



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
**SEDE CUENCA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

PLAN DE FACTIBILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA PARA LA IMPLEMENTACIÓN  
DE UN LABORATORIO DE ANÁLISIS DE ACEITES EN LA UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA

Trabajo de titulación previo a la obtención del  
título de Ingeniero Mecánico Automotriz

AUTORES: JONNATHAN ANDRÉS ORTIZ LITUMA  
MODESTO SEVERO ESPINOZA PARRA  
TUTOR: ING. MILTON OSWALDO GARCÍA TOBAR, MSc.

Cuenca - Ecuador  
2023

## **CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Nosotros, Jonnathan Andrés Ortiz Lituma con documento de identificación N° 0106237167 y Modesto Severo Espinoza Parra con documento de identificación N° 0302929856; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 15 de febrero del 2023

Atentamente,



---

Jonnathan Andrés Ortiz Lituma

0106237167



---

Modesto Severo Espinoza Parra

0302929856

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Jonnathan Andrés Ortiz Lituma con documento de identificación N° 0106237167 y Modesto Severo Espinoza Parra con documento de identificación N° 0302929856, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto técnico: “Plan de factibilidad técnico-económica para la implementación de un laboratorio de análisis de aceites en la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Mecánico Automotriz, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 15 de febrero del 2023

Atentamente,

---

Jonnathan Andrés Ortiz Lituma

0106237167

---

Modesto Severo Espinoza Parra

0302929856

## CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Milton Oswaldo García Tobar con documento de identificación N° 0104282181, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: PLAN DE FACTIBILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN LABORATORIO DE ANÁLISIS DE ACEITES EN LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA, realizado por Jonnathan Andrés Ortiz Lituma con documento de identificación N° 0106237167 y por Modesto Severo Espinoza Parra con documento de identificación N° 0302929856, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 15 de febrero del 2023

Atentamente,



---

Ing. Milton Oswaldo García Tobar

0104282181

## **AGRADECIMIENTO**

*Al Ing. Milton García Tobar director de este trabajo de titulación por su guía y paciencia durante la elaboración de este trabajo.*

*Y también a todas y cada una de las personas que fueron parte de este proyecto directa o indirectamente con sus mensajes de apoyo fortaleciendo el entusiasmo y ganas de salir adelante.*

***Jonnathan Andrés Ortiz Lituma***

## **AGRADECIMIENTO**

*Agradezco primeramente a Dios por permitirme darme fuerzas para lograr culminar una carrera universitaria, a mis padres Noemi y Severo y a hermana Noemi por brindarme su apoyo incondicional y consejos las cuales me ha permitido salir adelante en toda esta etapa de formación académica.*

*A nuestro tutor Ing. Milton García por apoyarnos durante todo el proceso y paciencia lo cual nos ha permitido culminar el siguiente trabajo de titulación, en lo que se refiere a las correcciones de la misma.*

*También a todos los docentes de la carrera de Ingeniería Mecánica Automotriz que nos han brindado sus sabios conocimientos durante toda esta carrera universitaria, la cual ha estado compuesta de motivación.*

***Modesto Severo Espinoza Parra***

## **DEDICATORIA**

*A mis Padres y familiares que me han brindado un apoyo incondicional, durante toda mi carrera universitaria, ya que con su apoyo esto no sería posible, también a los docentes que me han sabido compartir sus conocimientos de forma desinteresada con la intención de formar un profesional lleno de valores que estarán presentes en mi vida profesional y personalmente.*

***Jonnathan Andrés Ortiz Lituma***

## **DEDICATORIA**

*Dedicó esta tesis a mis padres y a mi hermana por brindarme sus consejos, fuerza y motivación la cual me ha impulsado salir adelante durante toda esta etapa la cual es en conseguir un Título universitario y esto es por ellos.*

***Modesto Severo Espinoza Parra***



## **RESUMEN**

Un análisis de aceite es una herramienta potencial en el mantenimiento de maquinarias pues con su aplicación, se logra una mayor producción y durabilidad al máximo de los equipos. De igual manera se consigue el mismo efecto sobre lubricante usado, debido a que un análisis de aceite brinda información sobre la salud y contaminación de este, así como también, el desgaste de la máquina. A partir de estos resultados se puede direccionar el mantenimiento adecuado a los equipos, y de este modo alargar al máximo su vida útil. Los estudiantes de la Universidad Politécnica Salesiana proponen la implementación de un laboratorio de análisis de aceite dentro de la institución debido a la variedad de mercado en esta rama del mantenimiento tanto en la provincia del Azuay como también en las provincias cercanas. Para ello se investiga y se propone la infraestructura y equipos necesarios para este laboratorio; así como un análisis de mercado bajo el cual se plantean los parámetros a analizar en una muestra de aceite y su costo respectivo. Finalmente, se concluye con la afirmación sobre la factibilidad de implementar este laboratorio de análisis de aceite en la UPS en función a la inversión, servicios que se ofrecerían, y equipos ya disponibles en los laboratorios de la Universidad.

### **Palabras Clave:**

ASTM, FTIR, Análisis de Aceite, laboratorio, investigación

## **ABSTRACT**

An oil analysis is a potential tool in the maintenance of machinery because with its application, a greater production and maximum durability of the equipment is achieved.

In the same way, the same effect is achieved on used lubricant, because an oil analysis provides information on its health and contamination, as well as the wear of the machine. Based on these results, adequate maintenance can be directed to the equipment, and thus extend its useful life to the maximum. The students of the Salesian Polytechnic University propose the implementation of an oil analysis laboratory within the institution due to the variety of markets in this branch of maintenance both in the province of Azuay and in nearby provinces. For this, the necessary infrastructure and equipment for this laboratory is investigated and proposed; as well as a market analysis under which the parameters to be analyzed in an oil sample and their respective cost are proposed. Finally, it concludes with the statement about the feasibility of implementing this oil analysis laboratory at UPS based on the investment, services that would be offered, and equipment already available in the laboratories of the University.

### **Keywords:**

ASTM, FTIR, Oil analysis, laboratory, research

# INDICE GENERAL

<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	5
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	6
<b>DEDICATORIA</b> .....	7
<b>DEDICATORIA</b> .....	8
<b>RESUMEN</b> .....	9
<b>ABSTRACT</b> .....	10
<b>INDICE DE FIGURAS</b> .....	12
<b>INDICE DE TABLAS</b> .....	13
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	14
<b>PROBLEMA DE ESTUDIO</b> .....	16
<b>OBJETIVOS</b> .....	18
<b>1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA</b> .....	1
<b>1.1. Aspectos generales de infraestructura y personal técnico dentro un laboratorio de análisis de aceite</b> .....	1
<b>1.1.1. Laboratorios</b> .....	1
<b>1.1.2. Persona Técnico</b> .....	2
<b>1.2. Planta Física y condiciones ambientales</b> .....	6
<b>1.2.1. Requerimientos generales de Infraestructura</b> .....	6
<b>1.2.2. Requerimientos generales de Instalaciones</b> .....	8
<b>1.3. Ensayos, calibración/Validación</b> .....	10
<b>1.4. Estudio del lubricante</b> .....	11
<b>1.5. Trazabilidad y Muestreo</b> .....	12
<b>1.6. Aseguramiento de la Calidad</b> .....	12
<b>1.7. Informe de Resultados</b> .....	13
<b>1.8. ANÁLISIS DE LUBRICANTE</b> .....	13
<b>1.8.1. Categorías para análisis de lubricantes.</b> .....	14
<b>1.9. Salud del lubricante.</b> .....	15
<b>1.10. Contaminación del lubricante</b> .....	21
<b>1.11. Desgaste de la maquina</b> .....	23
<b>1.12. Equipos y ensayos para análisis de lubricantes</b> .....	26
<b>1.12.1. Tipos de equipos para análisis de lubricante</b> .....	28
<b>2. LABORATORIO DE ANÁLISIS DE ACEITE EN LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA.</b> .....	33
<b>2.1. Higiene y seguridad industrial.</b> .....	34
<b>2.1.1. Cultura preventiva en la Universidad Politécnica Salesiana</b> .....	34

2.1.2.	Análisis de riesgos en laboratorios.....	35
2.2.	Ubicación geográfica.....	36
2.3.	Distribución del laboratorio.....	37
2.3.1.	Diagrama de flujo del laboratorio.....	38
2.3.2.	Diseño esquemático del laboratorio.....	38
2.4.	Tipos de pruebas que se realizan en el laboratorio.....	41
2.5.	Análisis FODA.....	42
2.6.	Recursos que se utilizan.....	43
3.	ANÁLISIS DE ECONOMICO.....	45
3.1.	Estimación del costo del servicio.....	45
3.1.1.	LUBRISA.....	46
3.1.2.	BIOFACTOR.....	47
3.1.3.	SWISS OIL.....	48
3.1.4.	LUBRIVAL.....	49
3.1.5.	PDV S.A.....	50
3.1.6.	SERTINLAB.....	51
3.1.7.	LACBAL.....	52
3.2.	Estimación de costo de análisis de aceite en la UPS.....	52
3.3.	Análisis ingresos y egresos.....	53
3.3.1.	Análisis VAN y TIR.....	54
4.	CONCLUSIONES.....	57
4.1.	Conclusiones.....	57
4.2.	Recomendaciones.....	58

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b>	Analista de lubricantes de Maquinaria.....	4
<b>Figura 2.</b>	Analista de Muestras.....	5
<b>Figura 3.</b>	Analista de Lubricantes de Maquinaria nivel III.....	5
<b>Figura 4.</b>	Recepción de Muestras.....	7
<b>Figura 5.</b>	Procesamiento de Muestras de Aceite.....	7
<b>Figura 6.</b>	Acondicionamiento de Aire.....	9

<b>Figura 7.</b> Mobiliario de un Laboratorio de Análisis de Lubricantes.....	9
<b>Figura 8.</b> Lubricantes con diferentes grados de acidez. ....	18
<b>Figura 9.</b> TBN en lubricante. ....	19
<b>Figura 10.</b> Presencia de Oxidación en el aceite motor.....	20
<b>Figura 11.</b> Nitración en un aceite lubricante.....	21
<b>Figura 12.</b> Lubricante Contaminado con Agua.....	22
<b>Figura 13.</b> Equipo FTIR.....	29
<b>Figura 14.</b> Etapas del FTIR.....	30
<b>Figura 15.</b> Equipo Viscosímetro Rotacional.....	31
<b>Figura 16.</b> Contador de partículas YJS-150.....	31
<b>Figura 17.</b> Ubicación U.P.S. ....	36
<b>Figura 18.</b> Diagrama de flujo.....	38
<b>Figura 19.</b> Plano del Laboratorio de Análisis de Lubricantes con su distribución de Equipos. .....	40
<b>Figura 20.</b> Materiales, Equipos y simbología eléctrica.....	41
<b>Figura 21.</b> Análisis FODA.....	43

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Procedimientos y/o Equipos para medición de Viscosidad.....	15
<b>Tabla 2.</b> Ensayos para medición de Oxidación.....	16
<b>Tabla 3.</b> Tipo de Degradación.....	17
<b>Tabla 4.</b> Origen de las partículas metálicas en el motor. ....	24
<b>Tabla 5.</b> Perspectiva General. ....	26
<b>Tabla 6.</b> Datos técnicos del Espectrómetro infrarrojo FTIR.....	29
<b>Tabla 7.</b> Datos técnicos del contador de partículas.....	32
<b>Tabla 8.</b> Pruebas disponibles en el Laboratorio.....	42

<b>Tabla 9.</b> Recursos .....	43
<b>Tabla 10.</b> Pruebas de laboratorio LUBRISA. ....	47
<b>Tabla 11.</b> Pruebas de laboratorio BIOFACTOR S.A. ....	48
<b>Tabla 12.</b> Parámetros del laboratorio SWISS OIL. ....	49
<b>Tabla 13.</b> Parámetros del laboratorio LUBRIVAL. ....	49
<b>Tabla 14.</b> Parámetros de laboratorio PDV S.A. ....	50
<b>Tabla 15.</b> Parámetro del laboratorio Sertinlab. ....	51
<b>Tabla 16.</b> Parámetros de laboratorio LACBAL. ....	52
<b>Tabla 17.</b> Pruebas disponibles en el Laboratorio. ....	53
<b>Tabla 18.</b> Costos Totales .....	54
<b>Tabla 19.</b> Ingresos y Egresos .....	55
<b>Tabla 20.</b> Calculo VAN y TIR dentro de los próximos 5 años .....	55

## **INTRODUCCIÓN**

En esta sección, se muestran los diferentes fundamentos y planteamientos teóricos relacionados con la implementación de un laboratorio de análisis de lubricantes, con el fin de resumir y detallar de manera precisa los requerimientos necesarios que se deben considerar para el desarrollo del plan de implementación del mismo.

