la misma velocidad ( $U$ ) mientras el fluido en contacto con la placa fija permaneciera en reposo” (pág 4)

La fuerza ( $F$ ) varía con el área de la placa ( $A$ ), con la velocidad ( $U$ ) y con la separación ( $t$ ) (Arias, 2013)

$$F = k \frac{AU}{t} \quad (4)$$

Con mayor exactitud esta relación se puede expresar mediante la variación de velocidad como se observa en la ecuación 5:

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

$$F = \mu A \frac{du}{dy} \quad (5)$$

El esfuerzo cortante como la fuerza por unidad de área se expresa como se observa en la ecuación 6:

$$\tau = \frac{F}{A} = \mu \frac{du}{dy} \quad (6)$$

Donde  $du/dy$  representa el gradiente de velocidad en la dirección perpendicular al flujo.

Al expresar la fuerza en esfuerzo cortante definido como la fuerza por unidad.

$$\tau = \frac{F}{A} = \text{esfuerzo cortante} \quad (7)$$

Considerando que  $U/t$  es equivalente a  $du/dy$  se obtiene la siguiente relación.

$$\frac{U}{t} = \frac{du}{dy} \quad (8)$$

Al introducir la constante de proporcionalidad conocida como viscosidad absoluta o dinámica se obtendrá la ecuación 9 la cual se considera la ecuación fundamental.

$$\tau = \mu \frac{du}{dy} \quad (9)$$

La ecuación 9, es conocida como la ley de viscosidad de Newton la cual es exclusivamente para flujos laminares (Arias, 2013)

Tenemos dos diferentes tipos de líquido lubricante los Newtonianos y no Newtonianos.

### ***Líquidos newtonianos***

El esfuerzo de corte es directamente proporcional a la velocidad de deslizamiento lo cual permite que la viscosidad permanezca constante a cualquier temperatura y presión independientemente de la velocidad de deslizamiento, la mayoría de los aceites minerales son fluidos newtonianos. (Albarracin , 2015)

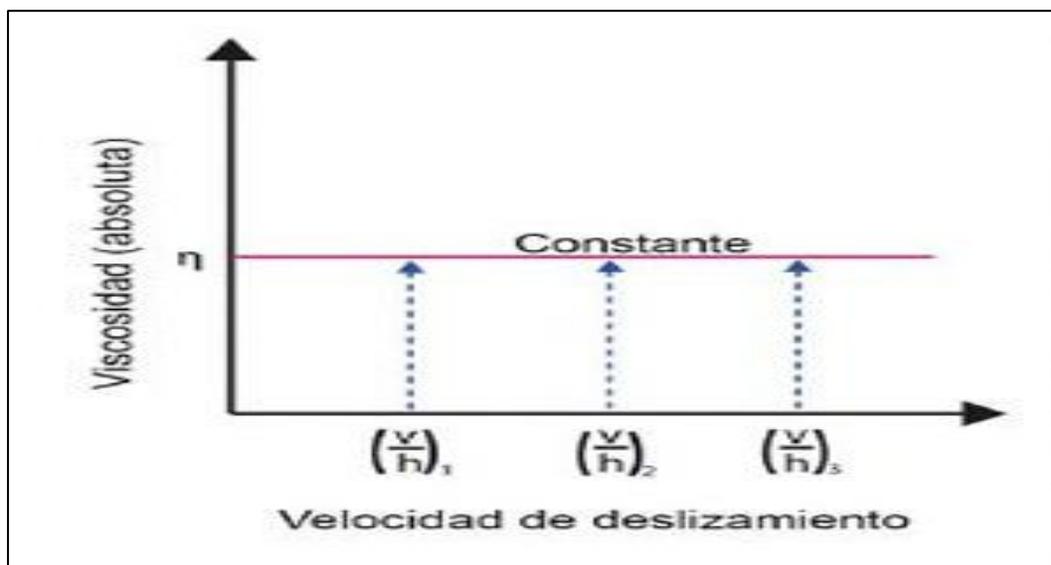
Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

Para cualquier valor la viscosidad absoluta no varía siendo el esfuerzo de cizallamiento directamente proporcional a la velocidad de deslizamiento (Albarracin , 2015)

En la figura 26 ilustra la relación entre viscosidad absoluta y la velocidad de deslizamiento en líquidos newtonianos donde se evidencia que la velocidad se mantiene constante independientemente del esfuerzo corte aplicado. (Albarracin , 2015)

**Figura 26**

*Viscosidad Absoluta en Función a la Velocidad de Deslizamiento*



*Nota.* Tomada de (Albarracin , 2015)

### ***Líquidos no newtonianos***

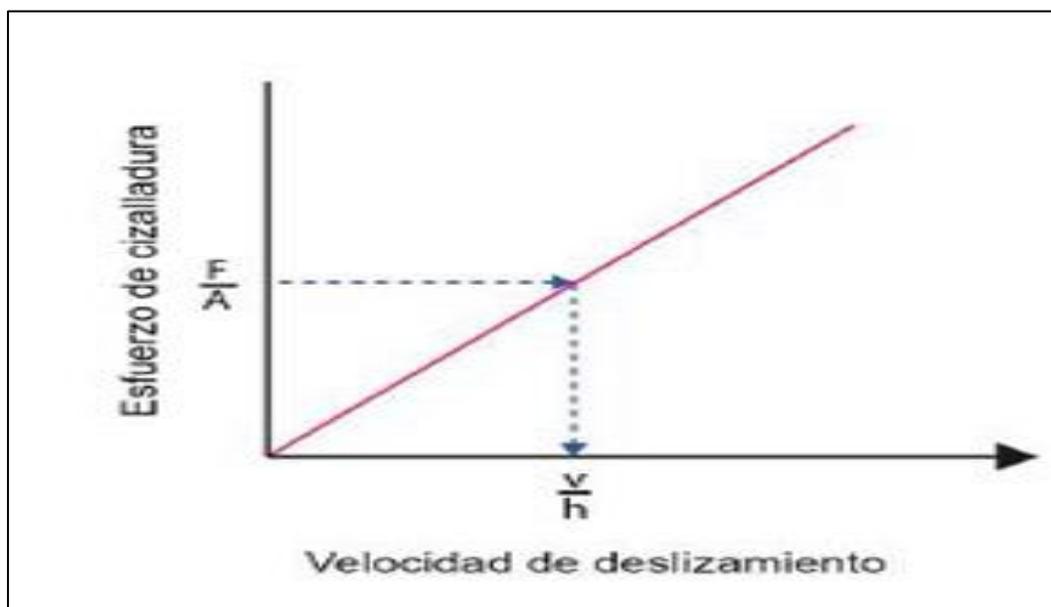
El valor de la viscosidad depende de la velocidad de deslizamiento, a este se le agrega ciertos materiales espesante como los polímeros por lo cual la viscosidad se ve afectada por estos agentes dependiendo de la velocidad de deslizamiento. (Albarracin , 2015)

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

Se presenta en la figura 27 la variación del esfuerzo de cizalladura en función a la velocidad de deslizamiento para líquidos no newtonianos, se evidencia como estos fluidos cambian su viscosidad bajo las diferentes condiciones de esfuerzo mecánico. (Albarracin , 2015)

### Figura 27

*Esfuerzo de Cizalladura en Función a la Velocidad de Deslizamiento*



*Nota.* Tomada de (Albarracin , 2015)

### Clasificación de los Aceites Lubricantes

Los aceites lubricantes se clasifican de tres maneras por su API, SAE que son:

#### *Clasificación SAE*

Clasificación según la norma de la *society of Automotive Engineers* quienes se dedican a clasificar el aceite por su viscosidad (Peñafiel, 2017)

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

Se recuerda que la viscosidad tiene una relación directa con la capacidad de lubricación del aceite, siendo esta la que define el grosor de la capa lubricante, la norma SAE J300 del sistema de clasificación de aceites de la Sociedad de Ingenieros Automotrices (SAE) categoriza los aceites de acuerdo a su viscosidad con un sistema de numeración (Diaz, 2010)

Esta clasificación define dos grupos de viscosidades 6 grados a bajas temperaturas o grados de invierno que están seguidas por la letra W (Winter) y 5 grados de viscosidades a temperaturas altas o grados de verano que se identifican con un solo número, los grados de viscosidad son expresados en cSt (centi-stokes) y medidas a 100°C esta clasificación no hace ninguna consideración de calidad del aceite, compuestos químicos o aditivación (Viteri et al. 2011)

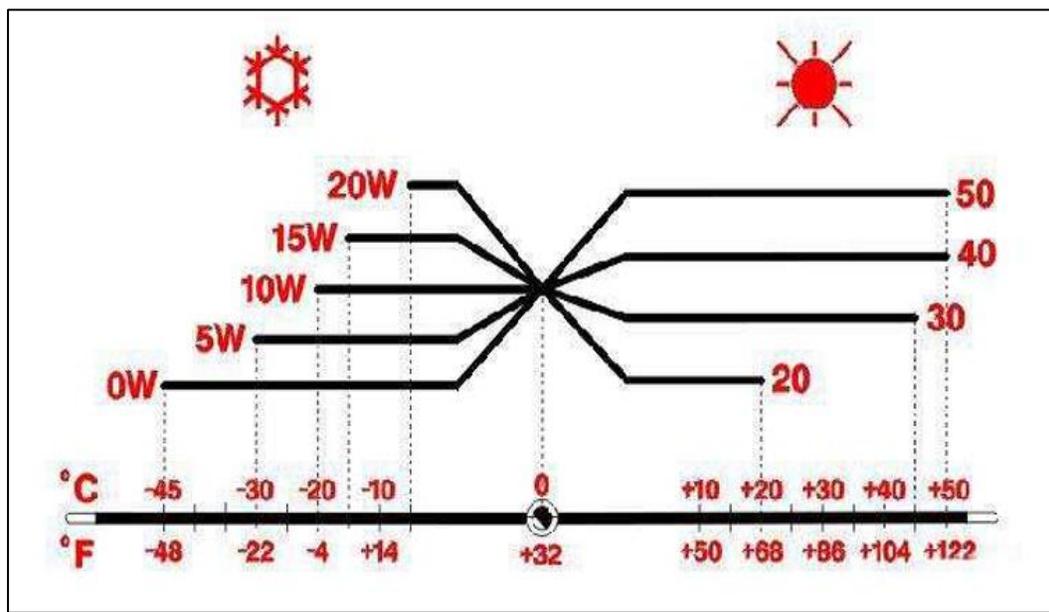
De esta manera se logra diferenciar los aceites monogrados de multigrados pues estos actúan de manera diferente los aceites multigrados protegen al motor en rango más amplio de temperaturas mientras los monogrados cumplen su función específica en un rango establecido de temperatura (Arias, 2013)

La clasificación SAE de los aceites está representada en dos grandes grupos que son los aceites monogrados y los aceites multigrados los cuales se observan en la figura 28 indicando rangos de viscosidad y temperaturas de eficiencia en términos de protección y rendimiento de motor. (Collaguazo, 2021)

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

**Figura 28**

*Aplicación de Aceites Según Normas SAE*



*Nota.* Tomada de (Arias, 2013)

**Aceites monogrados.** Los aceites monogrados son utilizados en zonas donde el cambio de clima es muy poco ya que estos aceites son diseñados para trabajar en temperaturas específicas o en un rango muy bajo de variación de temperatura (Peñañiel, 2017)

Los grados de los aceites monogrados que aparecen con una W significa que tiene un buen comportamiento en temperaturas bajas mientras menor es el número mayor es la fluidez del aceite a bajas temperaturas o en momentos de arranque (Arias, 2013)

Para este tipo de aceites son 5 grados de viscosidad de verano o alta temperatura expresado en cSt (centi-stokes) y medidos a 100°C (Barrera et al. 2015)

Los aceites monogrados que no tienen una W son aceites para temperaturas ambiente elevadas pues antes de la llegada de los aceites multigrados a la industria automotriz los aceites

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

se utilizaban de acuerdo al clima o temporada de la época tomando para el invierno escala como SAE 0W a 25W y en verano la utilización de aceites con SAE de 20 a 60, la tabla 4 presenta la clasificación SAE de los aceites monogrados. (Arias, 2013)

**Tabla 4**

*Clasificación SAE de los Aceites Monogrados*

Grados SAE	Viscosidad cinemática (cSt a 100°)	Temperatura límite de bombeo a °C
OW	3,8	-35
5W	3,8	-30
10W	4,1	-25
15W	5,6	-20
20W	5,6	-15
25W	9,3	-10
20	5,6	
30	9,3	
40	12,5	
50	16,3	
60	21,9	

*Nota.* Tomada de (Collaguazo, 2021)

**Aceites multigrados.** El aceite multigrado su base es un aceite monogrado de SAE W agregado aditivos para mejorar la viscosidad de esta manera lograr un mejor comportamiento en frio y ante el aumento de temperatura trabaja de manera satisfactoria igualmente combinando así

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

los dos tipos de aceites monogrados para invierno y para verano en uno solo de esta manera pueda trabajar en un mayor rango de temperaturas siendo más versátil para su uso (Arias, 2013)

Para este tipo de aceite son 6 grados de viscosidad en bajas temperaturas por ello este aceite permite un arranque fácil en frío y adecuado gracias a su fluidez y al ser menos sensible a las temperaturas bajas (Barrera et al. 2015)

De esta manera el aceite multigrado puede utilizarse en cualquier momento manteniendo una viscosidad estable independientemente la temperatura ambiente, estos aceites al trabajarse en las nuevas tecnologías son más estables térmicamente que trabajan de manera eficiente en diferentes condiciones climáticas y no se descompone por el choque térmico por la diferencia de temperaturas existentes en las diferentes zonas pues los 90°C en el cárter y más de 250°C en zonas calientes (Arias, 2013)

Estos aceites ofrecen un rendimiento óptimo en un rango amplio de temperaturas, combinando las propiedades de los aceites creados para trabajo en invierno y verano en una sola formulación en la tabla 5 se muestra la clasificación SAE de los aceites multigrados detallando los límites de viscosidad a 40°C y 100°C valores que permiten comprender la capacidad de reducción de fricción y mejora de eficiencia. (Arias, 2013)

### **Tabla 5**

#### *Clasificación SAE de los Aceites Multigrados*

<b>Grados SAE</b>	<b>Límite de Viscosidad</b>			
	cSt a 40°C	cSt a 40°C	cSt a 100°C	cSt a 100°C
	MÍNIMO	MÁXIMO	MÍNIMO	MÁXIMO

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

5W40	100	120	16,3	19,7
10W30	60	70	9,3	13
15W40	90	110	13,7	16,3
15W50	120	130	16,3	19,7
20W20	61	69	5,6	9,3
20W30	90	110	9,3	13,7
20W40	120	130	13,7	16,3

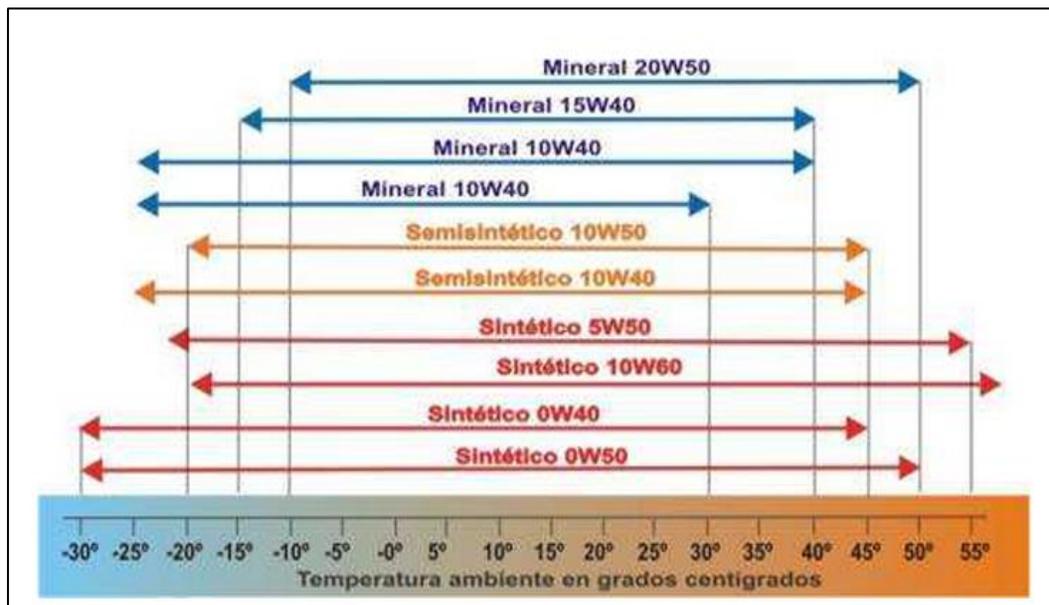
*Nota.* Tomada de (Collaguazo, 2021)