En la actualidad, los laboratorios de análisis de lubricantes juegan un papel muy importante dentro de las organizaciones, y su implementación se relaciona con jornadas de mantenimiento

predictivo a fin de proporcionar la información del estado actual de la máquina a la cual este lubricante pertenece. Para la implementación de un laboratorio en general, las máquinas que pertenecen a él, se diferencian unas de otras, y más allá de los tipos de máquinas, cada modelo posee fortalezas y debilidades determinadas, reaccionando u operando según las condiciones operativas (frío, calor, humedad, aridez, polvo, etc.). (Marín & Pesántez, 2022)

Aquí es donde entra en juego la investigación y el desarrollo, dependiendo del tipo de laboratorio a implementar, las maquinarias a utilizar y la capacidad de análisis del mismo, se podrá dimensionar y acondicionar según los estándares de calidad relacionados a la labor a cumplir.

La Norma ISO/IEC 17025, establece todos los requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración, los cuales pueden ser debidamente ajustados al caso en estudio. (ISO/IEC, 2017)

Dicha norma contempla todos los requerimientos desde el punto de vista de gestión, así como los técnicos, siendo estos últimos los de principal interés para el tema en cuestión.

Estos requisitos están relacionados con el personal técnico, instalaciones y condiciones ambientales, Métodos de ensayo, calibración y validación de los métodos, equipos a utilizar, trazabilidad de las mediciones, muestreo, manipulación de los ítems de ensayo y/o calibración, aseguramiento de la calidad de los ensayos y la generación de informes. (Marín & Pesántez, 2022)

Su implementación dependerá del tipo y/o uso final, pero su estructura será similar para cada caso, es por ello que lo planteado en la norma, establece los requerimientos mínimos para su funcionamiento, el cual debe ser aplicado al laboratorio de análisis de lubricantes. (Prieto, 2019)

## **PROBLEMA DE ESTUDIO**

Día a día las maquinarias juegan un papel mucho más importante en un mundo técnico pues uno de los elementos más importantes ha monitorizar en los motores de las maquinarias es el lubricante encargado de bañar los elementos mecánicos de los motores alargando de esta manera su vida útil. Con este antecedente, la Carrera de Ingeniería Automotriz ve la necesidad de contar con un laboratorio de análisis de aceite lubricante dentro de la Universidad Politécnica Salesiana, Sede Cuenca. Este tipo de procesos favorecen la confiabilidad de las máquinas o equipos, en base a los análisis correspondientes que se obtengan de cada muestra y de la persona encargada de diagnosticar el estado de la misma.

Un laboratorio como tal beneficia tanto al consumidor como al proveedor, pues se dispone de resultados concretos de los fenómenos que influyen en su lubricante y que involucra las piezas de una máquina o equipo, tales como la espectrometría, disolución, viscosidad, índice de agua, índice de acidez, recuento de partículas y análisis microscópico.

### **i. Antecedentes**

El elevado costo de lubricantes y los componentes que contienen estos, como también el tipo de tratamiento que necesitan después de su uso, debido al gran índice de contaminación que proporciona al ser expuesto en el ambiente hace necesario el buscar la manera de alargar la vida útil de este elemento al máximo es por ello que los estudiantes de la Universidad Politécnica Salesiana proponen la instalación de un laboratorio de análisis de aceites lubricantes en uso. Pues de esta manera se puede obtener varios beneficios como son: determinar el estado de la máquina, usar el máximo tiempo posible el lubricante hasta que esté totalmente degradado, estar al tanto de que elementos contiene el lubricante, esto se puede lograr con diferentes tipos de pruebas, con la ventaja de alargar la vida útil de maquina y elevar su grado de confiabilidad por lo tanto mayor tiempo de trabajo que garantiza una ganancia económica a lo largo del periodo de funcionamiento y producción del elemento lubricado.



## **ii. Importancia y alcances**

Un laboratorio de análisis de lubricante ayuda a determinar el estado del aceite dentro de una máquina, lo cual permite monitorizar el estado de dicho elemento mediante el análisis del nivel de contaminación del lubricante, lo cual podría determinar el estado de la maquinaria que está siendo lubricada.

Este análisis predictivo puede generar acciones preventivas y correctivas al equipo analizado, así como determinar si es necesario optar por una posible sustitución o un aplazamiento al cambio del mismo, lo que se deriva en alargar el tiempo de vida de los equipos y a su vez, generar un menor gasto al momento de realizar un mantenimiento preventivo ya que se logra mayores horas de trabajo y un máximo provecho del lubricante.

Para lograr lo dicho anteriormente, el estudio se centrará en desarrollar un plan de factibilidad para la implementación de un laboratorio de análisis de aceites, el cual resultaría de gran beneficio para la comunidad universitaria, ya que se podrían proponer casos de estudio, y especializar a los estudiantes e investigadores de la carrera de Ingeniería Automotriz en la técnica del análisis de lubricantes.

## **iii. Delimitación**

El estudio se centrará en las necesidades educativas de los estudiantes de la carrera de Ingeniería Automotriz de la Universidad Salesiana de la sede Cuenca. De igual manera el desarrollo de este plan, impactará en la investigación teórica de los elementos a considerar para la implementación de un laboratorio de Análisis de lubricantes. El proyecto se desarrolla en la provincia del Azuay de la ciudad de Cuenca, ubicada al sur del Ecuador, con una elevación de 2.500 m, una superficie de 70,59 km<sup>2</sup> y una población de 580.000 habitantes aproximadamente.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

- Realizar un estudio de factibilidad para la implementación de un laboratorio de análisis de aceites en la UPS, mediante el análisis de los equipos, procedimientos y materiales adecuados.

### **Objetivos específicos**

- Determinar por medio de un estudio teórico, si la infraestructura técnica del establecimiento cumple con requisitos favorables para la implementación de un laboratorio de análisis de lubricantes.
- Indagar sobre los materiales y equipos necesarios para la implementación del laboratorio.
- Elaborar un diseño técnico y operativo del laboratorio, basado en normativas generales vigentes, manuales de seguridad ocupacional, distribución de áreas de trabajo, involucrando políticas de seguridad de la universidad.
- Realizar un análisis económico para determinar si el proyecto es factible o no para implementarlo en la UPS.

## **1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

---

### **1.1. Aspectos generales de infraestructura y personal técnico dentro un laboratorio de análisis de aceite**

Es importante describir todos los aspectos con los que debe contar la infraestructura de un laboratorio de análisis de lubricante en función a los requerimientos establecidos en la normativa ISO 17025. Pues la institución educativa no evidencia un espacio físico donde se pueda implementar este laboratorio por lo tanto se reconoce los requerimientos que exige la normativa y se propone un Layout donde se representa con exactitud las características con las que cuenta un laboratorio de análisis de aceite en función a los equipos y tipos de pruebas que se pretende realizar.

A continuación, se ejecuta un análisis de la normativa y se resalta los parámetros más significativos para el funcionamiento de un laboratorio de análisis de aceite dentro de estos están las características de un laboratorio, el personal técnico capacitado para la toma de muestras, análisis de la muestra y sus resultados como también, los requerimientos de infraestructura e instalaciones. Finalmente describe como se debe entregar los resultados de las muestras dentro de un informe proporcionado a los usuarios del servicio.

#### **1.1.1. Laboratorios**

Los laboratorios son un espacio con medios, equipos y utensilios necesarios para realizar actividades de carácter científico, en las cuales se puede llevar a cabo diferentes tipos de

experimentos y diferentes investigaciones, lo cual permitirá que dichos experimentos sean repetibles y confiables (Prieto, 2019).

También se podría decir que son espacios destinados para diferentes proyectos científicos. Esto con el fin de realizar varias investigaciones con los equipos adecuados es decir que las personas que hagan uso de las instalaciones del laboratorio puedan realizar sus prácticas de acuerdo con la rama a la cual forman parte. Gracias a la incorporación de tecnologías como la espectrometría de emisión atómica, la espectrometría infrarroja, el conteo de partículas sólidas en los fluidos y la ferrografía los cual permitirá obtener valiosa información de los aceites lubricantes (Alejandro Midreros Romero, 2013)

### **1.1.2. Persona Técnico**

El personal técnico a cargo de las instalaciones del laboratorio debe asegurar que esté calificado para realizar las acciones siguientes:

- Operar equipos específicos
- Realizar ensayos o calibraciones
- Evaluar los resultados
- Firmar informes o certificados de resultados.

De igual manera el técnico o laboratorista de proveer de una apropiada capacitación y metodología de enseñanza clara para cumplir con una buena labor de enseñanza hacia los estudiantes presentes en el laboratorio para de esta manera el personal en formación logre ganar una correcta experiencia, habilidades y conocimientos. La generación de políticas y procedimientos, generar perfiles de cargo y establecer un flujograma de trabajo es estrictamente necesario en la implementación de un laboratorio.

Para determinar el perfil de la persona a cargo del laboratorio de debe tener en cuenta los deberes y obligaciones a cumplir por el sujeto pues el personal técnico debe cumplir con lo siguiente.

- Elegir cada uno de los análisis y procedimientos a realizar con cada una de las muestras en función al estado y/o aplicación que cumple este lubricante.
- Realizar de manera detallada y explicativa el análisis realizado a cada muestra con el fin de enseñar claramente los resultados obtenidos a los estudiantes.
- Cuidar y preservar la vida útil de los materiales y equipos en el laboratorio.
- Encargarse de la adquisición y manejo de los reactivos como también del manejo y desecho de los mismos. (Leon H. J., 2007)

Para el caso del personal técnico de un laboratorio, debe asegurar que esté calificado para realizar las acciones siguientes:

- operar equipos específicos
- realizar ensayos o calibraciones
- evaluar los resultados
- firmar informes o certificados de resultados.

Para el caso de la implementación de un laboratorio de análisis de lubricantes, las políticas y procedimientos serán inherentes al lugar al que pertenecen; es sabido que la implementación de este tipo de laboratorios, puede ser dentro de una empresa, una institución educativa y/o un ente privado que brinde dicho servicio, para lo cual el desarrollo de políticas y procedimientos estarán determinado por las normativas propias de los entes a la cual el laboratorio pertenece.

A manera general, las políticas y procedimientos de cualquier tipo de laboratorio, desde el punto de vista del personal que ahí labore, debe ser capaz de describir al personal, delimitar sus funciones, alcances y limitaciones, establecer el nivel de conocimiento para cada cargo descrito, posicionarlo en un organigrama, generarle políticas de conducta, confiabilidad y/o cualquiera otra de índole ético vinculada a la labor que allí realicen. (González, Gómez, & Ocampo, 2019)

A manera general, se describen el siguiente personal técnico para el desarrollo de las actividades de un laboratorio de análisis de lubricantes.