En la figura 29 se tiene una representación gráfica de los rangos de trabajo de los aceites multigrados conociendo el comportamiento de los aceites multigrados en diferentes rangos de temperatura sea este en frío o en caliente demostrando la capacidad de los aceites multigrados para mantener una viscosidad estable en un rango amplio de temperaturas. (Arias, 2013)

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

**Figura 29**

*Rangos de Trabajo Aceites Multigrados*



*Nota.* Tomada de (Arias, 2013)

### **Clasificación API**

El aceite lubricante de acuerdo a las normas API (*American Petroleum Institute*) se clasifican en dependencia del tipo de motor al que va a ser usado por ello esta entidad diseño ciertas nomenclaturas dependiendo del motor (Moran, 2015)

La clasificación API es una clasificación abierta es decir al momento de implementarse mejores calidades de aceites los cuales superan al nivel ya establecido se da un nuevo nivel API quedando el anterior nivel obsoleto (Viteri et al. 2011)

Las especificaciones sobre aceites lubricantes son definidas por fabricantes de motores, vehículos o por los usuarios finales del producto la finalidad de estas especificaciones es elegir

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

de manera adecuada el aceite correcto para su aplicación y alargar la vida útil del motor del vehículo (Payri, 2015)

El Instituto Americano de petróleo (API) clasifica al aceite lubricante por su grado de tecnología y el tipo de vehículo al que se puede aplicar este tipo de aceite (Collaguazo, 2021)

Las clasificaciones API dentro del parque automotor se asignan con dos letras la primera que es S (Spark) o C (Compression) las cuales indican el tipo de vehículo (Padilla , 2013)

Para motores de encendido por chispa cuyo combustible es gasolina las normas API determinan que los aceites lubricantes son de la serie S, su nombre se lo dio por la forma de ignición del combustible ya que esta funciona por la acción de una chispa (Diaz, 2010)

Para motores a diésel cual funcionamiento es basado en la compresión de aire para llevar a cabo la combustión la normas API determinan que los aceites lubricantes son de la serie C cual letra proviene de la palabra compresión (Diaz, 2010)

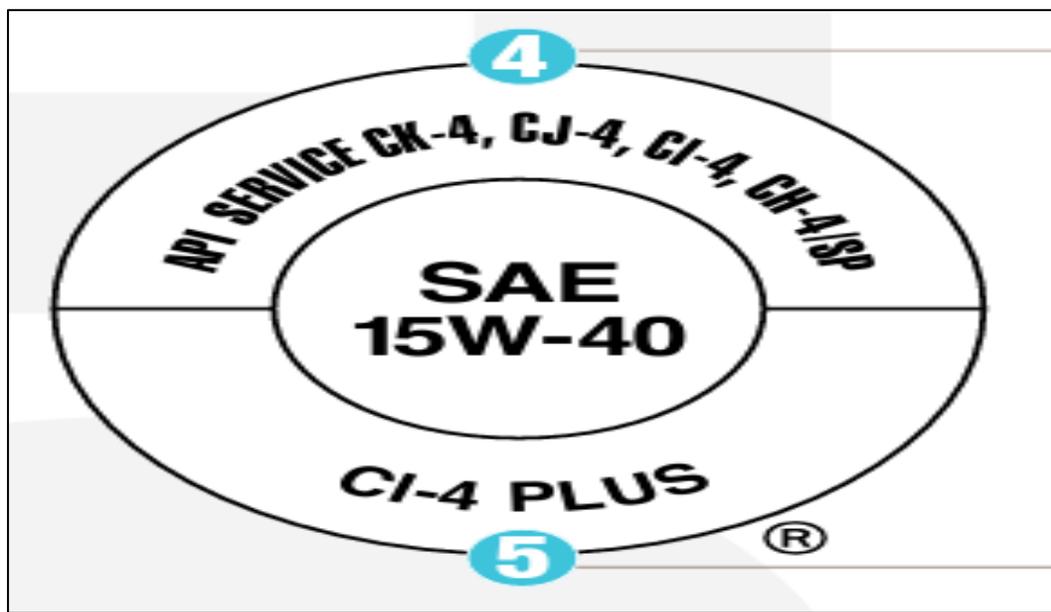
La segunda letra significa la calidad que tiene el aceite llevando un orden alfabético mientras mayor es la letra alfabética más avanzado será el aceite por lo tanto mayor protección en el motor al dar su aplicación (Collaguazo, 2021)

El instituto Americano de Petróleo en la actualidad da paso a una clasificación PLUS en el sello identificando a los aceites formulados para una mayor protección contra el hollín y pérdidas de viscosidad debido al cizallamiento en los motores, esta clasificación se da en las dos series para automóviles a gasolina y a diésel como se observa en la figura 30. (American Petroleum Institute, 2020)

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

**Figura 30**

*Sello de Clasificación SAE y API*



*Nota.* Sello con la clasificación PLUS. Tomada de (American Petroleum Institute, 2020)

La clasificación de los aceites a través de la norma API (American Petroleum Institute) permite determinar la idoneidad en los diferentes tipos de motores en función de sus requerimientos de rendimiento y tecnología, la evolución de la tecnología ha permitido el desarrollo de aceites en propiedades de protección contra la oxidación, el desgaste y la formación de depósitos. (American Petroleum Institute, 2020)

En la tabla 6 se observa la clasificación API para motores a Gasolina y en la tabla 7 la clasificación API para motores a Diesel, en estos cuadros se indican los niveles de servicio desde lo más antiguo hasta lo actual siendo información importante para la selección del lubricante adecuado y alargar la vida útil del motor garantizando eficiencia y protección del motor de combustión interna. (American Petroleum Institute, 2020)

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

**Tabla 6**

*Clasificación API Motores a Gasolina*

<b>API</b>	<b>Estado</b>	<b>Servicio</b>
SP	Actual	Motores año 2020 protección contra pre-encendido
SN	Actual	Motores año 2020 y anteriores
SM	Actual	Motores año 2010 y anteriores
SL	Actual	Motores año 2004 y anteriores
SJ	Actual	Motores año 2001 y anteriores
SH	Obsoleto	No recomendable usar en motores después del año 1996, no brinda protección contra acumulación de lodo de aceite
SG	Obsoleto	No recomendable usar en motores después del año 1993, no brinda protección contra acumulación de lodo de aceite
SF	Obsoleto	No recomendable usar en motores después del año 1988, no brinda protección contra acumulación de lodo de aceite
SE	Obsoleto	No recomendable usar en motores después del año 1979
SD	Obsoleto	No recomendable usar en motores después del año 1971 Desempeño insatisfactorio, daños en el equipo
SC	Obsoleto	No recomendable usar en motores después del año 1967 Desempeño insatisfactorio, daños en el equipo
SB	Obsoleto	No recomendable usar en motores después del año 1951 Desempeño insatisfactorio, daños en el equipo

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido  
provocado experimentalmente de baja cilindrada

---

SA	Obsoleto	No recomendable usar en motores después del año 1930, no contiene aditivos
----	----------	---

---

*Nota.* Tomada de (American Petroleum Institute, 2020)

### Tabla 7

*Clasificación API Motores a Diésel*

---

API	Estado	Servicio
CK-4	Actual	Motor 4 tiempos de alta velocidad año 2017
CJ-4	Actual	Motor 4 tiempos de alta velocidad año 2010
CI-4	Actual	Motor 4 tiempos de alta velocidad año 2002 – 2004
CH-4	Actual	Motor 4 tiempos de alta velocidad año 1998
CG-4	Obsoleto	No recomendable usar en motores después del año 2009
CF-4	Obsoleto	No recomendable usar en motores después del año 2009
CF-2	Obsoleto	No recomendable usar en motores después del año 2009. Para motores de ciclo de dos tiempos
CF	Obsoleto	No recomendable usar en motores después del año 2009. Para motores de ciclo de dos tiempos
CE	Obsoleto	No recomendable usar en motores después del año 1994
CD-II	Obsoleto	No recomendable usar en motores después del año 1994
CD	Obsoleto	No recomendable usar en motores después del año 1994
CC	Obsoleto	No recomendable usar en motores después del año 1990

---

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

---

CB	Obsoleto	No recomendable usar en motores después del año 1961
CA	Obsoleto	No recomendable usar en motores después del año 1959
FA-4	Actual	Aceite XW-30 motor 4 tiempos de alta velocidad año 2017, reduce las emisiones de los GEI

---

*Nota.* Tomada de (**American Petroleum Institute, 2020**)

### ***Clasificación ACEA***

La clasificación ACEA (Association des Constructeurs Européens d'Automobiles) es un organismo europeo el cual se encarga de clasificar los aceites de la misma forma que API (American Petroleum Institute) pero con especificaciones diferentes (Alzallu, 2015)

ACEA empleo la letra A para motores a gasolina y la letra B para motores a diésel sin embargo a partir del año 2004 la categoría se ve unificada entre A/B es decir especificación A/B puede ser utilizado en motores a gasolina como a diésel ligeros y viene marcada por números que viene después de la letra del 1 a 5 que nos indica el uso más adecuado en este caso mayores número no indican mayor calidad (Alzallu, 2015).

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

### **Método**

En la presente investigación se emplea el método experimental para la obtención de datos reales y la evaluación de las pérdidas por fricción en un motor de encendido de baja cilindrada.

A través del ensayo en laboratorio se llevó a cabo la observación, manipulación y registro de datos con el fin de garantizar la mayor confiabilidad posible en los resultados obtenidos, este enfoque permite cuantificar las causas de un efecto dentro del campo de Investigación.

Para ello se manipularon dos variables relacionadas con las causas principales del fenómeno analizado: las marcas y viscosidad del aceite lubricante. Se emplearon aceites de las marcas Valvoline, Top 1 en presentaciones 10W-40 y 20W-50 con el fin de evaluar su impacto en otras variables de interés.

La recolección de datos se realizó mediante observación directa del comportamiento del motor y los datos arrojados por los equipos de experimentación, la observación como cualidad innata, permitió obtener información veraz sobre el desempeño del sistema en diferentes condiciones de operación.

El análisis aplicado en la investigación es la incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en motor de encendido provocado experimental de baja cilindrada, se llevó a cabo mediante una unidad de frenado HM365 acoplada a un motor CT150. La valoración cuantitativa se realizó a partir de la tabulación de datos, lo que permitió resumir la información en gráficos y tablas estadísticas. Se analizaron los valores del torque de fricción y los regímenes de revoluciones convirtiendo cada dato en un elemento clave para la interpretación de resultados.

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

Para el registro de información, se utilizó una ficha de observación en la que se recopilaron los valores del torque de fricción en función a la velocidad del giro del motor.

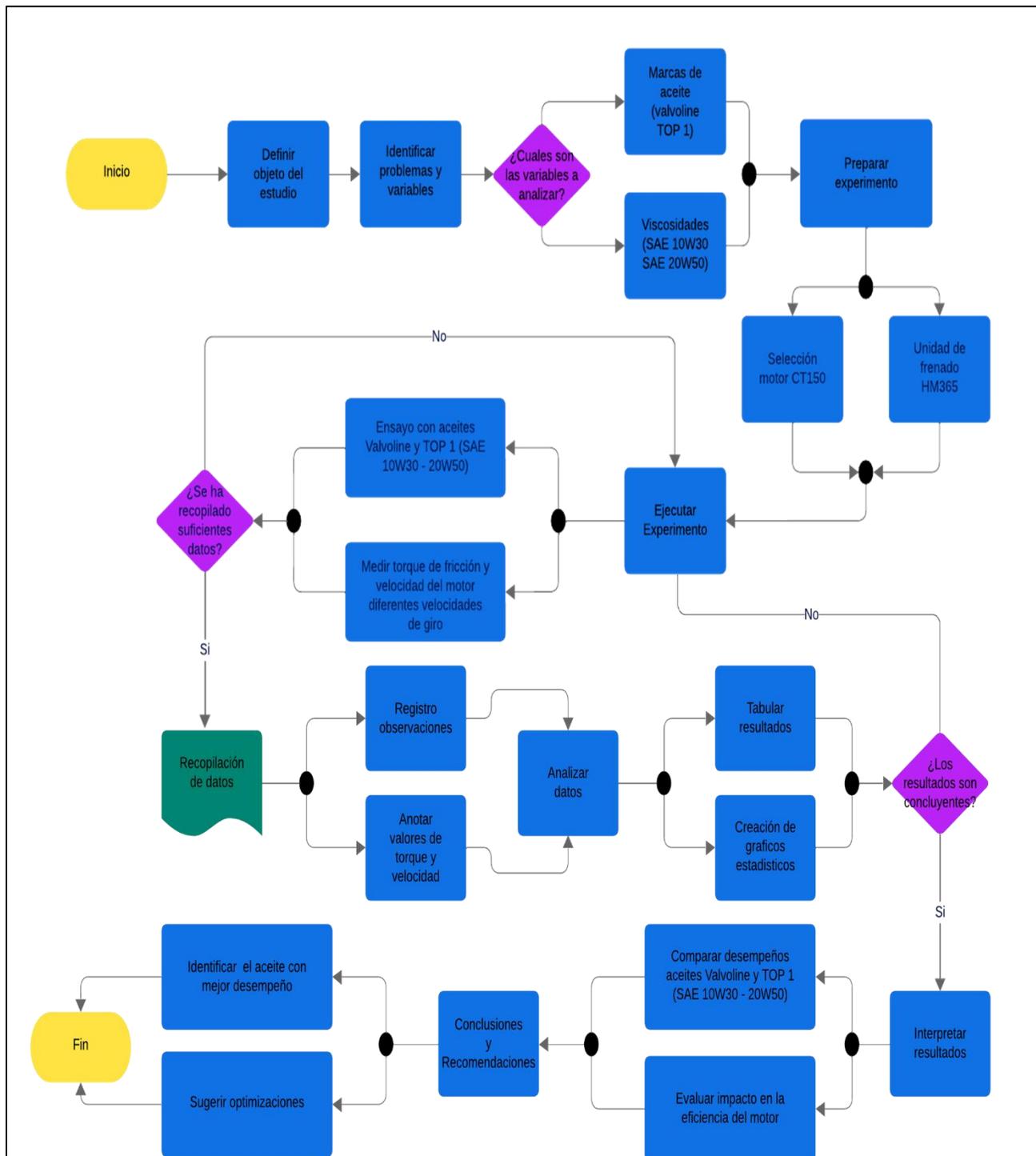
El objetivo de este análisis es comprender como la viscosidad y las propiedades lubricantes de los aceites multigrados pueden afectar las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado de baja cilindrada. Este conocimiento es fundamental para optimizar el rendimiento del motor, reducir el desgaste de los componentes y mejorar la eficiencia global del sistema.

En la figura 31 se muestra el diagrama del proceso experimental que se utiliza en el estudio. Este diagrama describe detalladamente las etapas de la investigación proporcionando la información de una manera visual para que se tenga una visión clara de la metodología del estudio.

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido  
provocado experimentalmente de baja cilindrada

**Figura 31**

*Diagrama Proceso de Investigación*



Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

### **Unidad Universal de Accionamiento de Frenado HM365**

Modulo básico experimental que permiten realizar estudios y experimentos en máquinas fluido-mecánicas, la función de la HM365 consiste en facilitar la potencia de accionamiento o de frenado necesaria para el estudio.

Su principal función es facilitar la potencia de accionamiento o de frenado para el estudio de la maquina motriz seleccionada esta potencia se da gracias a un motor asincrónico refrigerado por aire con convertidor de frecuencia, este motor asincrónico puede funcionar de dos maneras como generador o como motor en caso de que se utilice su funcionamiento como generador, frena la máquina fluido-mecánica desviando esa energía. Cuando actúa como motor acciona la máquina fluido mecánica que se va a estudiar.

El par motor o el par de frenado dependiendo el uso del motor asincrónico si este se lo use como generador o motor lo podemos ajustar de forma precisa de acuerdo a nuestra necesidad de estudio midiéndose a través de un sensor de fuerza.

La Unidad de Frenado HM365 muestra el número de revoluciones y el par motor a través de sus indicadores digitales haciendo que esta tenga un interfaz amigable.