#### **1.1.2.1. Técnico de Toma de Muestras**

La norma ISO 18436-4, establece que la tarea de la toma de muestra debe ser efectuada por un técnico entrenado en el procedimiento, certificado como Analista de lubricantes de maquinarias nivel I, para garantizar que la muestra no se vea afectada, así como sé que aplique una metodología adecuada basada en términos de seguridad, ergonomía y buenas practicas (Trujilo, 2020)



*Figura 1. Analista de lubricantes de Maquinaria.*

*Fuente: (SKF, 2020)*

#### **1.1.2.2. Analista de Muestras**

El analista de las muestras debe estar certificado como Analista de Lubricantes en Laboratorio Nivel II, según lo establecido en la norma ISO 18436-5, con el fin de preservar la calidad de la muestra y extraer debidamente la información contenida en ella. De igual manera se debe garantizar que la preparación de la muestra y el uso de los instrumentos y/o equipos se realice conforme a los estándares ASTM/ISO lo cual garantice que la información de los instrumentos es confiable. (Trujilo, 2020)



**Figura 2.** *Analista de Muestras.*

**Fuente:** (LANCAR, 2021)

### **1.1.2.3. Analista de Resultados**

Los resultados obtenidos en el análisis de lubricantes deben ser realizados por un especialista certificado como Analista de Lubricantes de Maquinaria nivel III, según lo establecido en la norma ISO 18436-4. Los resultados deben ser gestionados de tal manera que la información obtenida puede ser almacenada y procesada de manera organizada, efectiva y concreta convertida en tendencia y graficada, estableciendo los límites para cada ensayo y resaltando las alertas de manera adecuada. (Trujilo, 2020)



**Figura 3.** *Analista de Lubricantes de Maquinaria nivel III.*

**Fuente:** (SKF, 2020)

## **1.2. Planta Física y condiciones ambientales**

Con respecto a los requerimientos de la planta física y las condiciones ambientales, el objetivo que impone la norma ISO /IEC 17025 “la cual establece la accesibilidad de las personas al medio físico en edificaciones, corredores y pasillos, está enfocada en asegurar que el ámbito donde se realizan las tareas, no influya en los resultados de las mismas. Para el caso de un laboratorio de lubricantes, es importante destacar, que es de vital importancia contar con un Layout acorde al desarrollo de las operaciones y procedimientos involucrados para el procesamiento de las muestras; los requerimientos de infraestructura e instalaciones deben considerar todos los aspectos a tener en cuenta para su implementación” (ISO/IEC, 2017). Por este motivo se debe considerar lo siguiente:

1. Elegir adecuadamente el procedimiento para recolectar la muestra
2. Recolectar la muestra en un lugar que convenga y está cerca del laboratorio.
3. Considerar el estado de la maquinaria o vehículo del cual se tomó la muestra
4. Elegir en método y equipo de análisis para obtener un resultado más óptimo.

### **1.2.1. Requerimientos generales de Infraestructura**

Cualquier tipo de laboratorio debe adaptarse al espacio y al tipo de investigación a desarrollar. Para el caso del laboratorio de análisis de lubricantes, se debe analizar si es necesario contar con espacios abiertos o cerrados, si se requiere de una circulación adecuada de personal, si las muestras a analizar deben ser movilizadas por diferentes puntos del laboratorio, determinar la ubicación de los equipos de análisis de muestras, y cuál sería su posición respecto al flujograma de trabajo; se debe considerar las siguientes áreas (González, Gómez, & Ocampo, 2019).

- **Recepción de muestras.** Espacio diseñado exclusivamente para la recepción y/o registro de muestras que ingresan al laboratorio. En este espacio, y para el caso de análisis de lubricantes, de existir varias muestras a analizar, deberán ser debidamente



identificadas, indicando el equipo al cual está asociado. Se debe ubicar en un lugar al inicio del flujo de trabajo del laboratorio con acceso directo desde el exterior (si ello aplicase en el espacio). También funciona como zona de entrega de resultados, si ello aplicase, en ella se comprueba que las etiquetas de las muestras son correctas.



*Figura 4. Recepción de Muestras.*

*Fuente: (CHEVRON, 2022)*

- **Zona de procesamiento de las muestras:** Debe ser lo suficientemente amplia para la distribución del trabajo en línea. Para el caso de la implementación de un laboratorio de análisis de lubricantes, es en esta zona que se deben ubicar los equipos para los diferentes análisis disponibles en el laboratorio. Debe ser estar lo suficientemente iluminada para realizar tareas visuales de inspección de muestras.



*Figura 5. Procesamiento de Muestras de Aceite.*

*Fuente: (CHEVRON, 2022)*

- **Zona de almacén:** Se debe ubicar de manera contigua al área de procesamiento, para lo cual se debe disponer de una zona de almacenaje a temperatura ambiente para almacenar los restantes de muestras que ya han sido procesadas, esto con la finalidad

de conservar las muestras en los casos de que existiera la necesidad de alguna aclaración o de correr una prueba adicional a las que fueron requeridas desde origen.

- **Área de interpretación:** Lugar destinado para el procesamiento de la información obtenida en los diferentes procesos de análisis, debe estar conformada por una mesa de trabajo, computador, impresoras, archivo de información técnica y de ser requerido, algún tipo de software de análisis.

### **1.2.2. Requerimientos generales de Instalaciones**

Según Rodríguez (Rodríguez, 2020), al momento de realizar la implementación del laboratorio, y una vez definido el Layout de planta, se deben analizar los requerimientos funcionales de las instalaciones, analizar si se requieren de mobiliarios, acondicionamientos de temperatura, electricidad e iluminación especial y/o cualquier otro tipo de requerimiento en las instalaciones que se consideren de vital importancia para la operatividad de laboratorio, para lo cual se define lo siguiente:

- **Acondicionamiento del Aire:** Existen casos especiales en donde las muestras no deben estar sometidas a temperaturas extremas, motivo por el cual se considera la climatización del laboratorio, a fin de obtener una temperatura del entorno acorde con las necesidades del proceso y/o muestras a analizar. De igual manera se debe brindar un confort climático a las personas que hacen uso de las instalaciones. Se debe considerar un sistema de extracción de confort climático gases, a fin de liberar vapores y/o gases resultantes de los procesos analizados. De ser requerido, se debe considerar los valores de humedad requeridos en el proceso, a fin de que la misma no altere las muestras y a su vez no perjudique la vida útil de los instrumentos.



**Figura 6.** Acondicionamiento de Aire.

**Fuente:** (HVACR, 2017)

- **Mobiliario:** Debe ser de acuerdo a las necesidades del recinto, se debe analizar si es necesario mobiliario especial para la ubicación de equipos. Su concepción nace del Layout de planta, de los procesos de cada fase y de los conceptos de ergonomía para los colaboradores.



**Figura 7.** Mobiliario de un Laboratorio de Análisis de Lubricantes.

**Fuente:** (Federal Lubricants, 2022)

- **Energía Eléctrica:** Una vez definido los equipos y su ubicación, se hace necesario habilitar puntos eléctricos en las diferentes locaciones del laboratorio, prestando especial atención a aquellos equipos que requieran de un voltaje de alimentación especial. De igual manera revisar los tipos de tomacorriente que se requieran para las instalaciones.
- **Iluminación:** El cálculo de los niveles de iluminación deben ser realizando en base a los niveles exigidos por la norma, utilizando luminarias adecuadas para los fines

determinados del laboratorio. Se deben considerar circuitos de iluminación de emergencia, señalización de vías de escape y/o cualquier otro requerimiento técnico establecido según los criterios del laboratorio.

- **Disponibilidad de Agua:** es importante habilitar los puntos de agua que pudiesen requerir cada uno de los procesos, de igual manera para los procesos de higienización de los instrumentos utilizados. Se debe brindar una disponibilidad de agua potable para el consumo de los colaboradores. De requerirse, este sistema de agua potable debe estar disponible para lavado de material y lavado de emergencia.

### **1.3. Ensayos, calibración/Validación**

Está enfocado en definir los métodos y procedimientos apropiados para todos los ensayos, pruebas y las calibraciones a realizarse dentro de un laboratorio, es necesario mantener actualizado y disponible todos los temas relacionados con las normas, manuales y datos referenciales de las pruebas elaboradas, con el fin de justificarlas teóricamente. (Culma, 2019)

Se deben utilizar medios y/o procedimientos apropiados al tipo de análisis a realizar, e indicar si el método del análisis se apoya en normas nacionales, internaciones o un conjunto de normas. De igual manera, contar con procedimientos propios o adaptaciones, las mismas deben estar previamente detalladas en los manuales de procedimientos. Se debe confirmar el método a utilizar y de existir algún cambio, el mismo debe ser informado. (Culma, 2019)

En esta fase, se debe tener en cuenta lo siguiente:

- **Métodos desarrollados por el laboratorio:** Se debe expresar el alcance de las pruebas a realizarse en el laboratorio
- **Métodos No Normalizados:** El mismo debe ser de acuerdo a la conformidad del cliente que solicita el análisis de la muestra y para el mismo, indicar los niveles de confiabilidad de los resultados. El cual debe contar con una validación en cuanto a: Precisión,

Exactitud, Robustez, Límite de detección, Límite de cuantificación, Sensibilidad, Selectividad, Linealidad y Rango

- **Estimación de la Incertidumbre:** Se deben tener y aplicar procedimientos destinados a estimar la incertidumbre de las mediciones realizadas para las mediciones, muestreos y calibraciones, para lo cual se deben considerar todos los componentes de la incertidumbre importantes, utilizando métodos de análisis apropiados.
- **Control de Datos:** Se debe verificar y manera correcta, adecuada y sistemática los cálculos, así como la confiabilidad en la transferencia de datos, documentar y validar el software para los casos que aplicase y aplicar procedimientos para proteger los datos (integridad y confidencialidad).

#### **1.4. Estudio del lubricante**

Un análisis de lubricante tiene por objeto la determinar los diferentes parámetros de uso y funcionamiento de una máquina, pues es importante diferenciar estas 3 categorías: salud de lubricante, contaminación de lubricante y el desgaste de la máquina. En base a estos 3 parámetros se puede realizar un diagnóstico efectivo que direcciona específicamente al modo de falla del equipo lubricado. Por ejemplo, si la viscosidad de aceite es la más afectada significa que este ya culminó con su vida útil y es necesario el cambio del mismo, de la misma manera si existe presencia de agua, hollín, polvo, entre otros confirmaría la aparición de contaminantes dentro de la máquina, y, por último, si dentro del lubricante se logra detectar partículas metálicas como hierro, aluminio, níquel, estaño, entre otros representa el desgaste de las partes móviles y/o fijas del motor. De esta manera el análisis de lubricante ayuda a la detección rápida de modos de falla en función a los elementos encontrados en el lubricante posterior a su análisis.

### **1.5. Trazabilidad y Muestreo**

La trazabilidad tiene como objetivo principal asegurar la exactitud y validez de los ensayos realizados dentro del laboratorio, enfocado en las mediciones y/o resultados obtenidos. Para ello se debe considerar y verificar que los equipos cuenten con sus calibraciones y a su vez, se tengan definidos los patrones de referencia, antes de iniciar un testeo, para ello se recomienda generar un programa de calibración de todos los equipos. (Hernández & Maldonado, 2020)

Con respecto al muestreo, su objetivo principal es asegurar la representatividad de la muestra para el ensayo. Para ello se debe tener un plan y procedimiento para el muestreo, basarse en un método estadístico apropiado y tener en cuenta los factores a ser controlados para su validez. Se debe tener procedimientos para el registro de los datos de muestreo e incluir la identificación de producto, condiciones ambientales, diagramas o identificación del lugar.

Entre los resultados a obtener de una muestra en un ensayo de análisis de lubricantes es indispensable determinar los tipos de partículas a encontrar y a su vez los tipos de contaminación.

### **1.6. Aseguramiento de la Calidad**

Se debe contar con un procedimiento que valide la calidad de los procesos implementados al momento de realizar los ensayos, así como garantizar que los mismos han sido realizados de manera correcta y los resultados se ajustan a la realidad, para lo cual se debe:

1. Tener procedimientos para el control de calidad
2. Registrar todos los datos tal que las tendencias sean detectables
3. Aplicar técnicas estadísticas para la revisión de los resultados, si aplica
4. Planificar y revisar el seguimiento
5. Analizar los datos y si no satisfacen los criterios definidos para los ensayos, tomar acciones planificadas, tales como repetición del ensayo o tomar una nueva muestra.

## **1.7. Informe de Resultados**

Deben estar en lenguaje claro y proceso detallando los valores obtenidos en el ensayo. El mismo debe incluir un análisis detallado de los resultados y una conclusión sobre los mismos. Para su presentación, se debe considerar.

1. Título del procedimiento realizado.
2. Identificación del método utilizado
3. Descripción, clara y precisa del ítem ensayado
4. Fecha de recepción y ejecución
5. Resultados, con sus unidades
6. Conclusiones
7. Validación de la prueba, indicando el nombre, función y firma de las personas autorizadas que han intervenido en el ensayo.

## **1.8. ANÁLISIS DE LUBRICANTE**

El Análisis de Aceite es un procedimiento que brinda una información invaluable respecto a las condiciones operativas de los equipos, ya que permite conocer sus niveles de contaminación, el nivel de la degradación del sistema al cual pertenece y es un excelente indicativo del nivel de desgaste de la maquinaria y vida útil de la misma. Su fin es lograr predecir y/o detectar fallas para así programar mantenimientos basados en su condición, lo que deriva en una gestión de mantenimiento óptimo basado en el nivel de desgaste que se pueda obtener mediante el análisis del lubricante. (Remache, Vallejo, & Corrales, 2021).