Este intercambio de datos entre el módulo de la Unidad de Frenado y sus contadores digitales se lo hace a través de un cable de datos, En la figura 32 se puede observar La Unidad Universal de accionamiento de Frenado HM365.

Motor Asincrónico con convertidor de frecuencias

- Potencia 2200 W
- Máxima velocidad aproximada  $3000 \text{ min}^{-1}$
- Máximo Par aproximado 12 N

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

#### Operación de correa Trapezoidal

- Longitud de la correa 1157 mm, 1180mm, 1250mm
- Tipo de Correa SPA
- Diámetro de la Polea de la correa Trapezoidal 125mm

#### Figura 32

*Unidad Universal de Accionamiento de Frenado HM365*



*Nota.* Maquina Unidad Universal de Accionamiento de Frenado HM365.

#### **Motor de Gasolina 4 tiempos CT 150**

Motor de Gasolina 4 tiempos CT 150 como se observa en la figura 33 es un equipo que permite la realización de análisis y ensayos en sistemas motrices de trabajo, el empleo de sensores electrónicos permite la detección de datos de medida por software.

Este motor resulta ser el medio preciso para estudiar los fundamentos del funcionamiento y de la técnica de medición de motores

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

En los ensayos se pueden constatar curvas características de plena carga y carga parcial del motor.

Motor de Gasolina de un cilindro refrigerado por Aire

- Potencia Entregada 2.2kW a 3200 min<sup>-1</sup>
- Calibre: 62mm
- Carrera: 42mm
- Polea: 125mm

### Figura 33

*Motor de Gasolina 4 Tiempos CT150*



*Nota.* Motor de Gasolina de un cilindro 4 tiempos refrigerado por aire.

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

### **Selección y Preparación de Máquinas.**

Se procede a implementar el método de investigación experimental para la obtención de datos reales y la evaluación de las pérdidas por fricción en un motor de encendido de baja cilindrada.

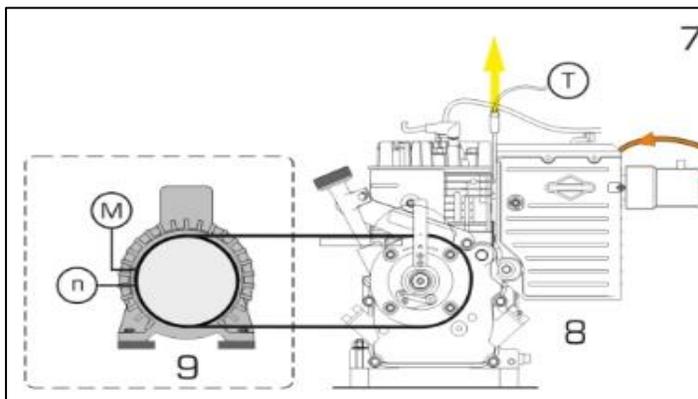
A través de la utilización de la Unidad Universal de Accionamiento de Frenado HM365 y el motor de Gasolina de 4 tiempos CT150 podremos simular el funcionamiento de un motor de baja cilindrada para ello se conectará la unidad de frenado HM365 al motor de gasolina de 4 tiempos a través de una banda la cual dará paso al movimiento de las partes del motor, se realizó inspecciones para corroborar el funcionamiento de estos dos equipos tales como las conexiones de estos dos y si estas se encuentran lubricadas y en buen estado así asegurar condiciones operativas estables y reproducibles.

La figura 34 ilustra la conexión entre la Unidad de frenado HM365 y el motor de Gasolinas 4 tiempos CT150. Esta configuración permite simular el funcionamiento de un motor mediante la transmisión de movimiento de la Unidad de frenado HM365 al motor por medio de una banda de conexión.

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

### Figura 34

*Unidad de Frenado HM365 y Motor a Gasolina de 4 Tiempos CT150*



*Nota.* Conexión de la unidad de Frenado HM365 a motor de 4 tiempos CT150.

En la figura 35 se presenta el montaje experimental completo de la unidad de Frenado HM 365 el motor de 4 tiempos CT150 y el banco de pruebas CT159. Este montaje es necesario para evaluar el desempeño del motor y los efectos de lubricación en la fricción interna de esta manera podremos censar correctamente los datos que nos arroje la unidad de frenado HM365.

### Figura 35

*Montaje Experimental Completo*



*Nota.* Montaje con el HM365, motor CT150. Banco de prueba CT159

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

### **Selección de Aceites**

Se eligieron dos tipos de aceites lubricantes multigrados de diferente viscosidad y marca de esta manera poder hacer una comparativa entre estas marcas y sus viscosidades, la elección de los aceites fue elegida en base a su clasificación SAE y API y las marcas que se encuentran disponibles en el mercado comercial de Quito - Ecuador.

Para llegar a una estandarización se elaboró como se ilustra la tabla 8 en la cual se contempla las marcas lubricantes que cumplan con las mismas clasificaciones de ser necesario.

Esta tabla 8 se la efectúa para tener un criterio basado en las propiedades requeridas para el trabajo de investigación.

A partir de estas premisas se han seleccionado dos marcas de aceite con diferentes viscosidades para motores de moto ya que nuestro motor experimental es mono cilíndrico, estos lubricantes escogidos tienen comercialización en el País.

Para el trabajo de Investigación se presenta los siguientes con sus correspondientes especificaciones para su posterior uso.

### **Tabla 8**

*Lubricantes por Marca y Viscosidad Utilizados para Experimentación*

<b>Marca de Aceite</b>	<b>SAE</b>	<b>API</b>
Valvoline	20W50	SN
Valvoline	10W40	SN
TOP 1	10W40	SN
TOP 1	20W50	SN

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

### ***Valvoline MULTI – PORPOSE 2 - CYCLE OIL***

Lubricante mineral de dos tiempos sin ceniza de última generación con aditivos detergente sin ceniza, proporcionando máximo rendimientos a motores refrigerados por aire o por agua.

Brinda protección contra el óxido el desgaste la corrosión, raspadura en el pistón y el atascamiento de anillos.

La figura 36 ilustra el aceite Valvoline MULTI-PORPOSE 2 – CYCLE OIL, uno de los lubricantes utilizados para la experimentación. Sus características están detalladas en la Tabla 9 para comparación de su rendimiento.

### **Figura 36**

*Aceite Valvoline*



Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

**Tabla 9**

*Características Técnicas Valvoline Multi – Porpose 2 – Cycle Oil*

	<b>2-strokes multi-porpose</b>
Gravedad (API)	31,9
Viscosidad a 100°C (cSt)	6,70
Viscosidad a -25 °C en (cP)	3000
Punto de fluidez máxima en °C	-36
Ceniza sulfatada % de peso	Cero
Color	Azul – Verde
Punto de Inflamabilidad en °C	65

***TOP 1 Action Plus 10W-40***

Lubricante con una base de aceites sintéticos y aditivos que dan protección en altas temperaturas de oxidación desgaste y daño de viscosidad fortificado con detergentes dispersantes e inhibidores de oxidación y corrosión.

La figura 37 ilustra el aceite TOP 1 Action Plus, uno de los lubricantes utilizados para la experimentación. Sus características están detalladas en la Tabla 10 para comparación de su rendimiento.

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

**Figura 37**

*Aceite TOP1*



**Tabla 10**

*Características Técnicas TOP1 Action Plus 10W-40*

	<b>Action Plus 10W-40</b>
Gravedad (API)	32,5
Viscosidad a 100°C (cSt)	14,5
Viscosidad a -25 °C en (cP)	6000
Punto de fluidez máxima en °C	-35
Ceniza sulfatada % de peso	Cero
Color	Azul – Verde
Punto de Inflamabilidad en °C	210

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

### ***TOP 1 MC 20W-50***

Lubricante con una base de aceites sintéticos y aditivos que protegen contra la acumulación de depósitos y el desgaste por uso diario.

La figura 38 ilustra el aceite TOP 1 MC, uno de los lubricantes utilizados para la experimentación. Sus características están detalladas en la Tabla 11 para comparación de su rendimiento.

### **Figura 38**

*Aceite TOP1*



Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

**Tabla 11**

*Características Técnicas TOP1 MC 20W-50*

	<b>MC 20W-50</b>
Gravedad (API)	32,5
Viscosidad a 100°C (cSt)	20,5
Viscosidad a -25 °C en (cP)	
Punto de fluidez máxima en °C	-20
Ceniza sulfatada % de peso	Cero
Color	Morado - Negro
Punto de Inflamabilidad en °C	215

### **Factores y Niveles**

Para evaluar la incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado de baja cilindrada se definió dos factores experimentales: Marca de aceite, y viscosidades; ya que estos factores influyen en el comportamiento del motor y en la eficiencia del lubricante a usar.

La tabla 12 muestra los criterios establecidos, los parámetros a medir siendo estos factores importantes para la validez de los resultados y permitir una comparación precisa del desempeño de cada tipo lubricante.

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

**Tabla 12**

*Definición Factores y Niveles*

<b>FACTORES</b>	<b>NIVELES</b>
Marca de Aceite	Valvoline, TOP 1
Viscosidad	10W-40, 20W-50

### **Variables de Respuesta**

Ya definido los factores y niveles se define las variables de respuesta que son el par de fricción (Mr) y la potencia de fricción (Pr) las cuales se detallan en la tabla 13, estas variables permiten evaluar el impacto de la viscosidad y la marca del aceite en la reducción de la fricción y eficiencia del motor.

**Tabla 13**

*Variables de Respuesta*

<b>VARIABLE RESPUESTA</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Par de Fricción (Mr)	Nm (Newton metro)	Mide la resistencia al giro del motor
Potencia de Fricción (Pr)	W (Vatios)	Se calcula a partir de par de fricción y la velocidad de giro

Se define cuatro combinaciones de aceites y viscosidades con la finalidad de analizar su impacto en las pérdidas por fricción en el motor CT150. La tabla 15 detalla estas combinaciones.

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

**Tabla 14**

*Combinaciones Marcas de Aceites y Viscosidades*

<b>Combinación</b>	<b>Marca de Aceite</b>	<b>Viscosidad</b>
C1	Valvoline	SAE 10W-40
C2	Valvoline	SAE 20W-50
C3	TOP 1	SAE 10W-40
C4	TOP 1	SAE 20W-50

Se seleccionó las siguientes combinaciones con el fin de evaluar el comportamiento del aceite en diferentes condiciones así comparar marcas diferentes con mismas viscosidades y mismas marcas con diferente viscosidad así se garantiza una evaluación objetiva.

### **Pre - Ensayos**

Antes de llevar a cabo el ensayo principal se llevó a cabo pruebas preliminares con el objetivo de garantizar la confiabilidad de los resultados a obtener y el correcto funcionamiento de los equipos a utilizar.

Se prueba el correcto funcionamiento del banco de pruebas la unidad de frenado HM365 y el motor CT150, asegurando su correcta operatividad sin ningún tipo de interferencias, se examinó visualmente la correcta fijación y conexión del motor al banco de pruebas a través de su banda así evitar vibraciones o desajustes que afecten a las mediciones así mismo el comportamiento del motor a diferentes regímenes de giro desde los 850 hasta las 3250 rpm confirmando la estabilidad del motor al ascenso gradual de las revoluciones.

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

Ya comprobado que se puede dar uso a los equipos y definido los factores, niveles y las variables respuestas se adoptó la creación de una hoja de observación donde se retomará todos los datos que se recopile a través del uso de los equipos descritos, para poder recopilar las pérdidas de fricción se realizaron 3 repeticiones de cada combinación según lo establecido por la norma NTE INEN 2205 en el apartado 6 sobre métodos de ensayo donde en el punto 6.1.5.4 refiere “Registrar y promediar un mínimo de 3 lecturas en cada prueba” con el fin de obtener precisión en la toma de datos así se reduce el error experimental evitando sesgos o anomalías que no se puedan controlar por factores externos y se verifica la reproducibilidad al obtener valores consistentes en las tres etapas de ensayo, así se confirma que la medición es reproducible y confiable, de estos datos obtenidos a través de los tres ensayos se toma la media logrando tener un dato general para su análisis.

Las experimentaciones se harán a vacío es decir no se dará funcionamiento al motor ya que la unidad Universal de accionamiento y frenado HM 365 será el generador para dar funcionamiento al motor a través de una transmisión por correa que dará el movimiento a las partes internas del motor simulando el trabajo que genera.

En la creación de la hoja de observación se toma los valores del par motor desde las revoluciones bajas  $850 \text{ min}^{-1}$  hasta las más altas  $3250 \text{ min}^{-1}$  que tiene la Unidad Universal de accionamiento y frenado. Se toma los datos aumento o reduciendo las revoluciones en un margen de 200 en 200, manipulando las revoluciones de giro de acuerdo a la necesidad de la Investigación.

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido  
provocado experimentalmente de baja cilindrada

**Tabla 15**

*Hoja de Observación*

<b>Velocidad de giro</b>	<b>Par de motor (Nm)</b>	<b>Par de motor (Nm)</b>	<b>Par de motor (Nm)</b>
<b>(min<sup>-1</sup>)</b>	<b>Momento 1</b>	<b>Momento 2</b>	<b>Momento 3</b>
850			
1050			
1250			
1450			
1650			
1850			
2050			
2250			
2450			
2650			
2850			
3050			
3250			

### **Análisis Comparativos de Datos**

Los datos obtenidos a través de la experimentación utilizando los aceites multigrados fueron comparados y analizados en los laboratorios de la Universidad Internacional SEK bajo indicaciones, durante los ensayos, la velocidad de giro del motor se mantuvo como variable

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

controlada teniendo por consecuencia obtener datos precisos del par motor, se repitió el proceso tres ensayos en cada uno de los aceites experimentados con el fin de precautelar la veracidad y confiabilidad de los datos analizados.

Se presenta el diseño de experimentación y los datos obtenidos a través de los tres ensayos en cada aceite en la tabla 16 del aceite Valvoline SAE 10W-40, la tabla 17 aceite Valvoline SAE 20W-50, la tabla 18 TOP 1 SAE 10W-40, la tabla 19 TOP1 20W-50, este esquema experimental permite establecer el comportamiento de los diferentes aceites bajo diferentes rangos de velocidad.

**Tabla 16**

*Ensayo Experimental Valvoline 10W-40*

<b>Velocidad de giro</b> <b>(min<sup>-1</sup>)</b>	<b>Par de motor (Nm)</b> <b>Momento 1</b>	<b>Par de motor (Nm)</b> <b>Momento 2</b>	<b>Par de motor (Nm)</b> <b>Momento 3</b>
850	-1,61	-1,53	-1,51
1050	-1,66	-1,60	-1,55
1250	-1,74	-1,94	-1,70
1450	-2,00	-1,95	-1,95
1650	-2,07	-1,89	-1,87
1850	-2,14	-1,91	-1,93
2050	-2,14	-1,96	-1,95
2250	-2,18	-2,04	-2,05
2450	-2,20	-2,00	-1,99

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido  
provocado experimentalmente de baja cilindrada

2650	-2,18	-2,04	-2,05
2850	-2,23	-2,09	-2,09
3050	-2,27	-2,13	-2,12
3250	-2,30	-2,18	-2,19

**Tabla 17**

*Ensayo Experimental Valvoline 20W-50*

<b>Velocidad de giro</b>	<b>Par de motor (Nm)</b>	<b>Par de motor (Nm)</b>	<b>Par de motor (Nm)</b>
<b>(min<sup>-1</sup>)</b>	<b>Momento 1</b>	<b>Momento 2</b>	<b>Momento 3</b>
850	-2,08	-1,58	-1,63
1050	-2,30	-1,71	-1,77
1250	-2,53	-1,88	-1,90
1450	-2,50	-2,04	-2,05
1650	-2,38	-2,02	-2,01
1850	-2,39	-2,09	-2,08
2050	-2,32	-2,13	-2,11
2250	-2,34	-2,17	-2,16
2450	-2,35	-2,21	-2,18
2650	-2,30	-2,22	-2,22
2850	-2,33	-2,27	-2,27
3050	-2,35	-2,28	-2,30

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido  
provocado experimentalmente de baja cilindrada

3250	-2,39	-2,34	-2,35
------	-------	-------	-------

**Tabla 18**

*Ensayo Experimental TOP1 10W-40*

<b>Velocidad de giro</b>	<b>Par de motor (Nm)</b>	<b>Par de motor (Nm)</b>	<b>Par de motor (Nm)</b>
<b>(min<sup>-1</sup>)</b>	<b>Momento 1</b>	<b>Momento 2</b>	<b>Momento 3</b>
850	-1,57	-1,51	-1,49
1050	-1,67	-1,62	-1,55
1250	-1,77	-1,71	-1,68
1450	-1,90	-1,88	-1,88
1650	-1,88	-1,80	-1,79
1850	-1,93	-1,85	-1,84
2050	-1,95	-1,88	-1,87
2250	-1,95	-1,91	-1,92
2450	-2,03	-1,95	-1,97
2650	-2,03	-1,99	-1,98
2850	-2,09	-2,05	-2,02
3050	-2,14	-2,08	-2,06
3250	-2,17	-2,15	-2,12

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

**Tabla 19**

*Ensayo Experimental TOP1 20W-50*

<b>Velocidad de giro</b> <b>(min<sup>-1</sup>)</b>	<b>Par de motor (Nm)</b> <b>Momento 1</b>	<b>Par de motor (Nm)</b> <b>Momento 2</b>	<b>Par de motor (Nm)</b> <b>Momento 3</b>
850	-1,65	-1,53	-1,52
1050	-1,99	-1,65	-1,70
1250	-2,03	-1,92	-1,90
1450	-2,10	-1,97	-1,96
1650	-2,02	-1,92	-1,89
1850	-2,08	-1,99	-1,95
2050	-2,12	-2,03	-1,99
2250	-2,15	-2,05	-2,02
2450	-2,19	-2,09	-2,06
2650	-2,21	-2,13	-2,09
2850	-2,24	-2,16	-2,14
3050	-2,27	-2,19	-2,23
3250	-2,33	-2,24	-2,26

Finalizada la experimentación y tomando en consideración los análisis de laboratorio se buscó un margen general para la interpretación, por ello los tres ensayos hechos en cada una de las marcas de aceite y viscosidades se toman para buscar su media aritmética a través de ecuación 10.

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

$$X = \sum_{i=1}^N Xi \quad (10)$$

Donde: X representa la media aritmética  $\sum_{i=1}^N Xi$  suma de todos los valores.

Realizado el cálculo de la media aritmética en el par motor damos paso al cálculo de la potencia de fricción, para ello se toman los datos obtenidos de la velocidad de giro y par de motor de las tres pruebas realizadas en cada marca y viscosidad de aceite para buscar a través de ecuación 11 la potencia de fricción.

$$P = \frac{M.n.2\pi}{60} = P_r \quad (11)$$

Donde: P es la potencia mecánica (W) M momento de torsión o torque (Nm) n velocidad de rotación (rpm o  $\text{min}^{-1}$ )  $2\pi$  Conversión de revoluciones a radianes y 60 conversión de minutos a segundo.

## Resultados

Los resultados de la Investigación sobre la incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en motores de encendido provocado de baja cilindrada se presentan a continuación.

### Datos Obtenidos

La tabla 20 proporciona datos del estudio experimental que examina las pérdidas por fricción en el motor experimental CT150 al utilizar aceite Valvoline 10W-40. Los datos presentados son en función a la velocidad de giro (n) en revoluciones por minuto ( $\text{min}^{-1}$ ), el par de fricción (Mr) en Newton metro (Nm) que es el valor que logramos obtener a través de la

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido

provocado experimentalmente de baja cilindrada

experimentación y la Potencia de fricción (Pr) en Vatios (W) la cual la obtenemos a través de la ecuación correspondiente.

**Tabla 20**

*Datos Valvoline 10W-40*

<b>n (min<sup>-1</sup>)</b>	<b>Mr (Nm)</b>	<b>Pr (W)</b>
850	-1,55	-137,89
1050	-1,60	-176,20
1250	-1,79	-234,62
1450	-1,96	-298,47
1650	-1,94	-335,61
1850	-1,99	-385,97
2050	-2,01	-432,70
2250	-2,06	-485,91
2450	-2,06	-529,10
2650	-2,09	-579,69
2850	-2,13	-637,36
3050	-2,17	-693,8
3250	-2,22	-756,3

La tabla 21 proporciona datos del estudio experimental que examina las pérdidas por fricción en el motor experimental CT150 al utilizar aceite Valvoline 20w-50. Los datos

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido

provocado experimentalmente de baja cilindrada

presentados son en función a la velocidad de giro ( $n$ ) en revoluciones por minuto ( $\text{min}^{-1}$ ), el par de Fricción ( $M_r$ ) en Newton metro (Nm) que es el valor que logramos obtener a través de la experimentación y la Potencia de fricción ( $P_r$ ) en Vatios (W) la cual la obtenemos a través de la ecuación correspondiente.

**Tabla 21**

*Datos Valvoline 20W-50*

$n$ ( $\text{min}^{-1}$ )	$M_r$ (Nm)	$P_r$ (W)
850	-1,76	-156,88
1050	-1,92	-211,73
1250	-2,10	-275,18
1450	-2,19	-333,38
1650	-2,13	-368,99
1850	-2,18	-423,41
2050	-2,18	-469,18
2250	-2,22	-523,59
2450	-2,24	-576,12
2650	-2,24	-623,15
2850	-2,29	-683,10
3050	-2,31	-737,42
3250	-2,36	-802,79

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

La tabla 22 proporciona datos del estudio experimental que examina las pérdidas por fricción en el motor experimental CT150 al utilizar aceite Top1 10w-40. Los datos presentados son en función a la velocidad de giro ( $n$ ) en revoluciones por minuto ( $\text{min}^{-1}$ ), el par de Fricción ( $M_r$ ) en Newton metro (Nm) que es el valor que logramos obtener a través de la experimentación y la Potencia de fricción ( $P_r$ ) en Vatios (W) la cual la obtenemos a través de la ecuación correspondiente.

**Tabla 22**

*Datos TOP1 10W-40*

$n$ ( $\text{min}^{-1}$ )	$M_r$ (Nm)	$P_r$ (W)
850	-1,52	-135,53
1050	-1,61	-177,3
1250	-1,72	-225,03
1450	-1,88	-286,33
1650	-1,82	-314,89
1850	-1,87	-362,73
2050	-1,9	-407,67
2250	-1,9	-453,73
2450	-1,98	-508,59
2650	-2,00	-554,73
2850	-2,05	-612,52
3050	-2,09	-668,26

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

3250	-2,14	-730,22
------	-------	---------

La tabla 23 proporciona datos del estudio experimental que examina las pérdidas por fricción en el motor experimental CT150 al utilizar aceite Top1 20w-50. Los datos presentados son en función a la velocidad de giro ( $n$ ) en revoluciones por minuto ( $\text{min}^{-1}$ ), el par motor ( $M_r$ ) en Newton metro (Nm) que es el valor que logramos obtener a través de la experimentación y la Potencia de fricción ( $P_r$ ) en Vatios (W) la cual la obtenemos a través de la ecuación correspondiente.

**Tabla 23**

*Datos TOP1 20W-50*

$n$ ( $\text{min}^{-1}$ )	$M_r$ (Nm)	$P_r$ (W)
850	-1,56	-139,37
1050	-1,78	-195,62
1250	-1,95	-255,12
1450	-2,01	-305,05
1650	-1,94	-335,61
1850	-2,00	-388,56
2050	-2,04	-439,15
2250	-2,07	-488,27
2450	-2,11	-541,93
2650	-2,14	-594,49

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

2850	-2,18	-650,29
3050	-2,23	-711,89
3250	-2,27	-774,45

### *Gráficas curvas de fricción y potencia de fricción*

La Investigación examinó la incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada. En base al método utilizado se logró obtener datos base los cuales han sido presentados anteriormente, para dar paso al Análisis de datos se elaboró gráficos en los cuales podemos observar de manera más clara cómo se comporta las diferentes marcas de aceites y sus variantes 10w-40 y 20w-50.

En las figuras se aprecia el comportamiento del motor CT150 con el diferente uso de Aceites Valvoline y TOP1 con viscosidades 10w-40 y 20w-50, estas gráficas representan la relación entre la velocidad de giro (n) y el par de fricción (Mr), vale destacar que los valores representados por el par de fricción nos sugieren que los valores de pares negativos son resultantes como pérdida por fricción.

Es decir, la cantidad de energía que se está disipando como calor debido a la fricción del sistema debido a la resistencia que se genera porque dos superficies están en contacto y en movimiento relativo, este deslizamiento parte de la energía mecánica se transforma en calor.

**Valvoline 10W-40.** Al analizar la figura 39 vemos que la tendencia es descendente en la curva de fricción a pesar que a los 1050 rpm y 1650 rpm podemos ver una variación en la tendencia esto puede darse por cambios en las condiciones de operación o efectos de la

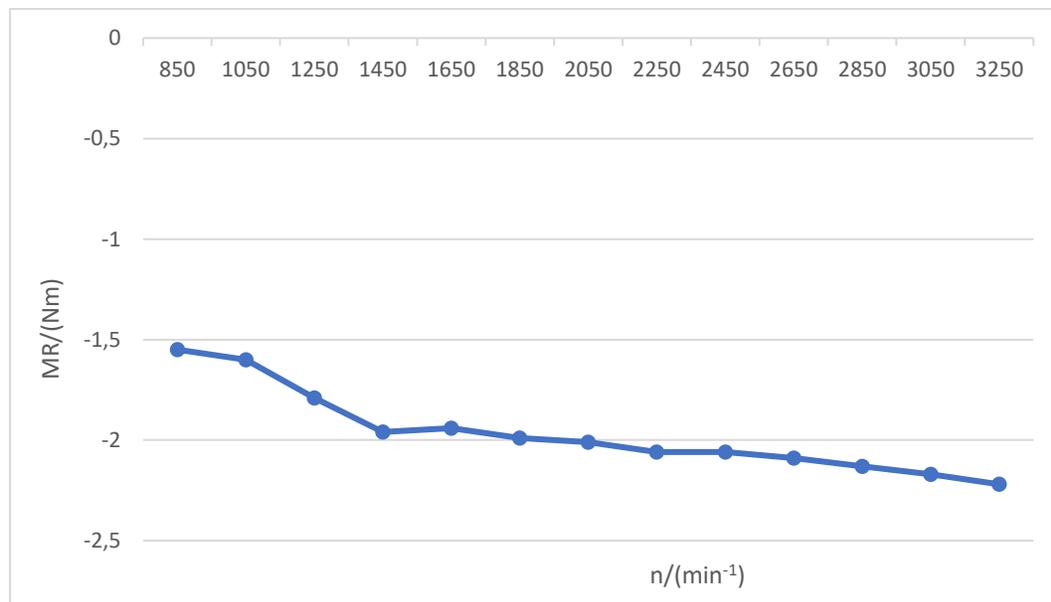
Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

viscosidad del lubricante, desgastes de componentes, a pesar de estas variaciones locales la tendencia nos sigue indicando que a medida que la velocidad de giro aumenta, el par de fricción disminuye, sin embargo, debemos notar que los valores del par de fricción son negativos y aumenta en magnitud negativa a medida que la velocidad de giro aumenta esto nos muestra que existe un incremento en las pérdidas por fricción conforme se acelera el motor, este comportamiento es coherente con las características esperadas de la fricción en sistemas mecánicos, donde las pérdidas por fricción tiende a aumentar de acuerdo a la velocidad de giro.

Esta información es crucial para comprender la eficacia del lubricante en la reducción de la fricción existente en el sistema.

### Figura 39

*Curva de Fricción Valvoline 10W-40*



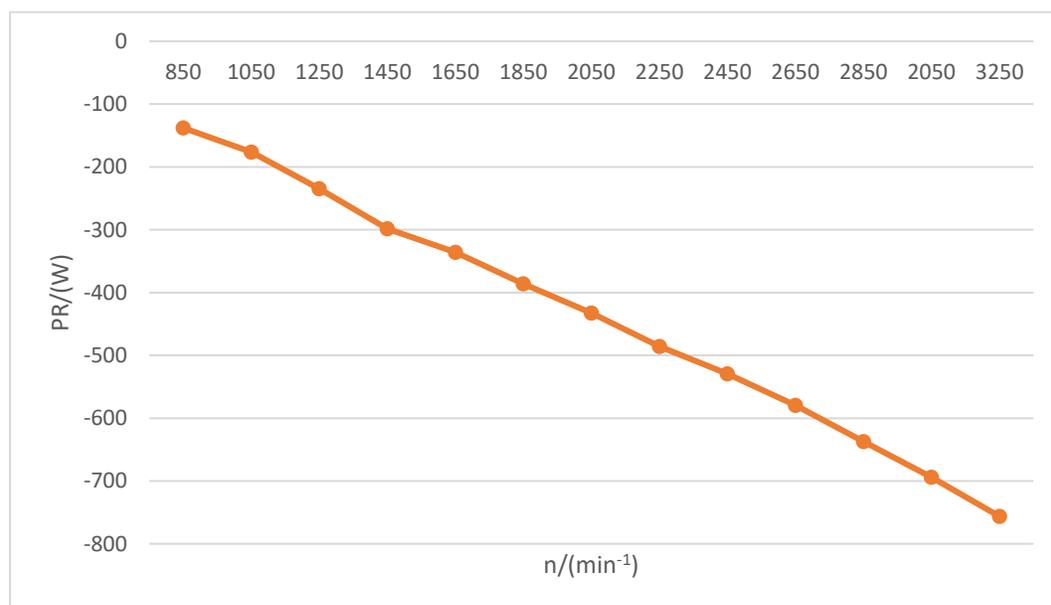
Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

Al analizar la figura 40 vemos que la tendencia es descendente lo que indica que a medida que la velocidad de giro aumenta, la potencia de fricción disminuye, sin embargo, debemos notar que los valores de la potencia de fricción son negativos y aumenta en magnitud negativa a medida que la velocidad de giro aumenta esto nos muestra que existe un incremento en las pérdidas por fricción conforme se acelera el motor donde las pérdidas por fricción tiende aumentar de acuerdo a la velocidad de giro, los datos nos muestran una relación descendente entre la potencia de fricción ( $P_r$ ) y la velocidad de giro ( $n$ ) con valores negativos que nos indican las pérdidas por fricción en el sistema.

Esta información es crucial para comprender el comportamiento y la eficiencia energética en el sistema.

### Figura 40

*Potencia de Fricción Valvoline 10W-40*

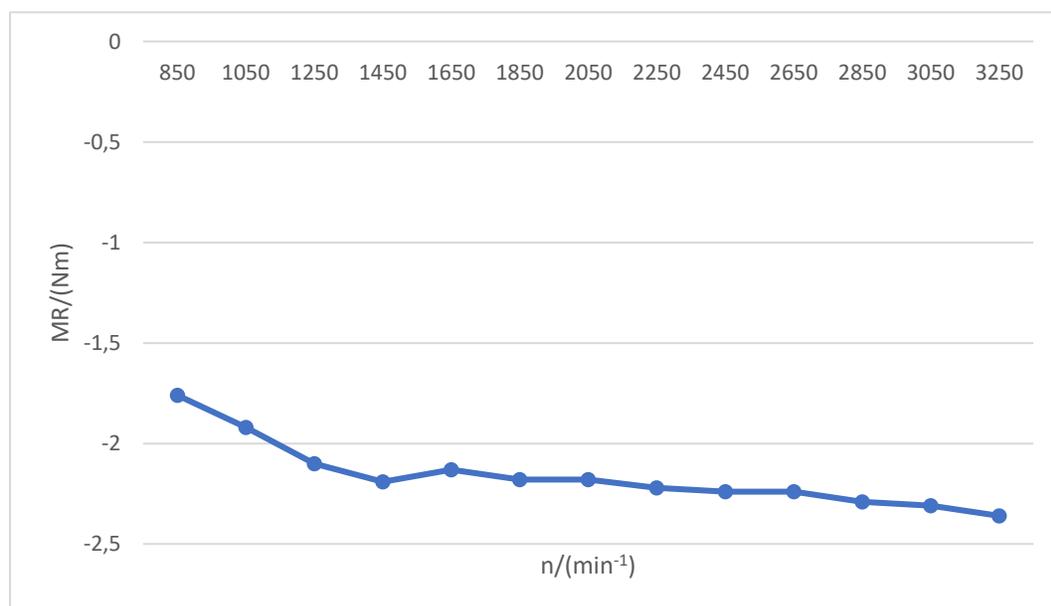


Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

**Valvoline 20W50.** Al analizar la figura 41 vemos que la tendencia es descendente gradualmente hasta los 1650 rpm donde existe una variación local en la curva de fricción frente a ello la curva sigue manteniendo el descenso gradual indicándonos que a medida que la velocidad de giro aumenta, el par de fricción disminuye, sin embargo, debemos notar que los valores del par de fricción son negativos y aumenta en magnitud negativa a medida que la velocidad de giro aumenta esto nos muestra que existe un incremento en las pérdidas por fricción conforme se acelera el motor, este comportamiento es coherente con las características esperadas de la fricción en sistemas mecánicos, donde las pérdidas por fricción tiende a aumentar de acuerdo a la velocidad de giro.