Es por ello, que se hace necesario plantear los diferentes procedimientos de análisis, basado en la selección de los equipos y opciones actuales en el mercado, para poder determinar los modos y efectos de falla que el diseño del laboratorio pudiese cubrir con la selección adecuada de uno o más equipos, que permitan abarcar la mayor cantidad de pruebas a fin de brindar un nivel de confiabilidad alto al laboratorio propuesto. (Remache, Vallejo, & Corrales, 2021).

Según lo expresado en la Norma ASTM D 4378-97, con el fin de mantener una lubricación efectiva de todas las partes del sistema al cual el lubricante pertenece, se hace necesario realizar un programa efectivo de muestreo y pruebas a dicha maquinaria; Factores tales como el oxígeno presente, las altas temperaturas, los elementos contaminantes son factores fundamentales que se deben analizar. (ASTM, 2017).

Es ampliamente conocido que la realización de los análisis de lubricantes genera una data primordial relacionada con el estado y funcionamiento del sistema, específicamente los elementos tales como engranes, ejes, chumaceras, cojinetes, etc. (Leon & Choque, 2022).

A manera general, los análisis de lubricantes se pueden dividir en tres grupos, a saber:

- a. **Análisis Rutinarios:** los cuales tienen asociados un plan de mantenimiento; son clasificados como equipos críticos o de gran capacidad, para los cuales se les asocia una frecuencia de muestreo, con el fin de predecir posibles fallas en componentes, nivel de desgaste y contaminación.
- b. **Análisis Iniciales:** los cuales son realizados a los elementos pertenecientes al equipo en estudio, para los cuales se generan dudas provenientes del estudio de lubricación y para el cual se permiten correcciones en la selección de dichos elementos.
- c. **Análisis de Emergencia:** Realizados para detectar cualquier tipo de anomalía en equipos que generalmente presentan fallas en su funcionamiento, para el cual es necesario determinar los niveles de contaminación de agua, presencia de sólidos en filtro y sellos defectuosos, o derivados por el uso de un producto o elemento inadecuado.

### **1.8.1. Categorías para análisis de lubricantes.**

Los ensayos para realizar un análisis de aceite, están enfocados en realizar pruebas para estimar el estado del lubricante, esto desde tres diferentes criterios, categorizados en: **La salud**



**del lubricante, la contaminación del aceite y el desgaste de la maquina** por lo cual son determinantes para el diagnóstico y la solución de problemas.

### **1.9. Salud del lubricante.**

Sirve para determinar si el lubricante utilizado es el correcto como también para saber si está en condiciones de seguir siendo utilizado en la máquina que lubrica y protege. La salud del lubricante está relacionada con la degradación y/o desgaste de la vida útil del aceite, debido a que las propiedades físicas y químicas de los lubricantes se deterioran como resultado de la combustión y la acción de los combustibles en las condiciones de funcionamiento del lubricante. Entre las propiedades que definen este parámetro se encuentran: la viscosidad, la oxidación, nitración, el valor de base total (TBN) y el numero acido (TAN).

#### **Viscosidad.**

Es considerada como la resistencia que presenta el fluido al movimiento propio de sus moléculas. Desde el punto de vista del lubricante, es el elemento que influye en la formación de la capa de lubricación, la cual se puede ver afectada por la temperatura, entre otros factores.

La tabla 1, resume los procedimientos y equipos para la medición de la viscosidad aprobados por la ASTM, detallando el método aplicado y la norma asociada.

*Tabla 1. Procedimientos y/o Equipos para medición de Viscosidad.*

<b>Método/equipo Asociado</b>	<b>Norma</b>
<b>Viscosímetro de vidrio,</b> equipo capaz de medir la viscosidad cinemática tanto en líquidos opacos, como en transparentes.	D445 ASTM D446
<b>Simulador de Manivela fría,</b> empleados para medir la viscosidad en motores de baja temperatura	ASTM D2602
<b>Viscosímetro de Brookfield,</b> empleado para medir la viscosidad a baja temperatura	ASTM D2983

**Corrosión.**

La corrosión como propiedad del lubricante, hace referencia a que tanto inhibe en el lubricante, los ácidos provenientes de procesos diversos, tales como la oxidación, y que el mismo pueda ejercer alguna acción sobre las superficies metálicas. Se puede producir en partes tales como camisas, pistones, levas, vástagos, engranajes, muñones, cojinetes; Este fenómeno puede ser del tipo adhesivo, corrosivo, abrasivo, erosivo.

En cuanto a los ensayos, se hace referencia a los inhibidores de oxidación, los cuales se expresan en la tabla 2.

**Tabla 2.** *Ensayos para medición de Oxidación.*

<b>Ensayo Asociado</b>	<b>Norma</b>
Método de la Transformada de Fourier para la medición de la oxidación por infrarrojo (FTIR).	ASTM 7414
Ensayo de tendencia a la corrosión y formación de lodo	ASTM D4310
Estabilidad a la oxidación en lubricantes empelados en turbinas y motores de combustión interna	D943 ASTM D4485
Voltametría por escaneo lineal para la medición del índice de agotamiento de antioxidante	ASTM D6971
Determinación del Número ácido	ASTM D664
Ensayo de la pérdida de la resistencia a la oxidación	ASTM D2272

## Degradación

La degradación del lubricante expresa o determina el nivel la contaminación presente; los cuales suelen ser asociados principalmente al proceso de combustión Existen diversos factores que degradan el lubricante, tales como la oxidación, la descomposición térmica, micro dieseling, el agotamiento del aditivo y la contaminación, lo cual se puede resumir en la siguiente tabla.

*Tabla 3. Tipo de Degradación.*

Degradación	Descripción
<b>EQUIPOS QUE MIDEN LA DEGRADACION</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>FTIR</b></li><li>• Viscosímetro.</li><li>• Titulador potenciométrico.</li></ul>
Descomposición Térmica	Al lubricante estar en presencia de temperaturas, las propiedades del mismo se van degradando, debido que adicionalmente a la función de lubricación, debe ser capaz de disipar el calor, lo que podría generar que, en algunos de los casos, opere en un rango de temperatura por encima del nominal.
Micro Dieseling	Este efecto está relacionado al cambio de presión de una esfera de aire de una manera acelerado, para el cual el calor generado por dicha compresión quema las moléculas del lubricante.
Agotamiento del Aditivo	Es un factor que se asocia a la vida útil del lubricante y es un proceso natural en el mismo, debido a las causas propias de operatividad.

*Fuente: (Autores)*

## Índice de acidez TAN.

Representa el número total de acidez que puede contener un líquido. Para el análisis de aceite, indica el contenido total de ácido contenido en el lubricante el cual se puede encontrar tanto disuelto como mezclado con solventes, siendo completamente neutralizada al aplicar una solución del tipo alcohol de hidróxido de potasio como punto final del análisis, se emplea un método colorimétrico para el cual el indicador químico cambia de color al detectar que el ácido ha sido completamente neutralizado. Para determinar el índice de acidez de un lubricante se emplean los siguientes equipos espectrómetro **FTIR** como también un titulador potenciométrico respetando los siguientes métodos ASTM D664 y ASTM D2896. (Marín J. , 2019) .



*Figura 8. Lubricantes con diferentes grados de acidez.*

*Fuente: (Aguado, 2021)*

## Número total Base de líquido TBN

La medición de este parámetro resulta al estimar la reserva total alcalina contenida en un gramo de aceite, la cual es disuelta en un solvente generando una reacción con la adición del tipo gradual controlada de una solución con acidez conocida. Para ello, la relación generada es controlada y revisada a través de la medición del voltaje, generando una gráfica de Acidez vs. Voltaje (Zeballos, 2020)

Este tipo de ensayo solamente es aplicado a muestras de aceite de motor, ya que los mismos están diseñadas para contener una reserva alcalina para combatir los productos ácidos de proceso de combustión, en pocas palabras, al TBN es un indicativo de nivel de alcalinidad de la muestra en estudio y se mide mediante FTIR y mediante los mismos métodos que un análisis TAN.

La cantidad de base se expresa en miligramos de hidróxido de potasio por gramo que se requiere para evaluar una muestra, disuelta en un solvente determinado a un punto final específico (Chevron, 2019)



*Figura 9. TBN en lubricante.*

*Fuente: (El Maquinante, 2020)*

### **Nivel de oxidación**

Este tipo de análisis, permite determinar si el lubricante está generando la formación de barnices, resinas o lacas, así como el incremento de la viscosidad. Es importante destacar que la reacción química existente entre el oxígeno y el lubricante (sus moléculas) es relativamente lenta a temperatura normal, siendo en condiciones extremas de temperatura cuando la presencia de este factor suele ser determinable. Para la medición de la oxidación en el aceite, se utiliza la técnica de FTIR (Echeverrya, 2020).

Para el caso de motores, las condiciones de funcionamiento suelen ser hostiles, promotoras de la oxidación inclusive de manera acelerada, estas variables son las altas temperaturas presiones, agitación, aire, y presencia de catalizadores metálicos. (Echeverrya, 2020).



**Figura 10.** *Presencia de Oxidación en el aceite motor.*

**Fuente:** (America N. L., 2017)

### **Nivel de nitración**

Se conoce como la reacción que se produce entre el aceite con los elementos combustibles que contienen nitrógeno. Para casos en donde las temperaturas son elevadas, este parámetro suele elevarse, aumentando el conocido efecto del Blow By, y la manera en que los gases con elevada temperatura reaccionan con el lubricante. (Allauca & Carrillo, 2021).

En términos generales, la nitración es la medición de la destrucción térmica del lubricante, la cual se presenta cuando el lubricante es expuesto al contacto con superficies muy caliente.

Dentro de una prueba de análisis de aceite, se debería considerar monitorear la nitración del aceite del motor mediante las técnicas conocidas, como la Espectrometría de Infrarrojo transformado de Fourier (FTIR). Los laboratorios de análisis de aceite determinarán el alcance de la nitración comparando una muestra de aceite de motor usado con el espectro de referencia para el mismo aceite sin usar. (Petro-canada.com, 2022).



*Figura 11. Nitración en un aceite lubricante*

*Fuente: (Lubrications Managment , 2017)*

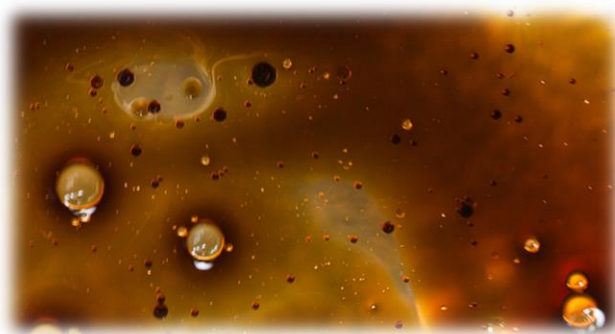
### **1.10. Contaminación del lubricante**

Esta categoría de análisis de lubricante está enfocada a identificar la contaminación del lubricante cuantificarlos y en ocasiones a establecer su procedencia para establecer las acciones dirigidas a su control y remoción. Las pruebas en esta categoría están direccionadas a localizar la presencia de contaminantes, que pueden ser internos y/o externos. A continuación, se recogen los principales contaminantes que se pueden estimar a través de una prueba de análisis de aceite.

#### **Contaminación por agua.**

Es tal vez uno de los análisis más importantes, debido a que, la compatibilidad entre el agua y un hidrocarburo es muy poco común, haciendo que el sistema de inmediato comience a sufrir daños severos. Pequeñas concentraciones de agua suspendidas en el lubricante pueden generar daños significativos dentro de la maquinaria a la cual este elemento lubrica. (Hurtado, 2022).

En la figura 12, se aprecia un lubricante contaminado por agua.



*Figura 12. Lubricante Contaminado con Agua.*

*Fuente: (Miró, 2018)*

El sodio y el potasio son impurezas causadas por la humedad del aire que pueden entrar en el motor. Esto puede deberse a que el aceite se sacó del motor cuando estaba caliente y algunas partículas de agua se filtraron, se evaporaron y dejaron residuos minerales en el sistema.

A nivel de análisis, las partículas de agua presentes en el lubricante no suelen ser observables de manera fácil, debido a que las mismas se encuentran suspendidas en él, lo que genera es una mezcla de color y forma particular, la cual, con el aumento de la cantidad de agua, suele presentar una saturación de las partículas. (Hurtado, 2022)

Para su observación y medición, el método implementado es el denominado Karl Fischer, el cual permite la detección de niveles de agua a razón de 1ppm de agua, la cual se considera precisa para muestras con bajo nivel de agua, otro de los equipos con los que se puede estimar el porcentaje de agua en un lubricante es el FTIR o mediante el método de crepitación.

### **Contaminación por silicio**

Los contaminantes como el polvo, la arena o cualquier partícula del aire son inevitables y afectan al equipo, acelerando el desgaste de las piezas y formando una capa que se comporta como papel de lija. Además, el polvo en suspensión contiene sílice, que puede detectarse fácilmente mediante el análisis espectrométrico de elementos metálicos con FTIR. (Rojas, Engativá, & Ramírez, 2019).



Cuando el aceite empieza a cambiar sus propiedades al entrar en contacto con el aire, es decir, cuando se abre el envase, el oxígeno descompone u oxida el lubricante y su color se vuelve más oscuro.

### **Contaminación por Hollín**

El nivel de contaminación del lubricante con hollín se da, producto de proceso de combustión del motor. Este tipo de pruebas es aplicable a aceites empleados en motores de combustión interna, por su alto nivel de hollín, producto de un exceso de combustible, incorrectas temperaturas de combustión, así como las bajas revoluciones operativas. (Arroyo, Douglas; Arce, Karla; Pérez, Maribel; Gamboa, Idael; Recio, Ángel; Blanco, Osmir, 2019).

Por lo general, los aceites tienen la capacidad de dispersar el hollín, colocándolo en suspensión. Cuando los niveles de dispersión son excedidos se origina un depósito de estas partículas que pueden ocasionar el deterioro del motor; parámetros como la viscosidad deben ser estudiados al existir presencia de hollín en la muestra y la presencia de elevados valores de hollín podrían alterar negativamente mediciones de otros parámetros. (Arroyo, Douglas; Arce, Karla; Pérez, Maribel; Gamboa, Idael; Recio, Ángel; Blanco, Osmir, 2019).

Por lo general se emplean cuatro pruebas para medir la cantidad de hollín en el lubricante, algunas tienen resultados directos, otras no. Cada método tiene su pro y su contra. (TRIBOLOGIK.COM, 2011).

- La prueba de la mancha
- La prueba del total insoluble
- El análisis termogravimétrico
- El análisis infrarrojo **FTIR**.

#### **1.11. Desgaste de la maquina**

Según (Villafuerte, 2019) el análisis de aceite tiene como objetivo detectar la presencia de elementos metálicos en un lubricante de una máquina con el fin de determinar el estado de la

misma, pues es una manera muy útil para evitar mantenimientos correctivos debido a que con este estudio se consigue identificar la apariencia de metales provenientes de las partes internas de un motor de combustión interna puesto que medida que una máquina opera, se ve obligada a producir cierta cantidad de partículas de desgaste. Si el lubricante no satisface completamente los requisitos de la máquina, conducirá a un excesivo desgaste y falla prematura. Si el motor está operando fuera de los parámetros normales, como excesivo calor, frío o intervalos prolongados sin mantenimiento, esto causará un incremento en el desgaste. En la Tabla 4 se define el elemento del motor del que procedería cada uno de los metales que pueden estar presentes en el lubricante y, por ende, realizar un diagnóstico de dicho elemento para solventar las averías que se pueden presentar a un futuro como una fractura del elemento.

**Tabla 4.** Origen de las partículas metálicas en el motor.

<b>Motor</b>	<b>fe</b>	<b>Cu</b>	<b>pb</b>	<b>al</b>	<b>si</b>	<b>cr</b>	<b>sn</b>	<b>na</b>	<b>k</b>
<b>Cojinetes</b>		x	x	x			x		
<b>Bujes</b>		x		x			x		
<b>Árbol de levas</b>	x								
<b>Refrigerante</b>					x	x		x	x
<b>Cigüeñal</b>	x								
<b>Camisa</b>	x					x			
<b>Válvula de escape</b>	x					x			
<b>Cojinetes antifricción</b>	x					x			
<b>Empaque-taduras</b>					x				
<b>Combustible</b>			x					x	
<b>Carcasa</b>	x			x					
<b>Tierra</b>					x				
<b>Aditivos</b>					x				
<b>Enfriador de aceite</b>									
<b>Bujes de bomba de aceite</b>		x							

<b>Bomba de aceite</b>	x		x		
<b>Pistones</b>	x		x		
<b>Anillos</b>	x				x
<b>Guías de válvulas</b>	x	x			
<b>Tren de válvulas</b>	x				
<b>Buje de bielas</b>		x	x	x	x
<b>Biela</b>	x				

*Fuente: (Autores)*

Existen varios métodos y equipos para la detección de materiales de desgaste dentro un motor como son: la ferrografía, FTIR y Contador de partículas. (America N. L., 21)

En esta consecuencia un adecuado análisis de aceite puede generar los siguientes beneficios:

- ✓ Detección temprana de condiciones que indiquen la evolución de una posible falla.
- ✓ Determinar la condición y/o estado actual de la maquinaria
- ✓ Determinar la calidad actual del lubricante en operación
- ✓ Determinar el nivel de contaminación y tipo de contaminación del sistema
- ✓ Evitar la ocurrencia de fallas catastróficas
- ✓ Diagnóstico de causa raíz de las fallas en los equipos
- ✓ Proyección de la vida útil del equipo
- ✓ Proyectar mantenimientos basados en los resultados obtenidos en el diagnostico
- ✓ Generar gráficos e historial para evaluar tendencias a lo largo del tiempo

De este modo, mediante la implementación de técnicas de análisis, asociadas a diversos equipos de avanzada tecnología, el estudio del lubricante será capaz de brindar una gran gama de información.

La tabla 5 resume de manera general un análisis de aceite dentro de sus categorías, sus parámetros más relevantes, así como el método y equipo para medir y estimar cada uno de ellos.

*Tabla 5. Perspectiva General.*

<b>Indicador</b>	<b>Ensayo</b>	<b>Equipo de medición</b>
<b>SALUD</b>	<b>Propiedades Físicas</b>	FTIR VISCOSIMETRO
	Viscosidad	
	Degradación	
	Corrosión	
	Aditivos	
	<b>Propiedades Químicas</b>	
	Nitratación	
	Sulfatación	
	TAN Y TBN	
	Oxidación	
<b>CONTAMINACIÓN</b>	Silicio	FTIR
	Boro	ESPECTROMICO DE PLASMA
	Sodio	
	Vanadio	KARL FISHER
	Hollín	
	Agua	
<b>DESGASTE</b>	Hierro	FTIR
	Cobre	ESPECTRÓMETRO DE EMISIÓN ATÓMICA.
	Cromo	
	Plomo	
	Estaño	CONTADOR DE PARTÍCULAS.
	Aluminio	
	Níquel	FERROGRAFIA

*Fuente: (Autores)*

### **1.12. Equipos y ensayos para análisis de lubricantes.**

Al momento de seleccionar equipos, es indispensable entender los regímenes de trabajo al cual está sometido el lubricante en cuestión, ya sea que pertenezca para equipos de uso intensivo o intermitente, la capacidad de pruebas a realizar y si se requieren equipos especializados.

Según lo descrito en la tabla 5, uno de los principales instrumentos de medición a ser considerados en el laboratorio es el FTIR, debido a que cuenta con una gran gama de pruebas, siendo utilizado para identificar materiales orgánicos e inorgánicos, y poliméricos. El método FTIR es capaz de analizar la composición del producto mediante el empleo de una luz infrarroja que sirve para escanear una muestra de prueba y observar sus propiedades.

Esta técnica emite radiación infrarroja de la muestra, absorbiendo parte de la radiación y transmitiendo parte de ella. La radiación absorbida se convierte en energía rotacional o vibratoria por las moléculas de la muestra. Como resultado se obtiene una señal en el detector, la cual representa la huella digital molecular de la muestra, lo que la convierte en una excelente herramienta para la identificación química, ya que cada molécula produce una huella digital espectral única.

A manera general, el análisis FTIR se utiliza principalmente para la Identificación de impurezas sobre o en materiales tales como partículas, fibras, polvos, líquidos Identificación de aditivos después de la extracción de matrices poliméricas. Identificar monómeros oxidados, separados o sin curar en estudios de análisis de fallas.

En la industria, la espectroscopia FTIR es una herramienta muy poderosa para muchas aplicaciones y tiene la ventaja de poder medir pequeñas cantidades de muestra (unos pocos miligramos o mililitros) muy rápidamente.

En pocas palabras, FTIR es un método para analizar materiales orgánicos e inorgánicos. Esta técnica analiza la estructura química de los materiales mediante el examen de los enlaces químicos y la composición. Mediante el uso de múltiples frecuencias diferentes dentro del haz, esta técnica aprovecha el hecho de que cada frecuencia tiene una respuesta y función diferente para el material. De esta forma, se determina con precisión la composición de sustancias desconocidas. Mientras tanto, la degradación del material también se detecta mediante la tecnología FTIR. Los materiales se prueban en tiempo real o en condiciones

aceleradas. Esta técnica se utiliza para analizar impurezas en materiales y compuestos, materias primas, productos farmacéuticos y materiales para dispositivos médicos.

Por otro lado, no se puede dejar de lado algunos elementos y parámetros que no se pueden medir con el FTIR es por ello que se detallara a continuación los equipos más necesarios en un laboratorio de análisis de aceite para lograr detectar la mayor cantidad de parámetros que afectan la salud del lubricante en análisis. Dentro de los equipos más importantes se encuentran: Espectrómetro de emisión atómica de plasma, viscosímetro, Probador de Copa abierta de Cleveland, Karl Fisher y contador de partículas.

### **1.12.1. Tipos de equipos para análisis de lubricante.**

Considerando que la Universidad Politécnica Salesiana cuenta con los siguientes equipos: Viscosímetro y un contador de partículas y al observar en la tabla 5, la gran cantidad de parámetros que se pueden medir con un equipo FTIR se realiza un análisis de este equipo a profundidad para determinar la factibilidad de adquirirlo para el laboratorio de análisis de aceites dentro de la institución, por otro lado también se efectúa un estudio de los equipos con los que ya se cuenta para determinar sus rangos de medida y otras características que brindaran información importante de los equipos para conocer la confiabilidad de los resultados frente a un análisis.

#### **a. Espectrómetro infrarrojo FTIR**

La espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) es una herramienta para detectar contaminantes en los aceites lubricantes, subproductos de la degradación del lubricante y ciertos aditivos. Se ha convertido en una técnica ampliamente utilizada para evaluar rápidamente una variedad de propiedades de los lubricantes. Cuando el aceite se expone a la radiación infrarroja, las moléculas absorben longitudes de onda de radiación muy específicas según su composición. Luego, la radiación infrarroja pasa a través de una muestra de lubricante

y los sensores del otro lado se utilizan para identificar las moléculas que se encuentran en esa muestra. (Noria Latín América, 2020)

Los métodos de prueba que realiza el FTIR son los siguientes: ASTM E2412, E2412 D2668, D7412, D7414, D7415, D7418, D7624, E2412; JOAP; DIN 51452, DIN 51453. En correlación con: ASTM D445, D664, D2270, D2896, D4739.