#### Figura 41

*Curva de Fricción Valvoline 20W-50*



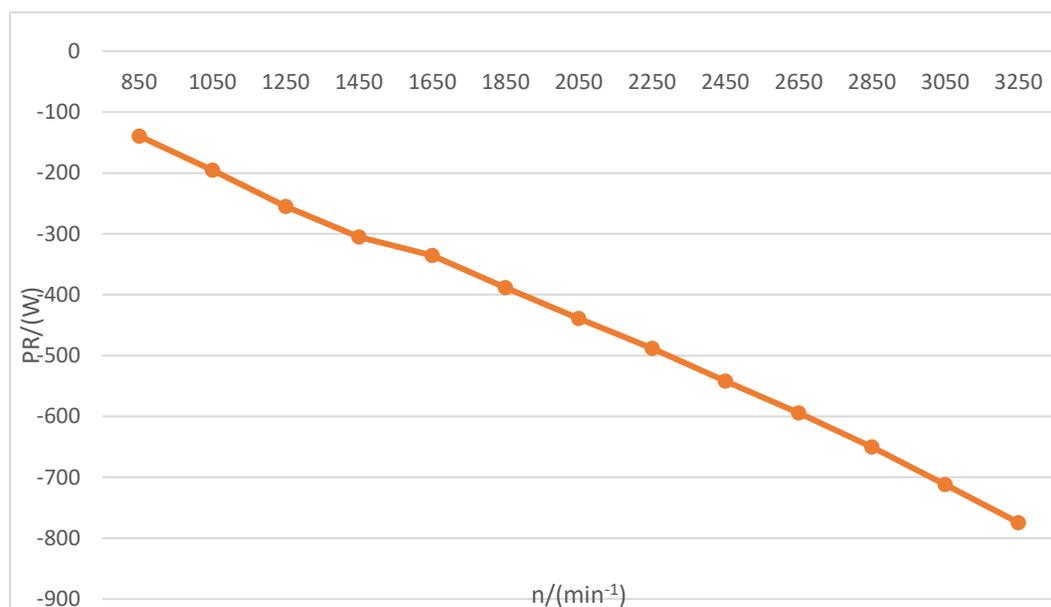
Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

Al analizar la figura 42 vemos que la tendencia es descendente lo que indica que a medida que la velocidad de giro aumenta, la potencia de fricción disminuye, sin embargo, debemos notar que los valores de la potencia de fricción son negativos y aumenta en magnitud negativa a medida que la velocidad de giro aumenta esto nos muestra que existe un incremento en las pérdidas por fricción conforme se acelera el motor donde las pérdidas por fricción tiende a aumentar de acuerdo a la velocidad de giro, los datos nos muestran una relación descendente entre la potencia de fricción ( $P_r$ ) y la velocidad de giro ( $n$ ) con valores negativos que nos indican las pérdidas por fricción en el sistema.

Esta información es crucial para comprender el comportamiento y la eficiencia energética en el sistema.

### Figura 42

*Potencia de Fricción TOP1 20W-50*

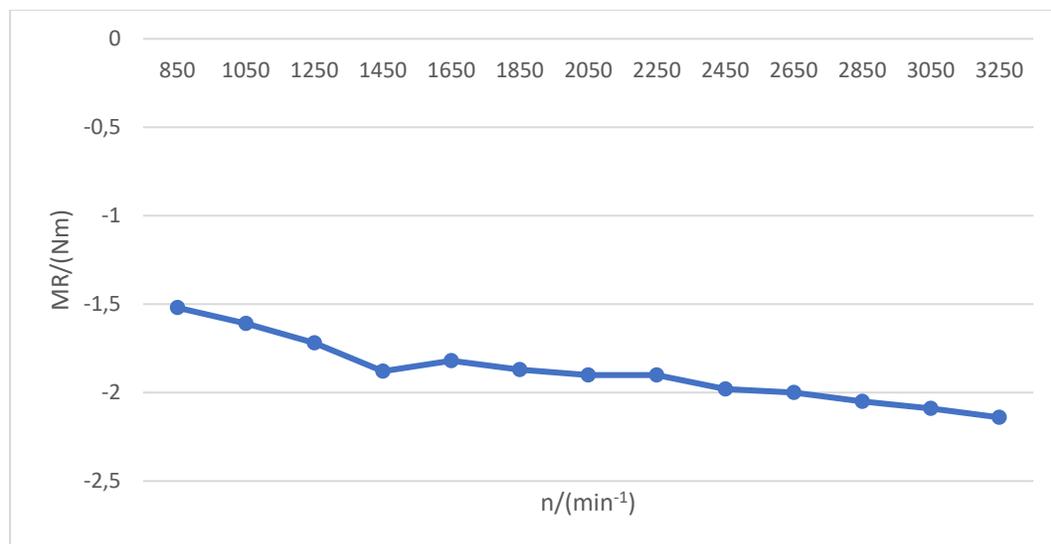


Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

**TOP1 10W40.** Al analizar la figura 43 vemos que la tendencia es descendente con existencia de varias fluctuaciones en la línea en las velocidades de giro 1650 rpm y 2250 rpm donde existe una variación notoria en la fricción esto puede ser varios factores tales como las condiciones de operación del motor, viscosidad del lubricante o desgaste en componentes mientras en velocidades de giro mayores las fluctuaciones son relativamente menores en comparación con tendencia descendente en la curva de fricción frente a ello la curva de fricción nos indica que a medida que la velocidad de giro aumenta, el par de fricción disminuye, sin embargo, debemos notar que los valores del par de fricción son negativos y aumenta en magnitud negativa a medida que la velocidad de giro aumenta esto nos muestra que existe un incremento en las pérdidas por fricción conforme se acelera el motor, este comportamiento es coherente con las características esperadas de la fricción en sistemas mecánicos, donde las pérdidas por fricción tiende a aumentar de acuerdo a la velocidad de giro.

### Figura 43

*Curva de Fricción TOP1 10W-40*

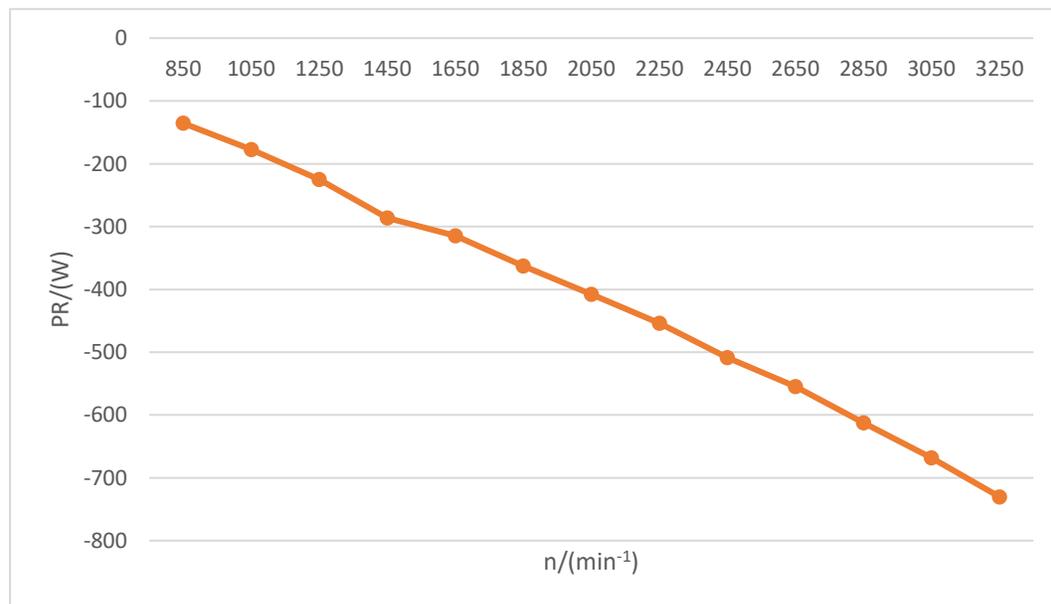


Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

Al analizar la figura 44 vemos que la tendencia es descendente lo que indica que a medida que la velocidad de giro aumenta, la potencia de fricción disminuye a pesar de la existencia de fluctuaciones en las velocidad de giro 1650rpm según la gráfica siendo esta la fluctuación más pronunciada en comparación a la tendencia de la línea general sin embargo, debemos notar que los valores de la potencia de fricción son negativos y aumenta en magnitud negativa a medida que la velocidad de giro aumenta esto nos muestra que existe un incremento en las perdidas por fricción conforme se acelera el motor donde las perdidas por fricción tiende aumentar de acuerdo a la velocidad de giro, los datos nos muestran una relación descendente entre la potencia de fricción ( $P_r$ ) y la velocidad de giro ( $n$ ) con valores negativos que nos indican las perdidas por fricción en el sistema. Esta información es crucial para comprender el comportamiento y la eficiencia energética en el sistema.

#### Figura 44

*Potencia de Fricción TOP1 10W-40*

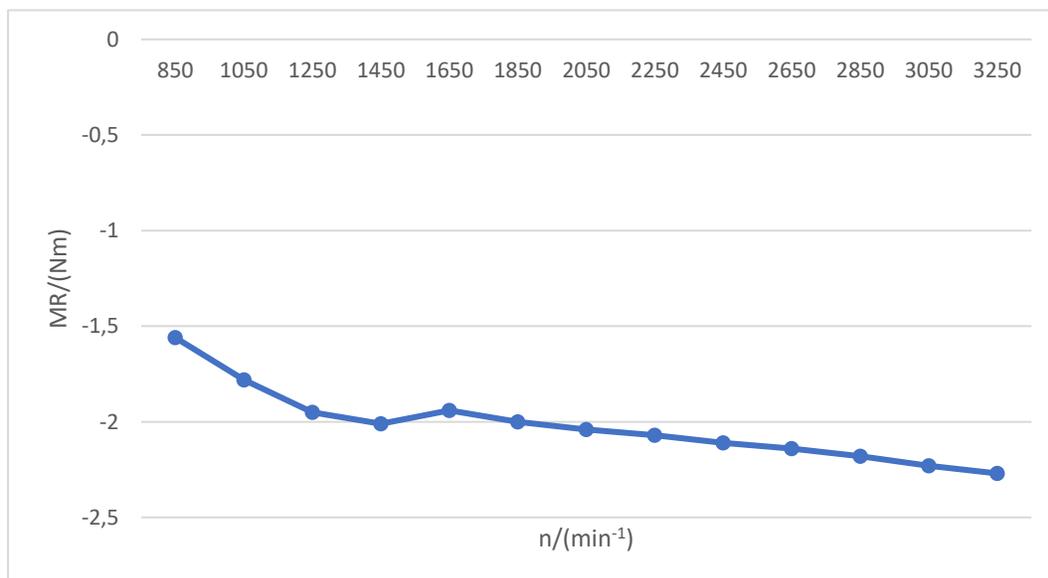


Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

**TOP1 20W50.** Al analizar el figura 45 vemos que la tendencia es descendente con existencia de varias fluctuaciones en la línea en las velocidades de giro 1650 rpm donde existe una variación notoria en la fricción esto puede ser varios factores tales como las condiciones de operación del motor, viscosidad del lubricante o desgaste en componentes mientras en velocidades de giro mayores las fluctuaciones son relativamente menores en comparación con tendencia descendente en la curva de fricción frente a ello la curva de fricción nos indica que a medida que la velocidad de giro aumenta, el par de fricción disminuye, sin embargo, debemos notar que los valores del par de fricción son negativos y aumenta en magnitud negativa a medida que la velocidad de giro aumenta esto nos muestra que existe un incremento en las perdidas por fricción conforme se acelera el motor, este comportamiento es coherente con las características esperadas de la fricción en sistemas mecánicos, donde las perdidas por fricción tiende aumentar de acuerdo a la velocidad de giro.

### Figura 45

*Curvas de Fricción TOP1 20W-50*



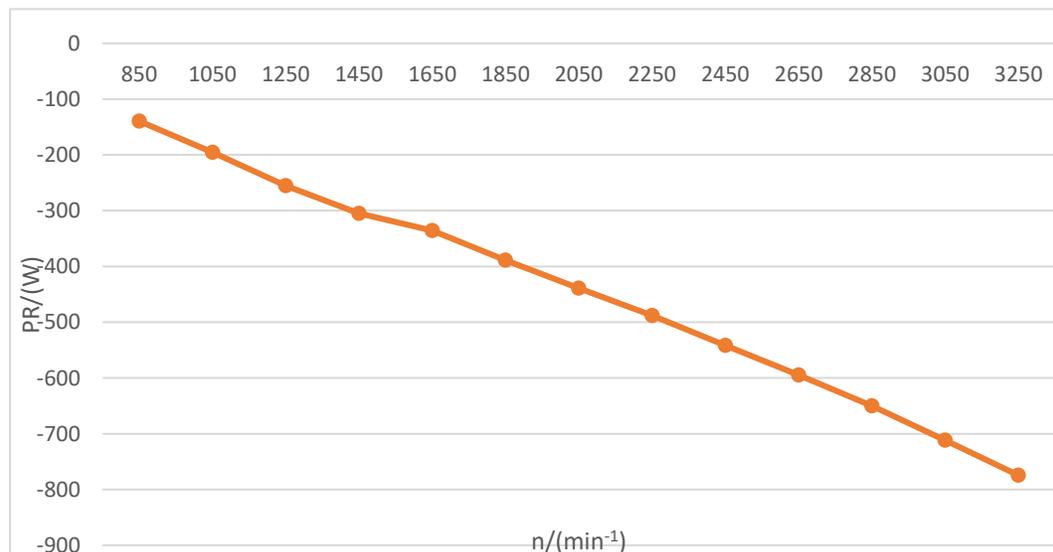
## Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

Al analizar la figura 46, se aprecia que la tendencia es descendente lo que indica que a medida que la velocidad de giro aumenta, la potencia de fricción disminuye a pesar de la existencia de fluctuaciones en las velocidad de giro 1650 rpm según la gráfica siendo esta la fluctuación más pronunciada en comparación a la tendencia de la línea general sin embargo, debemos notar que los valores de la potencia de fricción son negativos y aumenta en magnitud negativa a medida que la velocidad de giro aumenta esto nos muestra que existe un incremento en las perdidas por fricción conforme se acelera el motor donde las perdidas por fricción tiende aumentar de acuerdo a la velocidad de giro, los datos nos muestran una relación descendente entre la potencia de fricción ( $P_r$ ) y la velocidad de giro ( $n$ ) con valores negativos que nos indican las perdidas por fricción en el sistema.

Esta información es crucial para comprender el comportamiento y la eficiencia energética en el sistema.

### Figura 46

*Potencia de Fricción TOP1 20W-50*



Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

### ***Gráficos Comparativos***

Esta sección tiene como objetivo comparar y analizar las curvas de fricción y potencia de fricción obtenidos de los aceites mediante la experimentación para ello tomamos las combinaciones antes descritas y las representamos en grafico de líneas para su mayor comprensión.

**Valvoline SAE 10W40 / 20W-50.** La Figura 47 muestra la relación entre la velocidad de giro y el par de fricción para dos tipos de aceite, en este caso nuestra primera combinación Valvoline 10W-40 / 20W-50.

Al observar la gráfica podemos ver a simple vista una tendencia descendente a medida que sube la velocidad de giro en los dos tipos de viscosidades del aceite Valvoline lo cual es esperado en un lubricante sin embargo debemos tomar en cuenta que los valores del par de fricción son negativos lo que indica la perdida por fricción, la tasa de aumento del par de fricción va variando entre los dos tipos de aceite.

En el caso del Aceite Valvoline 10W-40 a bajas velocidades de giro 850rpm el par de fricción es -1.55 Nm a medida que aumenta la velocidad de giro a los 3250 rpm alcanza un valor de -2.22 Nm.

Por otro lado, el Aceite Valvoline 20W-50 muestra un comportamiento casi similar a bajas velocidades de giro 850 rpm, el par de fricción -1.76 Nm a medida que aumenta la velocidad de giro a los 3250 rpm alcanza un valor de -2.36 Nm.