**Tabla 6.** Datos técnicos del Espectrómetro infrarrojo FTIR.

<b>Espectrómetro infrarrojo FTIR</b>	
Calibración para:	Hollín, Agua, Glicol, Diesel
Celdas de medición	100 micras de longitud de trayectoria
Tiempo de medición	60-120seg
Rango de viscosidad	0-2000 cSt a 20°C
Volumen de la muestra	10 ml
Pantalla	Táctil de 8in
Interfaces	USB, RS232, LIMS vía LAN, Imp
Requerimientos de energía	De 85 a 264VAC, 47 a 63Hz, max. 150W
Volumen	29 x 35 x 34 cm
Peso neto.	9.7Kg

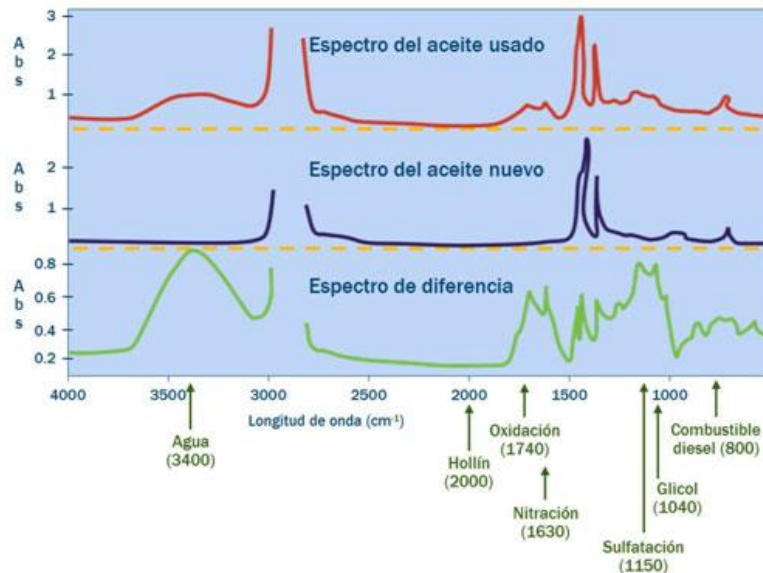
**Fuente:**(Autores)



**Figura 13.** Equipo FTIR.

**Fuente:** (eralytics, 2014)

Para minimizar los efectos del aceite base y las resonancias moleculares de los aditivos, el análisis FTIR de muestras de aceite usado es un proceso de tres pasos. En el primer paso, registramos un espectro FTIR de una muestra de aceite fresco para obtener una línea FTIR de referencia. La segunda etapa registra el espectro FTIR de la muestra de aceite usado. En el tercer y último paso, la línea de base se resta del espectro del aceite usado para obtener el espectro de diferencia. (Noria Latín América, 2020)



**Figura 14.** Etapas del FTIR.

**Fuente:** (Noria Latín América, 2020)

### **b. Viscosímetro.**

Equipo que permite determinar el nivel de viscosidad del lubricante, con la finalidad de medir la calidad de la muestra. La viscosidad depende en gran parte de las condiciones ambientales, tales como la temperatura y la presión, motivo por el cual sus pruebas suelen ser a temperaturas de 40°C y 100°C para analizar el comportamiento del fluido y la degradación de la viscosidad a estas temperaturas. (Ceballos, 2022).





**Figura 15.** Equipo Viscosímetro Rotacional.

**Fuente:** (Anamingroup.cl, 2022).

### **c. Contador de partículas.**

Es un equipo diseñado para realizar las pruebas de conteo de partículas en una muestra de aceite se apoya bajo la norma ISO 4406 y sus rangos de medición van desde los 4  $\mu\text{m}$  a 70  $\mu\text{m}$ . Para realizar este ensayo se requieren muestras entre los 10-15 ml, lo cual los hace de consumo muy bajo de material a analizar. (CINRG, 2022).



**Figura 16.** Contador de partículas YJS-150

**Fuente:** (GÁLVEZ & PAUCAR, 2020)

- **Datos técnicos.**

El contador de partículas expuesto es un equipo muy eficiente al momento de realizar un análisis de lubricante. En la tabla 7 se observa los datos técnicos del equipo, es

importante destacar que la Universidad Politécnica Salesiana cuenta con la presencia de este equipo.

**Tabla 7. Datos técnicos del contador de partículas.**

<b>Contador de partículas YJS-150</b>	
Fuente de luz	Laser semiconductor
Rango de medición	1-400 $\mu\text{m}$
Velocidad de detección.	20 ml/min
Máxima viscosidad de la muestra	100 cSt
Precisión de conteo	$\pm 10 \%$
Límite de error de coincidencia.	1200 partículas / ml
Temperatura de trabajo	-20 °C – 60 °C
Temperatura de la muestra	0 °C – 80 °C
Volumen	300 x 260 x 250 mm
Peso neto.	5Kg

**Fuente:** (GÁLVEZ & PAUCAR, 2020)

**2. LABORATORIO DE ANÁLISIS DE ACEITE EN LA  
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA.**

---

Los estudiantes de la Universidad Politécnica Salesiana plantean la implementación de un laboratorio de análisis de aceite lubricante, con la finalidad de diagnosticar el estado de un lubricante y equipo lubricado mediante un diagnóstico realizado por personal capacitado y con equipos de muy buena calidad y tecnología, para ello se describe un análisis de lubricante encaminado a determinar la salud del lubricante, la contaminación del lubricante y por último el desgaste de la máquina para lo cual se medirán un grupo de parámetros específicos para cada caso.

Para ello se propone adquirir un espectrómetro FTIR de la marca EraspecOil el mismo que brinda la oportunidad de realizar la medida de varios parámetros, de esta manera logrando una optimización de tiempos y un ahorro económico importante ya que con un mismo equipo se logrará determinar la presencia de varios elementos y características que detallen el estado de un aceite lubricante. También es importante mencionar que la institución ya cuenta con un viscosímetro y un contador de partículas que también estarán disponibles en el laboratorio para el análisis de algunas muestras que requieran un estudio direccionado específicamente a viscosidad o conteo de partículas metálicas.

## **2.1. Higiene y seguridad industrial.**

La seguridad e higiene en el trabajo es de vital importancia dentro de un laboratorio es por ello que la Universidad Politécnica Salesiana acoge una política de Seguridad, salud y medio ambiente, en la que informa de manera eficiente y concreta las necesidades de la institución para garantizar un uso correcto y seguro de las instalaciones de los laboratorios, realizando un control de riesgos ocupacionales y los aspectos ambientales más significativos según la legislación nacional vigente aplicable. Donde se fijan objetivos de mejora alineados a la seguridad, salud y medio ambiente, la implementación de seguimiento, medición y análisis de resultados para la ejecución de planes de acción y mejora durante reuniones de comités de seguridad y salud en el trabajo.

### **2.1.1. Cultura preventiva en la Universidad Politécnica Salesiana.**

Es importante adquirir buenas prácticas saludables y seguras en el aula, laboratorios, mesas de estudio, etc. Pues cada uno de los estudiantes es el responsable de su salud es por ellos que se deben adquirir hábitos durante esta etapa de estudio. Es de vital importancia dar a conocer a los estudiantes que están expuestos a riesgos durante su etapa académica debido a esto se debe garantizar a que el trabajo se organice de una forma respetuosa con la vida. En este manual de seguridad y salud se recalcan las medidas o tomar por cada usuario de los laboratorios dentro de las que resaltaremos las más importantes y que necesariamente se deben aplicar en un laboratorio de análisis de aceites.

- ✓ Informar de los problemas o riesgos que se detecte.
- ✓ Conocer y respetar las señales y advertencias de seguridad.
- ✓ Mantener el área de trabajo limpia y ordenada.
- ✓ No obstruir el acceso a extintores.
- ✓ No correr ni lanzar objetos que puedan desestabilizar el orden o dañar a un equipo o persona.

- ✓ Cualquier líquido derramado en el piso debe ser limpiado inmediatamente.
- ✓ No se debe trabajar sin autorización ni realizar ningún tipo de trabajo experimental a menos que sea supervisado por la persona a cargo.
- ✓ Lavarse las manos antes y después de una práctica.
- ✓ Terminada la práctica limpiar y guardar las herramientas en su lugar.
- ✓ No acumular desechos en el suelo o equipos para ellos están los recipientes específicos.
- ✓ Higiene personal al estar en contacto con elementos contaminantes.
- ✓ Hacer uso del EPP como son (guantes, gafas, Mandiles, mascarilla.)

### **2.1.2. Análisis de riesgos en laboratorios.**

Se analiza cada uno de los factores de riesgo clasificándolos en: físicos, mecánicos, químicos, biológicos, ergonómicos y psicosociales.

**Riesgos físicos:** Son todos aquellos factores donde influyen en ruido, iluminación, radiaciones, temperaturas altas o bajas, vibración entre otros. Pues son parámetros que actúan sobre los tejidos y órganos del cuerpo que pueden producir efectos nocivos de acuerdo a la intensidad y el tiempo de exposición.

**Riesgos mecánicos:** los laboratorios siempre conllevan a una serie de riesgos que aparecen al uso inadecuado de equipos y herramientas como también por falta de mantenimiento y capacitación para el uso de los mismos. También este tipo de riesgo aumenta por la falta de orden y limpieza dentro del laboratorio, pues un riesgo mecánico se puede evitar. Los riesgos más frecuentes son durante el uso de maquinarias debido al contacto con partes móviles de una máquina, atrapamientos punzonamiento entre otros.

**Riesgos químicos:** se produce al entrar en contacto con alguna sustancia química sea por inhalación, absorción, o ingestión lo que puede provocar intoxicaciones, quemaduras o varias lesiones en la piel según la concentración y el tiempo de exposición.

**Riesgos ergonómicos.** Involucra todas las acciones o posiciones forzosas que se adopten en el trabajo que alteren la fisionomía humana. Este riesgo se podría presentar cuando se esté documentando datos frente a un computador o incluso estando sentados, parados o encorvados.

**Riesgos biológicos:** son aquellos que se propagan mediante vectores tales como picaduras de mosquitos o mordeduras de roedores, y por el contacto con instrumentos contaminados como jeringas o desechos industriales.

**Riesgo psicosocial:** este riesgo se presenta por la presencia de sobrecargas laborales, sensación de cansancio, estrés, incertidumbre, etc. Desestabilizando la concentración del estudiante durante el desarrollo de las prácticas y pudiendo generarse un accidente.

## 2.2. Ubicación geográfica.

El laboratorio de análisis de aceite estará ubicado en las instalaciones de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca ubicada entre las avenidas Calle Vieja y Turuhuayco. Para ello se procederá a generar un layout del laboratorio donde se determinará el espacio físico que requiere este laboratorio considerando políticas de seguridad que plantea la institución dentro de su manual de higiene y seguridad industrial.