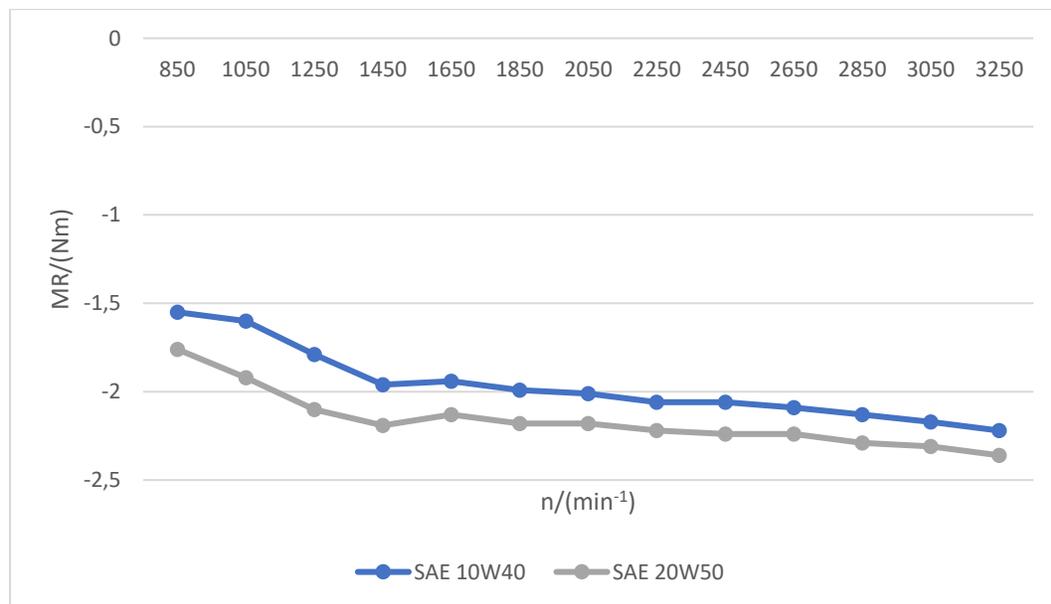
Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

Ambos valores muestran un patrón similar de aumento en el par de fricción en medida que aumenta la velocidad de giro con valores ligeramente más altos en el lubricante Valvoline 20W-50 en comparación con el lubricante Valvoline 10W-40 en todas las velocidades de giro.

Estos datos recopilados a través de la experimentación nos sugieren que el aceite Valvoline 10W-40 proporciona una menor reducción de fricción de manera general con valores de par de fricción más estables por la variación mínima de estos datos en comparación al aceite Valvoline 20W-50.

### Figura 47

*Curvas de Fricción Valvoline SAE 10W-40 / 20W-50*



La Figura 48 muestra la relación entre la velocidad de giro y la potencia de fricción para dos tipos de aceite, en este caso nuestra primera combinación Valvoline 10W-40 / 20W-50.

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

Al observar la gráfica podemos ver a simple vista una tendencia descendente a medida que la velocidad de giro en los dos tipos de viscosidades del aceite Valvoline lo cual es normal en el comportamiento de los motores sin embargo debemos tomar en cuenta que los valores de la potencia de fricción son negativos lo cual podemos deducir que indica la pérdida de energía debido a la fricción.

La curva de potencia de fricción para el Aceite Valvoline 10W-40 nos indica que a medida que el motor gira más rápido, la pérdida de energía debido a la fricción disminuye sin embargo debemos tomar en cuenta que los valores de potencia de fricción también aumentan al girar más rápido el motor.

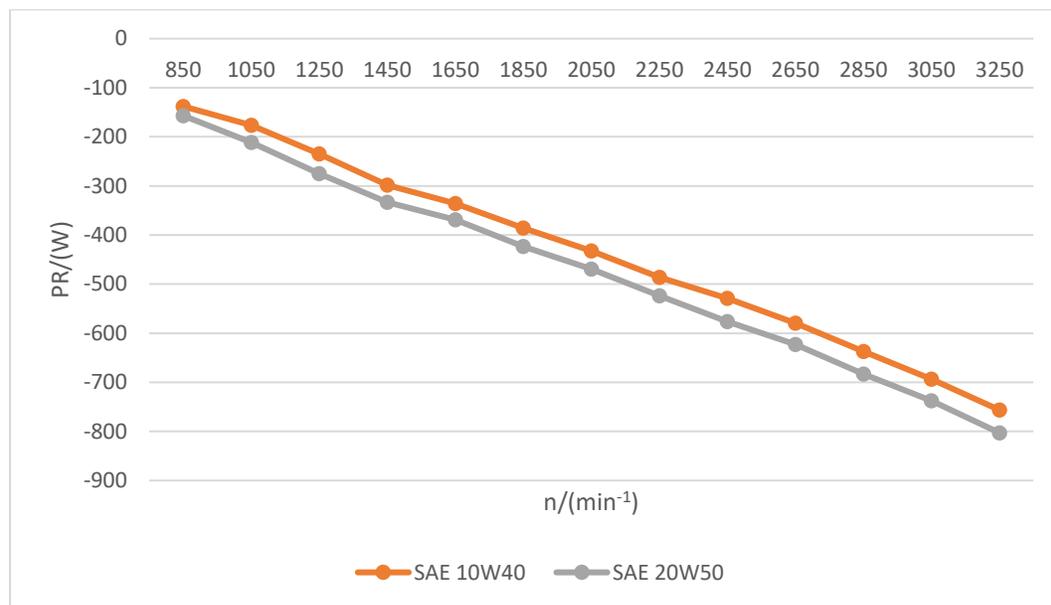
La curva de potencia de fricción para el Aceite Valvoline 20W-50 no es muy diferente al caso del lubricante SAE 10W-40, nos indica que a medida que el motor gira más rápido, la pérdida de energía debido a la fricción disminuye sin embargo de igual forma el caso anterior los valores de potencia de fricción también aumentan al girar más rápido el motor.

En la gráfica se muestra que a velocidades de giro iguales el aceite Valvoline 20W-50 tiende a generar valores de potencia de fricción más altos estos nos pueden sugerir que el lubricante 20W-50 puede presentar una mayor viscosidad a velocidades de giro más altas específicamente. 2250 rpm 2650 rpm y a las 3050 rpm.

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

**Figura 48**

*Potencia de Fricción Valvoline SAE 10W-40 / 20W50*



**TOP1 SAE 10W-40 / 20W-50.** La Figura 49 muestra la relación entre la velocidad de giro y el par de fricción para dos tipos de aceite, en este caso nuestra segunda combinación TOP1 10W-40 / 20W-50.

Al observar la gráfica podemos ver a simple vista una tendencia descendente a medida que sube la velocidad de giro en los dos tipos de viscosidades del aceite Valvoline lo cual es esperado en un lubricante sin embargo debemos tomar en cuenta que los valores del par de fricción son negativos lo que indica la pérdida por fricción, la tasa de aumento del par de fricción va variando entre los dos tipos de aceite.

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

En el caso del Aceite TOP1 10W-40 a bajas velocidades de giro 850rpm el par de fricción es -1.52 Nm a medida que aumenta la velocidad de giro a los 3250rpm alcanza un valor de -2.14 Nm.

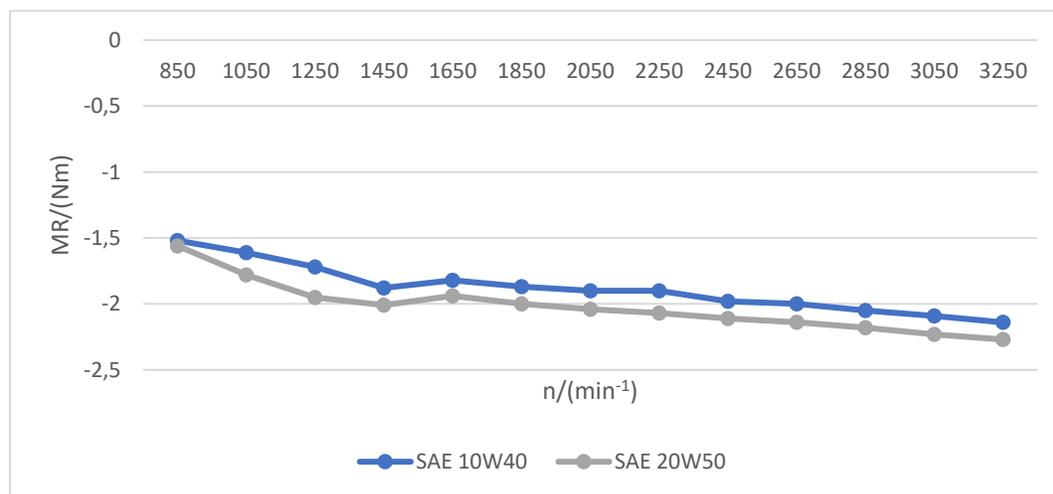
Por otro lado, el Aceite TOP1 20W-50 muestra un comportamiento casi similar a bajas velocidades de giro 850rpm, el par de fricción -1.56 Nm a medida que aumenta la velocidad de giro a los 3250rpm alcanza un valor de -2.27 Nm.

Ambos valores muestran un patrón similar de aumento en el par de fricción en medida que aumenta la velocidad de giro con valores ligeramente más altos en el lubricante TOP1 20W-50 en comparación con el lubricante TOP1 10W-40 en todas las velocidades de giro.

Aunque los valores de la potencia de fricción de los dos lubricantes van en aumento paulatinamente y en este análisis los valores del lubricante TOP1 20W-50 son ligeramente más altos existe consistencia en los incrementos de los valores al subir la velocidad de giro.

## Figura 49

*Curvas de Fricción TOP1 SAE 10W40 / 20W-50*



Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

La Figura 50 muestra la relación entre la velocidad de giro y la potencia de fricción para dos tipos de aceite, en este caso nuestra segunda combinación TOP1 10W-40 / 20W-50.

Al observar la gráfica podemos ver a simple vista una tendencia descendente a medida que sube la velocidad de giro en los dos tipos de viscosidades del aceite TOP1 lo cual es normal en el comportamiento de los motores sin embargo debemos tomar en cuenta que los valores de la potencia de fricción son negativos lo cual podemos deducir que indica la pérdida de energía debido a la fricción.

La curva de potencia de fricción para el Aceite TOP1 10W-40 nos indica que a medida que el motor gira más rápido, la pérdida de energía debido a la fricción disminuye sin embargo debemos tomar en cuenta que los valores de potencia de fricción también aumentan al girar más rápido el motor.

La curva de potencia de fricción para el Aceite TOP1 20W-50 no es muy diferente al caso del lubricante SAE 10W-40, nos indica que a medida que el motor gira más rápido, la pérdida de energía debido a la fricción disminuye sin embargo de igual forma el caso anterior los valores de potencia de fricción también aumentan al girar más rápido el motor.

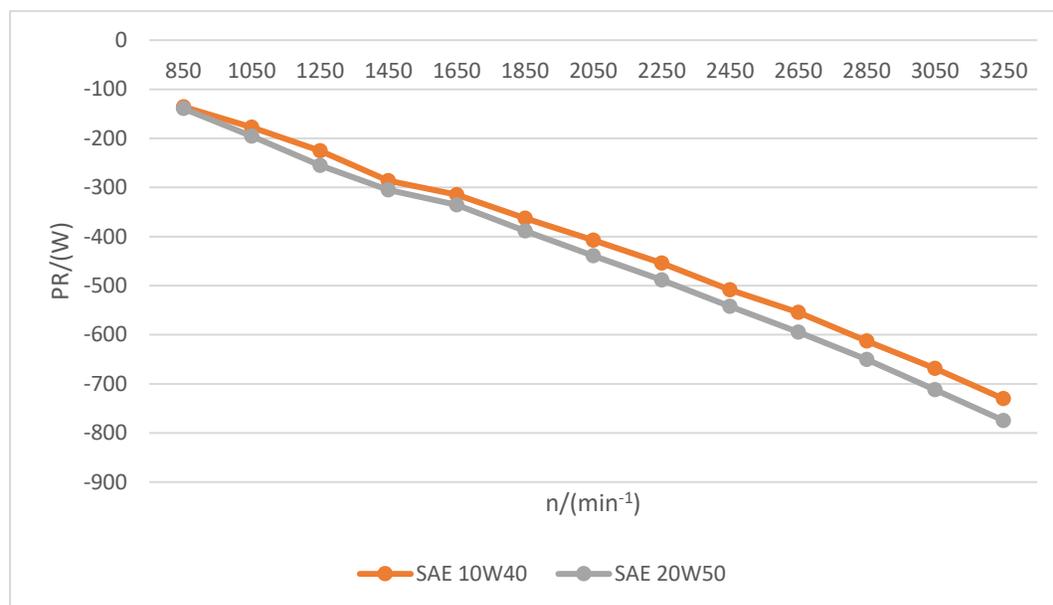
Comparando los dos tipos de aceite se muestra que a velocidades de giro menores a 2050rpm los lubricantes TOP1 SAE 20W-50 Y 10W-40 tiende a estar en parámetros similares donde no existen diferencias significativas, al aumentar la velocidad de giro a 2050rpm hasta los 3250 rpm la curva se separa pero no son separaciones significativas, aun así por los valores de los parámetros de la potencia de fricción nos pueden sugerir que el lubricante 20W-50 puede presentar una mayor viscosidad a velocidades de giro más altas específicamente a 2250 rpm

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

hasta 3250 rpm significativas esto resulta en una pérdida de energía mínima en ciertos rangos a comparación del lubricante SAE 10W-30.

### Figura 50

*Potencia de Fricción TOP1 SAE 10W-40 / 20W50*



**TOP1 / Valvoline SAE 10W40.** La Figura 51 muestra la relación entre la velocidad de giro y el par de fricción para dos tipos de marca de aceite misma viscosidad, en este caso nuestra tercera combinación Valvoline / TOP 1 SAE 10W40.

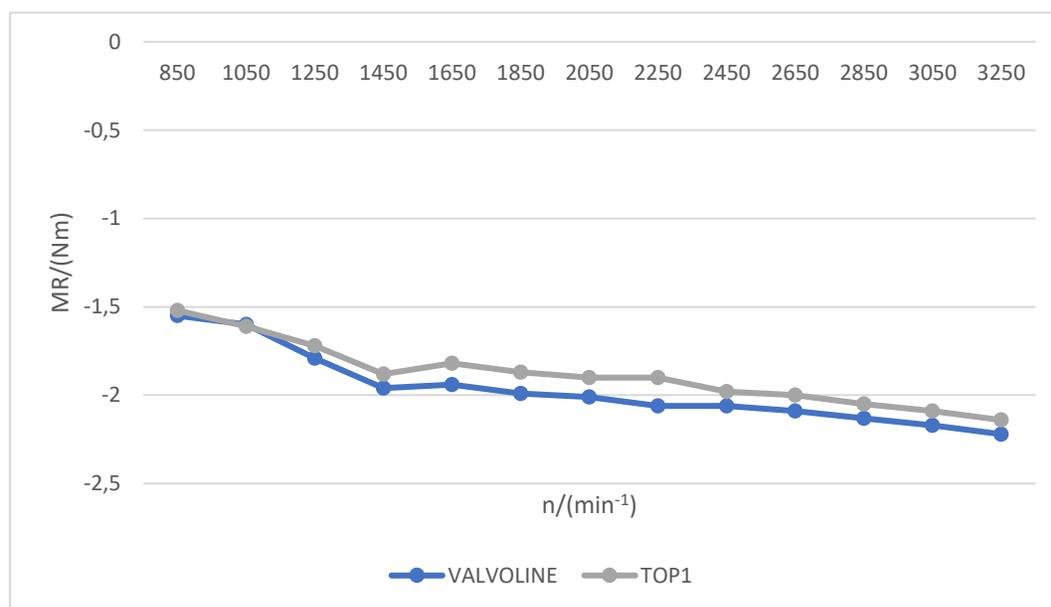
Al analizar la gráfica logramos mirar que para ambos aceites el par de fricción tiende a aumentar a medida que la velocidad de giro aumenta sugiriendo que las pérdidas por fricción aumentan. Los dos tipos de aceites demuestran comportamientos similares a lo largo del aumento paulatino de la velocidad de giro mostrando diferencias mínimas demostrando que ambos aceites tienen un rendimiento comparable en cuanto a fricción, en rango de velocidad entre 850 – 1450

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

rpm ambos aceites tiene un aumento gradual en el par motor de igual manera que en velocidades más altas 1650 rpm en adelante mostrando un comportamiento idéntico con mínimas diferencias.

### Figura 51

*Curvas de fricción TOP1 / Valvoline SAE 10W40*



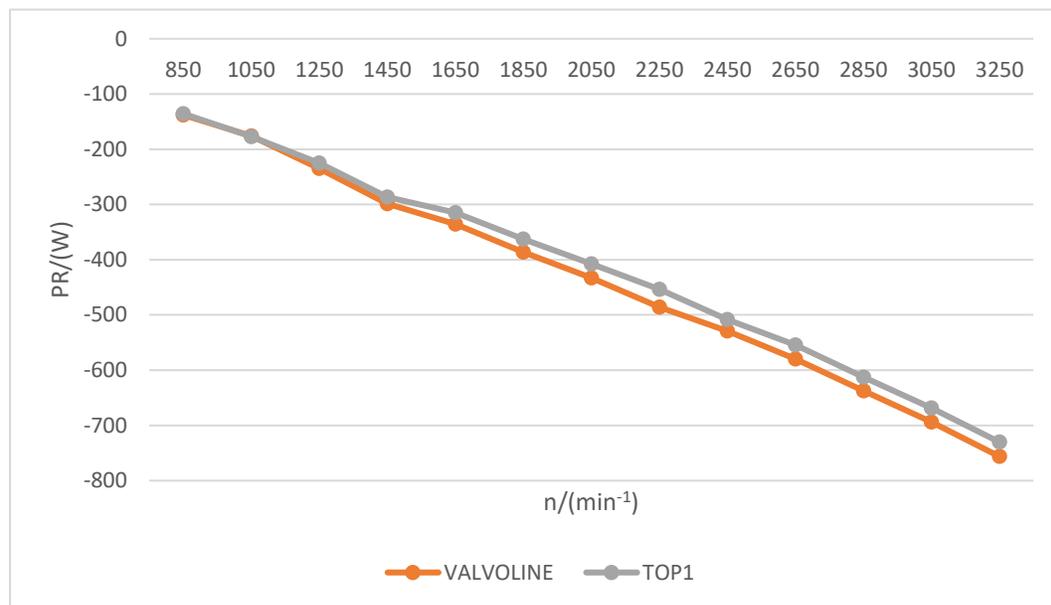
La Figura 52 muestra la relación entre la velocidad de giro y la potencia de fricción para dos tipos de marca de aceite misma viscosidad, en este caso nuestra tercera combinación Valvoline / TOP 1 SAE 10W40.

Al analizar la gráfica logramos observar que para el aceite Valvoline y TOP1 a bajas velocidad de giro entre 850 a 1450rpm la potencia de fricción presenta un incremento en la magnitud de manera gradual eh idéntica, pasado de los 1450rpm se observa diferencias no tan abruptas, por los valores de los parámetros de la potencia de fricción.

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

**Figura 52**

*Potencia de Fricción TOP1/Valvoline SAE 10W40*



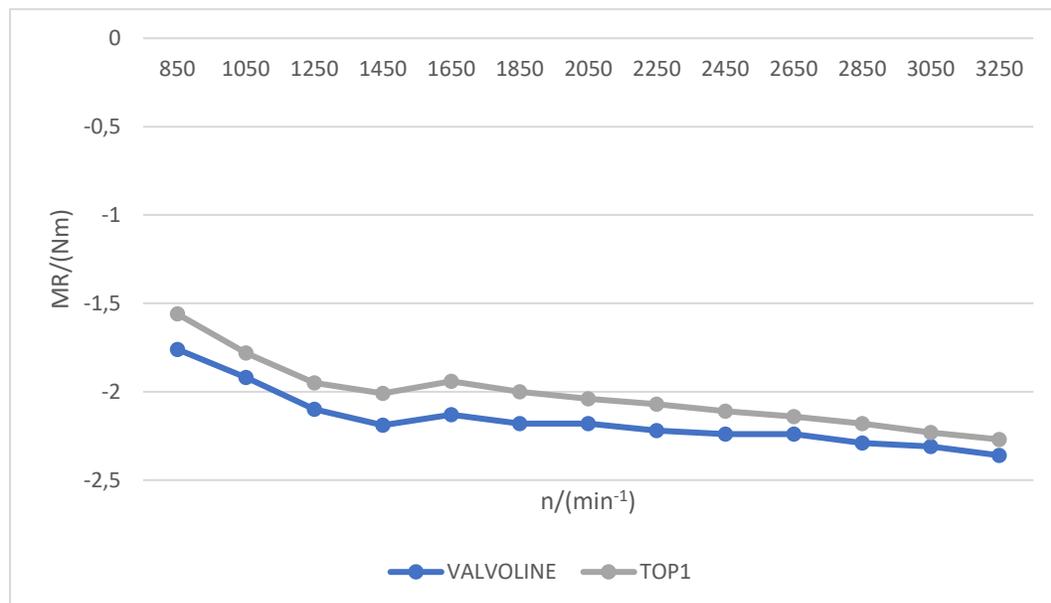
**TOP1 / Valvoline SAE 20W50.** La Figura 53 muestra la relación entre la velocidad de giro y el par de fricción para dos tipos de marca de aceite misma viscosidad, en este caso nuestra tercera combinación Valvoline / TOP 1 SAE 20W50.

Tras el análisis de las curvas de cada aceite puesta en comparación observamos como las curvas de ambos aceites son decrecientes a medida que aumenta la velocidad de giro, A velocidades de giro bajas entre 850 a 1050 rpm ambos aceites mantienen un rango similar reduciendo significativamente el par de fricción y en velocidades de giro altas de 1850 a 2450 rpm el par de fricción en el aceite Valvoline reduce su par de fricción significativamente llegando a la estabilización en los dos aceites en rangos de velocidad 2450 rpm en adelante.

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

**Figura 53**

*Curvas de Fricción TOP1 / Valvoline SAE 20W50*



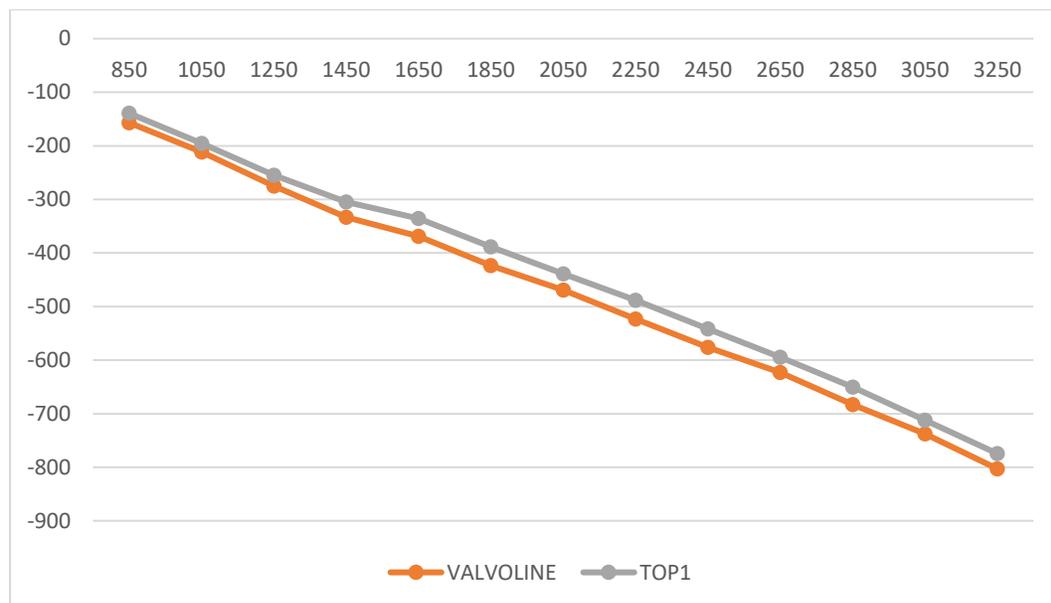
La Figura 54 muestra la relación entre la velocidad de giro y la potencia de fricción para dos tipos de marca de aceite misma viscosidad, en este caso nuestra tercera combinación Valvoline / TOP 1 SAE 20W40.

Se puede observar que el aceite Valvoline y TOP1 muestran similitudes la pendiente de las líneas es casi constante una relación lineal lo cual nos sugiere que ambas marcas de aceite con misma viscosidad se comportan similarmente en términos de fricción en relación a la velocidad de giro sin embargo en rangos de velocidad 1250 a 2050 rpm la marca de aceite Valvoline es ligeramente más baja en términos negativos comparada con la marca de aceite TOP1.

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

**Figura 54**

*Potencia de Fricción TOP1/Valvoline SAE 20W50*



### Discusión de los Resultados

#### Evaluaciones Pérdidas por Fricción

Una vez analizados los datos de los ensayos se centró en evaluar las pérdidas por fricción en un motor de dos tiempos CT150 utilizando diferentes tipos de aceite multigrados. Los resultados que se obtuvieron a través de los ensayos proporcionaron una visión detallada como cada tipo de aceite afecta al rendimiento del motor en términos de par y potencia de fricción en función a la velocidad de giro.

Para facilitar la comparación directa entre las diferentes combinaciones de marcas y viscosidades, se presenta la figura 55, resumen de las curvas de potencia de fricción. Esta representación que los aceites con mayores niveles de viscosidad Valvoline y TOP 1 SAE

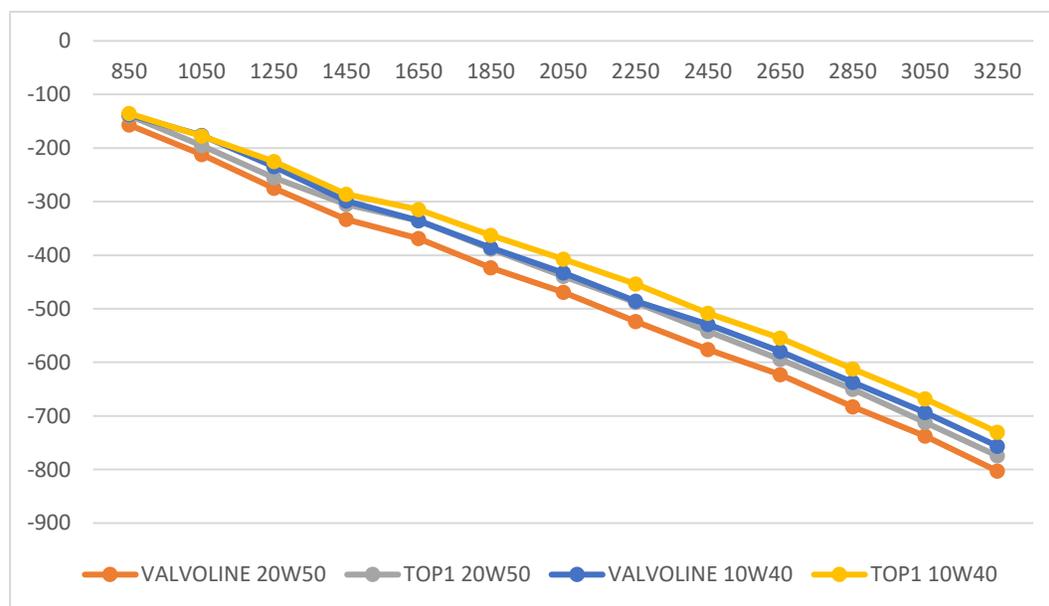
Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

20W50, generan mayores pérdidas de fricción en comparación de los aceites de menor viscosidad Valvoline y TOP1 SAE 10W40.

Esto se debe a que los aceites de alta viscosidad a pesar de ofrecer mayor protección en condiciones de alta carga y temperatura, también generan mayor resistencia interna en el motor debido al grosor de la película que genera dicho lubricante.

### Figura 55

*Potencia de Fricción TOP1 SAE 10W40-20W50/ Valvoline SAE 10W40-20W50*



Estas pruebas son consistentes con lo referido por Jimenez et. al. (2021) quienes demostraron a través de su experimentación que la utilización de los aceites de baja viscosidad favorece a la reducción de gases contaminantes en el motor, esto se debe por el menor esfuerzo que ejerce el motor para vencer las fuerzas de fricción.

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

Una observación importante es que, aunque los aceites TOP1 y Valvoline SAE 20W50 muestra un aumento mayor en las pérdidas por fricción con la velocidad de giro del motor, los aceites TOP1 y Valvoline SAE 10W40 muestras de igual manera también un aumento en pérdidas por fricción de menor grado esto nos sugiere que en término de eficiencia mecánica los aceites de menor viscosidad son más beneficiosos, aunque esto compromete a la protección en condiciones extremas de trabajo del motor.

Por otra parte, Jimenez et. al. (2021) señalaron que en ciertos casos donde los vehiculos presenten un cierto grado de desgaste en el motor se prefiere el uso de aceites con mayor viscosidad frente a que esto pueda llevar a un incremento de consumo de combustible y emisiones de gases.

Un estudio de la evaluación del impacto de los aceites de baja viscosidad en el consumo de combustible y el rendimiento del motor en condiciones reales indicaron que el uso de aceites de menor viscosidad puede reducir el consumo de combustible hasta un 3.7 % dependiendo su diseño y condiciones de operación. (Martinez-Tormo et al., 2016)

Además, los datos recabados a través de la experimentación nos muestran que las pérdidas por fricción aumentan con la velocidad de giro del motor lo que se puede atribuir a mayor contacto entre las partes móviles y fijas del motor por ello a mayores fuerzas de fricción. Este incremento en base a la velocidad de giro nos muestra la relación no lineal entre velocidad y resistencia interna del motor.

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

Además, la investigación sobre la caracterización físico-química de aceites usados mostró que la viscosidad es un factor crítico en el lubricante una disminución en la viscosidad puede comprometer la protección del motor aumento su desgaste. (Tejada Tovar et al., 2017)

Es importante añadir que la selección del aceite adecuado debe verse en base a factores como las condiciones de operación del motor, el estado de desgaste y recomendaciones del fabricante, la elección de un aceite de baja viscosidad puede contribuir en término de eficiencia y reducción de emisiones pero también puede no estar dando la protección necesaria contra el desgaste, especialmente en motores con operaciones severas o con larga trayectorias de uso.

### **Conclusión**

Los experimentos realizados han permitido medir las pérdidas de fricción de un motor de encendido de baja cilindrada utilizando aceites multigrados Valvoline 10W30 - 20W50 TOP1 10W30 - 20W50 demostrando que las que las pérdidas por fricción aumentan con la velocidad de giro de motor para todos los tipos de aceites, las diferentes marcas y viscosidades de aceites analizadas permitieron identificar cuales optimizan el funcionamiento del motor reduciendo la pérdida de energía debido a la fricción existente en el motor.

Se determinó que el torque vario en base al régimen de revolución del motor y el tipo de aceite por su viscosidad influyen significativamente en el torque de fricción, esta relación directa permitió calcular la potencia de fricción en la cual se evidencio que los aceites con menor viscosidad bajo ciertas condiciones operativas presentan mejores resultados en términos de eficiencia.

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

La eficiencia en la pérdida de fricción mediante la representación gráfica de los datos obtenidos, permitió visualizar y comprender de mejor manera las diferencias de desempeño de cada uno de los aceites puestos en experimentación facilitando poder obtener un criterio sólido de elección sobre que aceite es más adecuado para minimizar la pérdida de fricción en motores de baja cilindrada.

### **Recomendación**

Para la optimización de desempeño y durabilidad de motores de baja cilindrada debemos seleccionar aceites multigrados con propiedades de baja viscosidad bajo que mantenga su efectividad en condiciones específicas en el caso del estudio en el rango de velocidades evaluados.

Establecer programas de mantenimientos regulares que se enfoquen en el monitoreo y sustitución periódica del aceite del motor, el uso de aceites de alta calidad puede prolongar la vida útil del motor y mejorar su rendimiento general.

Aunque los datos obtenidos a través del banco experimental fueron ensayados varias veces buscando estrictamente acercarse a datos reales, se sugiere realizar pruebas adicionales en condiciones reales de operación para validar los hallazgos y asegurar que los beneficios observados en el laboratorio se traduzcan en mejoras tangibles en el rendimiento del motor en el campo.