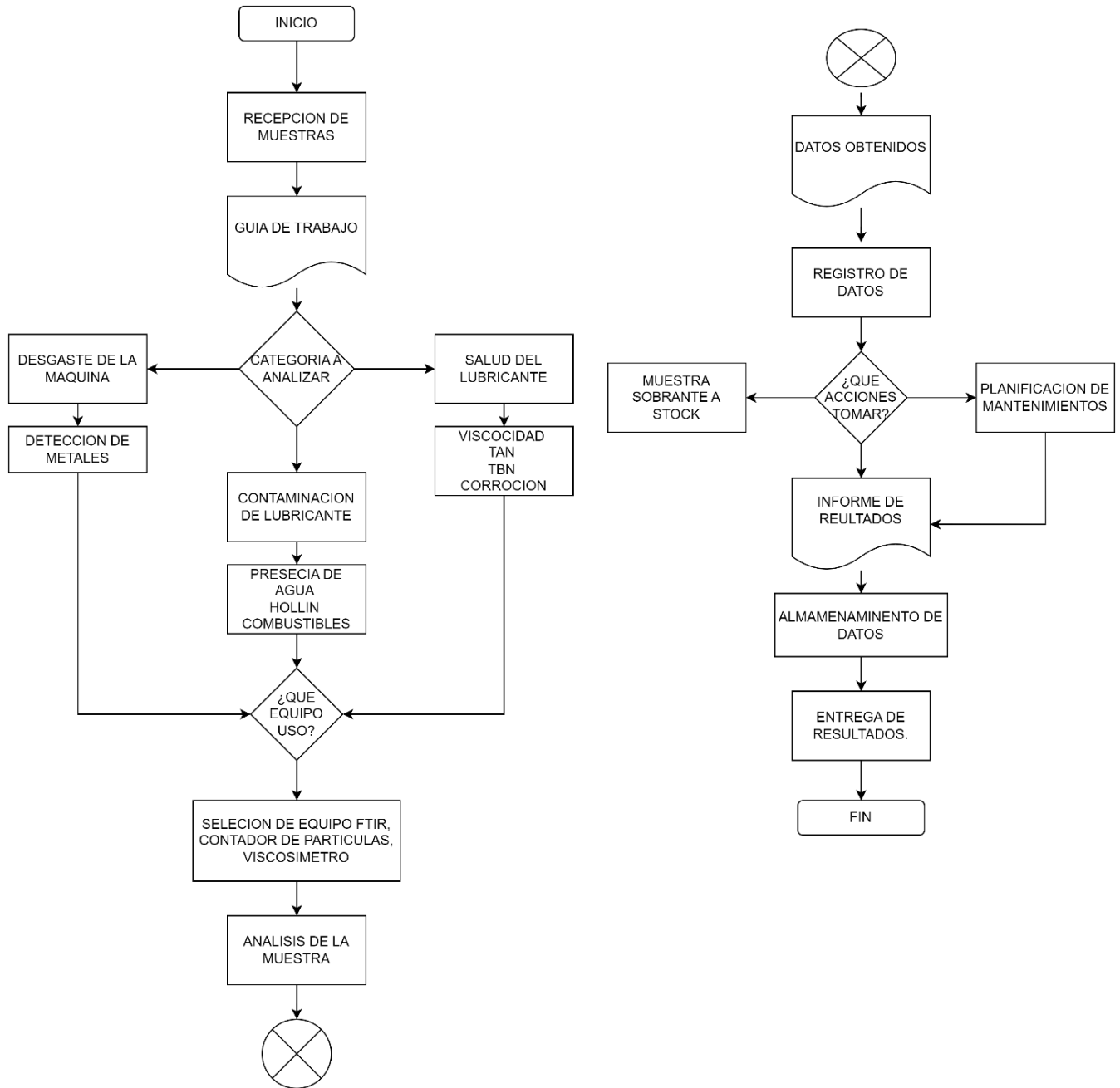
*Figura 17. Ubicación U.P.S.*

*Fuente: (GoogleMaps, s.f.)*

### **2.3. Distribución del laboratorio.**

Para la distribución del laboratorio se analiza la normativa ISO 17025, pues esta norma muestra los requisitos generales para la implementación de un laboratorio de ensayo y calibración. Estos requerimientos fueron revisados y detallados en el capítulo anterior, por lo que en este punto se procede a presentar el diseño del laboratorio considerando todos los aspectos mencionados dentro de esta norma. Previamente, se dispone de un diagrama de flujo para el desarrollo de actividades dentro del laboratorio de análisis de aceite. También se consideran algunas políticas de la institución que se mencionan en el manual de higiene y seguridad: Como son la presencia de extintores en el laboratorio, botiquín, basureros para clasificación de desechos, entre otros. Por otro lado, se considera también el orden de los procesos la optimización de tiempos y el uso del equipo de protección personal que se requiera para el desarrollo de un análisis de aceite.

### 2.3.1. Diagrama de flujo del laboratorio



**Figura 18.** Diagrama de flujo.

**Fuente:** (Autores)

### 2.3.2. Diseño esquemático del laboratorio

En la figura 19 se observa el plano de el laboratorio para el analisis de aceite lubricantes que se plantea implementar en la Universidad Politecnica Salesiana, sede Cuenca, detallando la

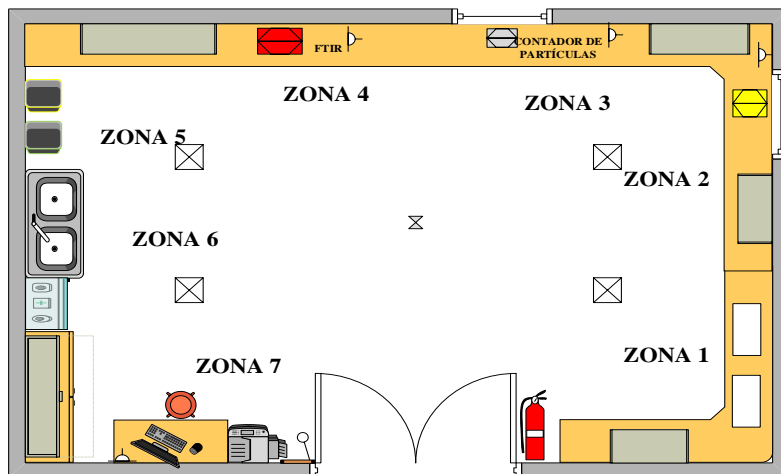


distribución de los respectivos equipos, mobiliario y la representación eléctrica de circuitos de fuerza e iluminación, también con sus respectivas zonas como son:

- **ZONA 1:** *Área de recepción de muestras;* En este espacio se recibe y almacena las muestras de aceites lubricantes que ingresan al laboratorio como también el sobrante luego de realizar las pruebas. Esta área se encuentra a continuación de la puerta de ingreso al laboratorio con el fin de llevar un orden adecuado en el desarrollo de actividades. Es importante aclarar que se requiere instalar un extintor cerca a la entrada del laboratorio considerando que este debe tener un fácil acceso y a una altura no mayor a 1.5 metros sobre el suelo.
- **ZONA 2:** *Área de pruebas Viscocímetro;* está situada a continuación debido a que las pruebas que se realizan en esta área son rápidas y sin la necesidad de muchos materiales e implementos.
- **ZONA 3:** *Área de pruebas de conteo de partículas.* Se encuentra luego del viscosímetro pues si un análisis de viscosidad no cumple con los requerimientos que se desea analizar se procede a un análisis de conteo de partículas con el que se puede obtener una respuesta más clara sobre este lubricante.
- **ZONA 4:** *Área de pruebas de FTIR;* en esta zona se analiza la mayor cantidad de parámetros relacionados tanto a la salud y contaminación del aceite y a al desgaste de la máquina lubricada. Este espacio se encuentra al final de los equipos y es donde se concluye el análisis es por ello que a continuación se encuentra la siguiente zona.
- **ZONA 5:** *Área de desechos de material peligroso y reciclable.* Luego de culminar con el análisis del lubricante, habrá distintos desechos como guantes que se usaron durante los procesos u otros elementos, desechos contaminados con el aceite,

recipientes usados, residuos de solventes, etc., es por ellos que se plantea el uso de 2 basureros donde se clasifiquen adecuadamente los desechos.






















- **ZONA 6: Área de lavado.** Posteriormente se procede a implementar una zona de lavado donde se limpian los materiales utilizados y sirven también para el higiene personal, pues siempre se estará en contacto de un lubricante y/o solventes ya sea de forma directa o indirecta.
- **ZONA 7: Área de documentación de resultados.** Se sitúa al final y en este lugar es donde se realiza la documentación de los resultados y se plantea las conclusiones y recomendaciones al usuario brindando una idea de a dónde direccionar el mantenimiento a los equipos de donde se extrajo la muestra de aceite que se analice.



**Figura 19.** Plano del Laboratorio de Análisis de Lubricantes con su distribución de Equipos.

**Fuente:** (Autores)

En la siguiente figura se podrá apreciar sus respectivos materiales, equipos y simbología eléctrica del laboratorio de análisis de lubricante que se propone implementar.

ÁREAS	EQUIPOS	ELÉCTRICO
 Superficie esquina	 Copiadora	 Interruptor
 Fregadero	 Computadora	 Toma Corriente
 Botiquín	 FTIR	 Luminaria de techo empotrada
 Estante abierto	 Contador de partículas	 Luz de emergencia
 Tablero para notas	 Viscosímetro	
 Extintor	 Receptor de muestras de aceite	
 Basurero materiales peligrosos		
 Basurero materiales reciclables		
 Archivador		
 Unidad de almacenamiento		
 Taburete		

*Figura 20. Materiales, Equipos y simbología eléctrica.*

*Fuente: (Autores)*

#### 2.4. Tipos de pruebas que se realizan en el laboratorio

Los parámetros que se pretenden medir en el laboratorio están en función a cada categoría, para determinar la salud del lubricante se realizaran pruebas de viscosidad, sulfatación, nitración, corrosión, entre otros. La contaminación del lubricante se analiza mediante un análisis de presencia de agua o combustible en el aceite como también la presencia de polvo tierra u otros solidos que provienen del exterior y por último para estimar el desgaste de la maquinaria se opta por la medida de la presencia de partículas metálicas dentro del motor. En la tabla 8 se representa las pruebas que estarán disponibles en este laboratorio, el equipo asociado a cada parámetro.

**Tabla 8. Pruebas disponibles en el Laboratorio.**

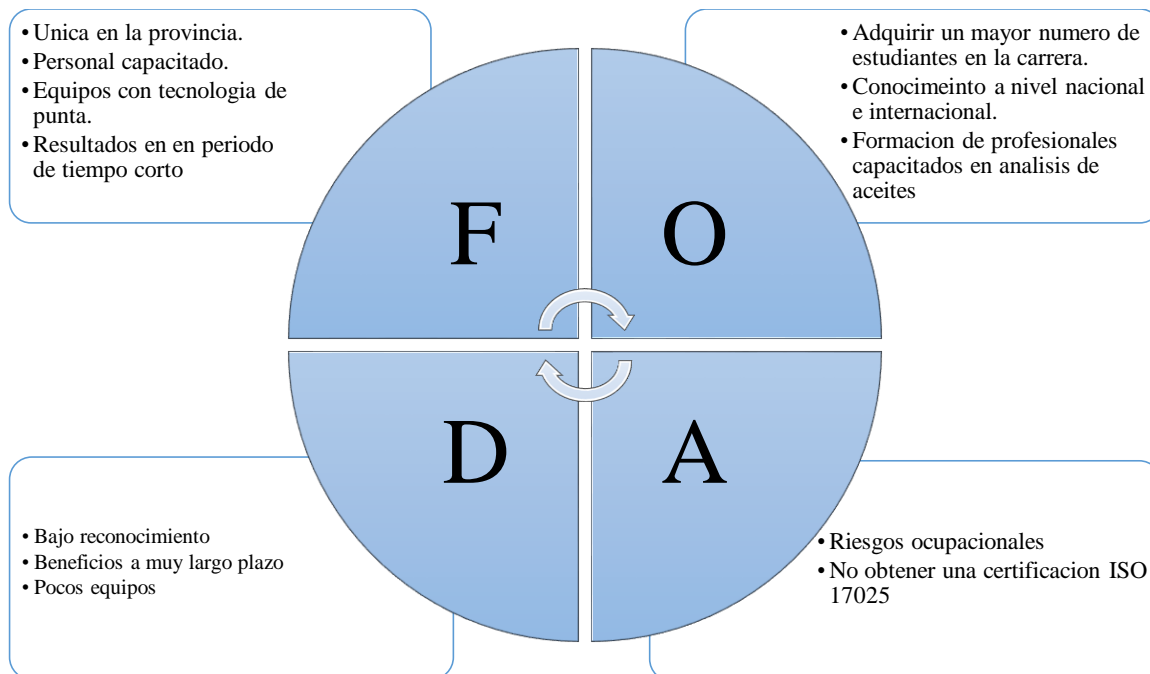
CATEGORIA	PARAMETRO	EQUIPO
SALUD	Viscosidad a 40 C y 100 C	Viscosímetro
	Corrosión	FTIR
	Sulfatación	FTIR
	Nitración	
CONTAMINACIÓN	Presencia de agua	FTIR
	Presencia de combustible.	Contador de partículas.
	Presencia de hollín.	
DESGASTE DE LA MÁQUINA.	Presencia de metales. (Fe, Cr, Pb, Cu, Sn, Al, Ni, Ag, Mo, Ti, Si, B, Na, Mg, Ca, Ba, P, Zn, V)	FTIR
		Contador de partículas

**Fuente:** (Autores)

Este laboratorio al ser de uso y formación académica dependerá de los usuarios el reconocimiento a nivel nacional mediante la elaboración de artículos científicos análisis de los diferentes tipos de aceites en el mercado, comparativas entre ellos y sobre todo la publicidad que juega un papel importante al momento de entrar en el mercado y competir con otras empresas que ya tienen sus clientes, sus costos y sus planes de mantenimiento dirigido a los clientes.

## 2.5. Análisis FODA

Se presenta un análisis FODA, donde evalúan las principales fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas de imprimir un laboratorio de análisis de aceite en la Universidad Politécnica Salesiana, sede cuenca.



*Figura 21. Análisis FODA.*

*Fuente: (Autores)*

## 2.6. Recursos que se utilizan.

Los recursos necesarios para el correcto uso y funcionamiento de este laboratorio de análisis de lubricantes se denotan en la tabla 9 donde se muestra en cantidad y precio de cada elemento y equipo necesario dentro de las instalaciones.