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

### **Bibliografías**

- Polinar Inocente, Linderson, Martinez Villanueva José Luis, José Luis, Hinostraza Palomino, Jhon Derlis. (2017). *Elaboración de un modelo de banco de pruebas para el diagnóstico de computadoras automotrices en un motor Toyota*. Lima: Instituto de Educación Superior Privada "Red Avansys".
- Acuña , R. (2005). Metodología tribologica para grupos de equipos aplicable a pequeñas y medianas industrias. *Monografía presentada para optar El título de ingeniero Mecanico*. Unidad Tecnologica de Bolivar, Cartagena.
- Adeva, R. (13 de mayo de 2022). *adslzone.net*. Obtenido de <https://www.adslzone.net/reportajes/tecnologia/impresion-3d/>
- adslzone. (13 de 05 de 2022). *Adls zone*. Obtenido de <https://www.adslzone.net/reportajes/tecnologia/impresion-3d/>
- Albarracin , P. (2015). *Tribologia y Lubricación* . Medellin: Tribos Ingenieria SAS.
- ALVARADO, G. K. (2021). *UNIVERSIDAD ESTATAL DEL SUR DE*. Obtenido de <http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/3134/1/TESIS%20-%20SANTISTEVAN%20ALVARADO%20GISSELLA%20KATHERINE.pdf>
- Alzallu, J. (2015). Clasificación ACEA para aceites de motor. *PublicacionesDidacticas*, 60-125.

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

American Petroleum Institute. (s.f de 2020). Guia sobre aceite de motor API. *Sistema de aprobación y certificación de aceite de motor.*

ARDUINO. Cl. (2010). Obtenido de <https://arduino.cl/que-es-arduino/#:~:text=Arduino%20Naci%C3%B3n%20en%20el%20a%C3%B1o,uso%20interno%20de%20la%20escuela>

Arias, M. (2013). Evaluación de las condiciones físico químicas del aceite lubricante quemado de los motores a diesel de los buses de transporte urbano en la ciudad de Quito. *Proyecto a la obtención del título Tecnólogo en mantenimiento Industrial.* Escuela Politécnica Nacional, Quito.

Asensio, D. (2010). Evolucion del rendimiento de un motor de combustión interna. Aplicación a pistones. *Proyecto final de carrera.* Universidad de Ingeniería Técnica Industrial de Barcelona, Barcelona.

asidek. (4 de diciembre de 2020). *asidek.es.* Obtenido de <https://www.asidek.es/industria-y-fabricacion-2/autodesk-inventor/>

Asidek.es. (2020). *Asidek CT Solutions Autodesk .* Obtenido de <https://www.asidek.es/industria-y-fabricacion-2/autodesk-inventor/>

Auto Avance. (12 de 06 de 2013). Obtenido de <https://www.autoavance.co/?s=Sensor+CMP>

Auto Avance. (08 de 01 de 2014). *Auto Avance.* Obtenido de Vehicle Speed Sensor VSS – ¿Para qué sirve?: <https://www.autoavance.co/?s=sensor+vss>

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

Auto Avance. (15 de 10 de 2015). *BLOG TÉCNICO AUTOMOTRIZ*. Obtenido de Tipos de Sensores ABS (Velocidad de Rueda): <https://www.autoavance.co/blog-tecnico-automotriz/194-tipos-de-sensores-abs-velocidad-de-rueda/>

Auto Avance. (08 de 06 de 2019). *Auto Avance*. Obtenido de Sensor de Posición del Cigüeñal CKP: <https://www.autoavance.co/blog-tecnico-automotriz/135-sensor-de-posicion-del-cigueenal-ckp/>

Auto Avance. (07 de 10 de 2019). *Sensor MAP Fallas y Funcionamiento*. Obtenido de <https://www.autoavance.co/blog-tecnico-automotriz/sensor-map-para-que-sirve/>

Auto Avance. (01 de 02 de 2021). Obtenido de BLOG TÉCNICO AUTOMOTRIZ: <https://www.autoavance.co/blog-tecnico-automotriz/sensor-pedal-acelerador/#:~:text=El%20Sensor%20APP%20indica%20a,del%20Cuerpo%20de%20Aceleraci%C3%B3n%20Motorizado.>

Baez, J. (2021). Analisis termico de un motor monocilindrico de 9HP estacionario. *Tesis para la obtencion de grado para optar titulo Ingeniero Mecanico*. Universidad ECCL, Bogota.

Baez, S. (2022). *Construcción y puesta en funcionamiento de una máquina de cilindros cruzados para la evaluación del desgaste adhesivo*. Bilbao: Red Dyna .

Barrera , L., & Romero , F. (2015). Diagnostico de la contaminación ambiental causada por aceites usados provenientes del sector automotor y planteamiento de soluciones viables para el gobierno autonomo descentralizado del cantón Azogues. *Tesis de grado previo*

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

*obtención del título de Ingeniero Mecánico Automotriz. Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca.*

Bielsa, C. (2022). Estudio del mantenimiento de los sistemas de lubricación de los motores principales de un buque Ro-Ro. *Grado en Tecnologías marítimas. Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona.*

Blog.330ohms. (2016). Motores a pasos... ¿unipolares o bipolares? *Blog.330ohms*,  
<https://blog.330ohms.com/2016/02/09/motores-a-pasos-unipolares-o-bipolares/>.

Buestan , C., & Jarama , C. (2016). Diagnostico de fallas en el sistema de lubricación de un motor de combustión interna a gasolina Hyundai Accent DOHC 1.5L mediante análisis de vibración. *Trabajo de titulación previo a la obtención título Ingeniero Mecánico Automotriz. Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca.*

Cabrera Quintero, Didier Lerroy. (2019). *Diseño e implementación de equipo para prueba y diagnóstico de sensores y actuadores del sistema de inyección electrónica para vehículos livianos a gasolina (EasyPro 1.0)*. Cali: Universidad Autónoma de Occidente.

Cam2.com. (23 de 09 de 2019). *Que es el Sensor ECT*. Obtenido de  
<https://www.cam2.com.pe/single-post/2019/09/23/-que-es-el-sensor-ect>

Castillo , F. (2007). *Tribología: Fricción, desgaste y lubricación* . Cuautitlan: Facultad de estudios superiores Cuautitlan .

Castillo, W. (2019). *Principios de tribología aplicados en la Ingeniería Mecánica*. Alicante: 3Ciencias.

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

Cedillo , A. (2014). Estudio de la incidencia de uso de filtros de aceites alternos en el envejecimiento prematuro del aceite del motor de combustión interna. *Tesis de grado previo a la obtención del título de Ingeniero Mecanico Automotriz*. Universidad Politecnica Salesiana, Cuenca.

cigua. (14 de 11 de 2011). *Scribd*. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/53005502/sensores>

Club Corsa Venezuela. (01 de 07 de 2014). *Pines ECU Corsa*. Obtenido de <https://clubcorsavenezuela.com/t/pines-ecu-corsa/1257>

Collaguazo, C. (2021). Analisis comparativo del comportamiento de un motor Honda Civic con diferentes grados de viscosidad de aceite a determinados regimenes de funcionamiento. *Trabajo de grado previo a la obtención del título Ingeniero en Mantenimiento Automotriz*. Universidad Tecnica del Norte, Ibarra.

Cuauro, R. J. (19 de 12 de 2016). *SlideShare una empresa de Scribd*. Obtenido de Sensores Resistivos: <https://es.slideshare.net/melendezcuauro/tema-2-sensores-resistivos#:~:text=Es%20una%20clase%20de%20sensores,son%20seguramente%20los%20m%C3%A1s%20abundantes.>

Diaz, C. (2010). Diseño de un plan de mantenimiento preventivo de motores diesel basado en analisis de aceite. *Proyecto previo a la obtención del título de Ingeniero Mecanico*. Escuela Politecnica Nacional, Quito.

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

Diaz, G. (8 de Febrero de 2021). *La tribología y el analisis de los lubricantes industriales*.

Obtenido de Terotecnic Ingenieria : <https://terotecnic.com/mantenimiento-predictivo/la-tribologia-y-el-analisis-de-los-lubricantes-industriales/>

Egas, J. (2014). Analisis de Factibilidad de introducir en el mercado Ecuatoriano una marca nueva de lubricantes automotrices fabricada localmente. *Tesis previo a la obtención del titulo Magister en Administración de Empresas*. Universidad Catolica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil.

Escudero, S. (2011). *Motores*. Reino Unido: Macmillan Iberia, S.A.

Flexfuel Company. (04 de 02 de 2022). *MECÁNICA DEL AUTOMÓVIL*. Obtenido de Sensor IAT: <https://www.flexfuel-company.es/sensor-iat/>

Guerrero, F. (2016). Determinación de la degradación y contaminación del aceite de motores Otto en función del kilometraje recorrido. *Magister en Sistemas Vehiculares*. Universidad del Azuay, Cuenca.

Hernández Bonifás, Pedro Damián. (2014). *BANCO DE PRUEBAS PARA INYECTORES ELECTRONICOS PARA LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ*.

Hetpro Store. (2021). *Herramientas tecnologicas profesionales*. Obtenido de DAC MCPA4725 + ARDUINO UNO: <https://hetpro-store.com/TUTORIALES/mcp4725-dac-con-arduino-uno/>

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

INGENIERÍA MECAFENIX. (17 de 05 de 2022). *La enciclopedia de la ingeniería*. Obtenido de

Sensor de proximidad inductivo:

<https://www.ingmecafenix.com/automatizacion/sensores/sensor-inductivo/>

Ingeniero Marino. (26 de Enero de 2016). *Tribologia - Lubricantes* . Obtenido de Ingeniero

Marino : [https://ingenieromarino.com/lubricantes-tribologia/#1-](https://ingenieromarino.com/lubricantes-tribologia/#1-Concepto_de_Lubricacion)

Concepto\_de\_Lubricacion

Jimenez, P., & Pinta , K. (2021). Analisis de la influencia de los aceites de baja viscosidad en la potencia y emisión de gases contaminantes de un vehiculo chevrolet Grand Vitara Año 2008. *Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Mecanico Automotriz* . Universidad Politecnica Salesiana , Cuenca.

Laica Cunalata, Wiliam Marcelo . (2012). *Implementación de un banco de pruebas para la unidad de control electrónico de vehículos con sistemas de inyección electrónica para la Escuela de Ingeniería Automotriz*. Riobamba: Escuela Superior Politecnica de Chimborazo.

Leonetti , R. (1989). Mecanismo de Lubricación . *Tribologia N8*.

Lopez, D. (2019). Evaluación y comparación del desgaste en una máquina pin o disk de los aceros inoxidable austeníticos 304L, y P298A. *Trabajo de Grado para optar al título de Ingeniero Mecanico*. Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira.

Losada, C. (s.f). *Tribologia y lubricación en ensayo de banco* . Toluca: Red Ciencia Ergo Sum.

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

Martinez Tormo , B., Miró-Mezquita, G., Pérez-Gutiérrez, T., & Pardo, J. (2016). Aceites de motor de baja viscosidad: ahorro de combustible y ensayo en condiciones reales. *Dyna*, 91, 668-674. doi:10.6036/7974

MecatrónicaLATAM. (23 de 04 de 2021). *MecatrónicaLATAM*. Obtenido de Diodo LED:

<https://www.mecatronicalatam.com/es/tutoriales/electronica/componentes-electronicos/diodo/diodo-led/#:~:text=El%20diodo%20emisor%20de%20luz,la%20luz%20en%20un%20haz.>

Melgar , A. (s.f). Introducción a los motores de combustión interna alternativos. *Departamento de Ingeniería y Fluidomecánica*. Universidad de Valladolid, Valladolid.

Moran, K. (2015). Re-refinación de aceites lubricantes usados mediante procesos físicos - químicos. *trabajo de graduación previo a la obtención del título de Ingeniero Químico*. Escuela superior politecnica del litoral, Guayaquil.

Moreno, L. (s.f). Contribución al desarrollo y a la mejora de técnicas para la detección y análisis de partículas metálicas y contaminantes en aceites lubricantes usados. *Tesis doctoral*. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.

Mundo del Motor . (01 de 2020). *Mundo Motor*. Obtenido de

<https://www.mundodelmotor.net/ecm-modulo-de-control-electronico/>

NTE INEN 2205. (2010). Vehículos automotores. Bus Urbano. Requisitos. Norma Técnica Ecuatoriana. Segunda revisión.

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

Padilla , N. (2013). Analisis de aceite para la deteccion temprana de fallas en motores caterpillar.

*Trabajo de titulacion para la obtencion del titulo Ingeniero Mecanico. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.*

Paredes Echeverría, Francisco Xavier. (2017). *Implementación de un banco simulador de follas de un sistema de inyección electrónica de combustible (gasolina) en un motor corsa de cuatro cilindros 1.6L MPFI.* Quito : Universidad Internacional del Ecuador .

Parera, A. (1990). *google academy.* Obtenido de

[https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=YFghI1bGeKsC&oi=fnd&pg=PA1&dq=sistemas+de+inyecci%C3%B3n+electr%C3%B3nica&ots=qI6lWBV-hL&sig=TCE8OuLTw\\_jENTZf0E11XYyKL0s#v=onepage&q=sistemas%20de%20inyecci%C3%B3n%20electr%C3%B3nica&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=YFghI1bGeKsC&oi=fnd&pg=PA1&dq=sistemas+de+inyecci%C3%B3n+electr%C3%B3nica&ots=qI6lWBV-hL&sig=TCE8OuLTw_jENTZf0E11XYyKL0s#v=onepage&q=sistemas%20de%20inyecci%C3%B3n%20electr%C3%B3nica&f=false)

Payri, F. (2015). *Motores de combustión interna alternativos* . Barcelona : REVERTÉ, S.A.

Pedrera, A. C. (2017). *google academy* . Obtenido de

[https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=Fw\\_RDgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA5&dq=que+es+arduino&ots=QVjAUrO571&sig=ZXFJDcw3JkOxRO3mb2jiplk8jZ4#v=onepage&q=que%20es%20arduino&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=Fw_RDgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA5&dq=que+es+arduino&ots=QVjAUrO571&sig=ZXFJDcw3JkOxRO3mb2jiplk8jZ4#v=onepage&q=que%20es%20arduino&f=false)

Peñafiel, S. (2017). Caracterización del manejo de aceites de desecho de automoviles e hidraulicos de origen industrial en la ciudad de Cuenca. *Trabajo de titulación previo a la obtención del titulo de Ingeniero Ambiental.* Universidad de Cuenca, Cuenca.

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

Revista Auto Crash. (22 de julio de 2015). *Evolución de los sistemas de inyección de combustible*. Obtenido de <https://www.revistaautocrash.com/evolucion-de-los-sistemas-de-inyeccion-de-combustible/>

Revista Especificar. (2021). Todo sobre los actuadores. *Revista Especificar*.

Rey, L. (2020). *Motores Policilindricos*. Obtenido de slideplayer:  
<https://slideplayer.es/slide/14607247/>

Rovira de Antonio, A. (2015). *Motores de combustion interna* . Madrid : ISBN.

Sánchez, D. (2018). Aavances en la metodología de analisis experimental de la combustión de un motor de combustión interna para la Investigación. *Trabajo de fin de grado para la obtencion del titulo Ingenieria en tecnologias Industriales*. Universidad Politecnica Madrid, Madrid.

soloparamecanicos. (s.f.). *soloparamecanicos.com*. Obtenido de  
<https://www.soloparamecanicos.com/protocolos-obdii-obd2/>

Taipe, V. (2021). Evaluacion experimental de un motor de encendido provocado bajo diferentes gasolinas . *Ingenius* , 17.

Tejada Tovar, C., Quiñonez-Bolaños , E., & Waldyr , F. (2017). Caracterización físico-química de aceites usados de motores para su reciclaje. *ResearchGate*, 15, 135-144.  
doi:10.15665/rp.v15i2.782

Ulicesci. (30 de juliio de 2014). *clubcorsavenezuela.com*. Obtenido de  
<https://clubcorsavenezuela.com/t/pines-ecu-corsa/1257>

Incidencia del aceite multigrado en las pérdidas por fricción en un motor de encendido provocado experimentalmente de baja cilindrada

Vela, L. G. (2016). *Revisión documental del protocolo CAN como herramienta de comunicación y aplicación en vehículos*. Sanfandila: Publicación Técnica No. 474.

Vilela Alva, G. J. (2020). *Implementación de un simulador de sonar utilizando hardware libre*.  
Obtenido de <https://repositorio.unp.edu.pe/handle/20.500.12676/2599>

Viteri, L., & Jaramillo, J. (2011). Análisis de la degradación de aceites lubricantes y propuesta de planes de mejora para el mantenimiento del equipo pesado del ilustre municipio del cantón archidona. *Tesis de grado para la obtención del título Ingeniero Automotriz*.  
Escuela superior politecnica de Chimborazo, Riobamba.

Wills, G. (s.f). *Lubrication Fundamentals*. New York : Mobil.