*Tabla 9. Recursos*

CANTIDAD	DESCRIPCION	PRECIO
<b>MUEBLES DE OFINA</b>		
1	Escritorio	140
1	Silla ejecutiva	75
1	Taburete	15
1	Tablero de notas	3
1	Extintor 10 lb	21
1	Botiquín	10
1	Fregadero	30
2	Basureros	10
1	Archivador	5
1	Impresora	150
1	Computadora	500
1	Estante para muestras	300

<b>EQUIPOS</b>		
1	FTIR	50.600
1	Viscosímetro*	-----
1	Contador de partículas*	-----
<b>SISTEMAS ELÉCTRICOS</b>		
1	Interruptor	2
4	Tomacorrientes	8
4	Lámparas	40
1	Luz de emergencia	5
<b>TOTAL</b>		<b>\$ 51.914</b>

*Fuente: (Autores)*

Por lo tanto, la inversión requerida para el funcionamiento de este laboratorio esta alrededor de los \$51.914 dólares americanos. Inversión que se recuperara a largo plazo según la importancia y conocimiento que se logre a nivel nacional con el fin de incentivar a nuevos estudiantes a formarse académicamente en la carrera de Ingeniería Mecánica Automotriz, y por otro lado este reconocimiento por fuera de la institución puede conllevar a la aparición de clientes externos a realizar un análisis de aceite de sus equipos.

### 3. ANÁLISIS DE ECONOMICO

---

Un laboratorio de análisis de aceite representa una inversión considerable por lo que se formula un análisis económico analizando la oferta y demanda en el sector de los aceites industriales comercializados en el Ecuador y estimar el porcentaje lubricantes usados en la industria automotriz como también determinar que empresas que realizan estos análisis y el porcentaje de análisis se realizan en el país, por otro lado se pretende comparar los precios de este servicio en los diferentes laboratorios de análisis de aceites que existen en el país para de esta manera plantear un posible precio del servicio a la Universidad Politécnica Salesiana. De este modo con estos datos se podrá estimar los ingresos y egresos que representaría este laboratorio y posteriormente calcular el VAN y el TIR, para establecer la factibilidad del mismo dentro de las instalaciones de la institución.

#### 3.1. Estimación del costo del servicio.

En el Ecuador se encuentra una gran variedad de laboratorios de análisis de aceite distribuidos en las 2 ciudades más grandes del país como son Quito y Guayaquil, ya sea en el centro de la ciudad o cantones aledaños como es el cantón Duran en la provincia del Guayas, pues no existe ningún laboratorio con este fin en la ciudad de Cuenca. Es por ello, que la implementación de un laboratorio de análisis de aceite en la Universidad Politécnica Salesiana

beneficiará tanto a esta ciudad como a otras ciudades cercanas. Los laboratorios de análisis de aceite más conocidos y de más confiabilidad son:

- Lubrisa. (Duran)
- Biofactor (Duran)
- Swiss oíl (Guayaquil).
- Lubrival (Guayaquil).
- PDV S.A (Guayaquil)
- Sertinlab (Quito)
- LACBAL (Quito).

### **3.1.1. LUBRISA**

La empresa LUBRICANTES INTERNACIONALES S.A LUBRISA, es aquella que representa la marca de aceites GULF a partir del año 1993, donde su mayor crecimiento surge en el año 2003 debido a una fábrica ubicada en la ciudad de Duran donde poseen una gran cantidad de lubricantes con un aproximado de 1.200.000 galones, logrando así convertirse en una marca de un gran crecimiento en ventas dentro del país. Gulf ofrece a sus clientes garantizar la vida útil y el rendimiento de sus equipos reduciendo al máximo los costos de operación, es por ello que cuenta con equipos espectrofotométricos de muy buena calidad junto a otros equipos más en caso de ser necesarias otras pruebas. (González I. I., s.f.).

Para el análisis de lubricante utilizan un espectrómetro de emisión atómica para el monitoreo de desgaste, un espectrómetro FTIR de la marca SpectrOil para el análisis de otras condiciones referentes a la salud y/o contaminación del lubricante.

Una de las características más relevantes de este laboratorio es que un usuario de lubricantes Gulf puede solicitar el servicio de análisis de aceite sin costo alguno (González I. I., s.f.). Y los resultados del análisis pueden ser consultados por cada cliente en la página web de la empresa.



En la tabla 10 se representa el análisis que realiza el laboratorio LUBRISA y el método del mismo.

**Tabla 10.** Pruebas de laboratorio LUBRISA.

<b>PRUEBA</b>	<b>MÉTODO</b>	<b>COSTO</b>
Apariencia	Visual	1.65
Color	ASTM D 1500	1.65
Viscosidad cinemática a 40°C	ASTM D 445	8.10
Viscosidad cinemática a 100°C	ASTM D 445	8.10
TBN-USADOS	ASTM D 2896	11.69
TBN-NUEVOS	ASTM D 2896	12.36
Conteo de partículas	ISO 4406	12.36
Hollín, oxidación, Nitración, sulfatación	ASTM E 2412	24.57
Densidad kg/gal	ASTM D 4052	11.67
Flash Point aceite usado	ASTM D 93	30.61
Flash Point aceite nuevo	ASTM D 92	32.95
Determinación de metales	ASTM D 6595	16.47
<b>TOTAL</b>		<b>\$ 164.08</b>

*Fuente: (Autores)*

### **3.1.2. BIOFACTOR.**

Esta empresa inicio sus actividades en el año 2004 con la recolección e industrialización de aceite usados en el Municipio de Quito. En el 2008 empieza con la producción de aceites terminados o Blending logrando una producción de 30.000 galones mensuales de aceite reciclados mediante el método de extracción por ácido, aquí obtiene la licencia para comercializar la marca AROIL en el 2008 donde inicia su comercialización. En el 2014

incorpora la refinería de aceites y en el 2016 obtiene la licencia ISO 9001 para garantizar la calidad de su producto. (BIOFACTOR S.A, 2016)

El laboratorio de análisis de lubricante Biofactor de la ciudad de Duran cuenta con una amplia variedad de equipos de muy buena tecnología y debidamente calibrados conjuntamente con un personal altamente capacitado y calificado para el control de calidad de sus productos y servicios. En la tabla 11 se muestra la prueba disponible en el laboratorio como también el método, equipo y costo asociado. (BIOFACTOR S.A, 2016)

**Tabla 11.** Pruebas de laboratorio BIOFACTOR S.A.

<b>Prueba</b>	<b>Método</b>	<b>Equipo</b>	<b>Costo</b>
Viscosidad cinemática 40 y 100 C	ASTM 445	Baño de viscosidad.	
Índice de viscosidad	ASTM 2270	Tabla	
Punto de inflamación	ASTM D 92	Copa abierta de Cleveland	
Color	ASTM D 1500	Colorímetro	
TBN	ASTM D 2896	Titulador potenciométrico	\$ 120
TAN	ASTM D 974	Titulación manual	
Humedad	Crepitación	Plancha de crepitación	
Contenido de metales aditivos	ASTM D 4628	Espectrómetro de A.A	

*Fuente: (Autores)*

### 3.1.3. SWISS OIL.

Swiss oil es una empresa dedicada principalmente a la fabricación de aceites lubricantes de muy alta calidad. Están ubicados en la ciudad de Guayaquil y cuenta con un sistema de análisis de muestras denominado SAM donde se realiza los análisis de aceites usados dentro de un laboratorio pues tiene la visión de crear un entorno donde ya no sea un mercado con un sinfín de mecánicos reparadores de equipos sino con la finalidad de obtener médicos de los equipos donde basados en un buen análisis de aceite, se alargue al máximo la vida útil de la maquinaria y por lo tanto aumentar su confiabilidad y reducir costos de mantenimiento. En la tabla 12 se

aprecian los parámetros que se estudian en este laboratorio como también su norma y precio estimado del análisis.

**Tabla 12.** Parámetros del laboratorio SWISS OIL.

PARÁMETRO	MÉTODO	PRECIO
Agua por crepitación*	Interno	1,9
Viscosidad cinemática @ 100 C	ASTM D 445	9,32
TBN	ASTM D 2896	1,44
Apariencia*	VISUAL	1,9
Determinación de metales*	ASTM D 6595	18,94
<b>TOTAL</b>		<b>\$ 45,50</b>

*Fuente: (Autores)*

**Nota:** Los parámetros marcados con \* están fuera del alcance de acreditación del laboratorio, es decir no están acreditados por la SAE, pero se siguen los métodos ASTM para el desarrollo del análisis.

### 3.1.4. LUBRIVAL

Esta compañía se dedica a la venta al por mayor y menor de combustibles líquidos nafta, biocombustibles, lubricantes y aceites, gases líquidos de petróleo, butano y propano y cuentan con un laboratorio de análisis de aceite en la ciudad de Guayaquil donde se estudia tanto lubricantes nuevos como también usados, en la tabla 13 se observa los parámetros que analizan y el costo de cada uno de ellos.

**Tabla 13.** Parámetros del laboratorio LUBRIVAL.

ANALISIS DE ACEITE NUEVO	
PARAMETRO	COSTO
Viscosidad @ 100 C	20
Viscosidad @ 40 C	20
TBN	30
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 70+IVA.</b>
ANALISIS DE ACEITE USADO	
PARAMETRO	COSTO
Viscosidad @ 100 C	20

TBN	30
Agua por crepitación	5
Análisis infrarrojo	10
Análisis de metales. (5 metales)	5 c/u
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 90 +IVA</b>

*Fuente: (Autores)*

### 3.1.5. PDV S.A

Cuenta con su propio sistema de mantenimiento preventivo con la finalidad de diagnosticar la condición física y química de un aceite lubricante y a su vez la condición de funcionamiento y desgaste del equipo que este siendo lubricado con la finalidad de lograr una mayor confiabilidad en su operación. En la tabla 14 se detalla los tipos de parámetros y métodos más importantes que realizan en este laboratorio y adicional el precio de cada uno de ellos, los resultados del análisis se obtendrán luego de las 48 horas después de receptada la muestra de aceite.

**Tabla 14.** Parámetros de laboratorio PDV S.A.

<b>PARAMETRO</b>	<b>METODO</b>	<b>PRECIO</b>
Viscosidad @ 100 C	ASTM D 445	20
Viscosidad @ 40 C	ASTM D 445	20
Agua por crepitación	Método interno	5
Cenizas sulfatadas	ASTM 874	35
Concentración de metales	ASTM D 6595	20
Demulsibilidad	ASTM D 1401	20
Índice de viscosidad	ASTM D 2270	10
Hollín, Sulfatación, Oxidación, Nitración	ASTM E 2412	25
Punto de inflamación	ASTM D 92	15
TBN	ASTM D 2896	13
TAN	ASTM D 974	15
<b>TOTAL</b>		<b>\$198</b>

*Fuente: (Autores)*

El total de un análisis de aceite completo llega a los 198 dólares sin considerar algunos otros parámetros por lo que el costo podría aumentar, por lo que en conclusión se observa que este es uno de los laboratorios más completos de análisis de lubricante.

### 3.1.6. SERTINLAB

Esta es una empresa ubicada en la ciudad de Quito donde se receptan las muestras, pero los análisis se realizan en un laboratorio acreditado en Canadá el mismo que es evaluado y acreditado por Sertinlab. Esta es una empresa enfocada en incrementar la confiabilidad de las máquinas y en consecuencia de toda una empresa. Por ello, cuenta con personal altamente capacitado para la interpretación de cada muestra con el fin de orientar al cliente hacia dónde dirigir su mantenimiento en función a los resultados obtenidos. En la tabla 15 se observa los parámetros que evalúa este laboratorio como también su método y costo asociado. (SertinLab , 2022)

**Tabla 15.** Parámetro del laboratorio Sertinlab.

PARAMETRO	METODO DE ANALISIS	COSTO
Espectro ICP (Metales)	ASTM D 6595	
(Fe, Cr, Pb, Cu, Sn, Al, Ni, Ag, Mo, Ti, Si, B, Na, Mg, Ca, Ba, P, Zn, V)	ASTM D 5185	
Viscosidad a 100 C	ASTM D 445	
FTIR		\$125
(Oxidación, Sulfatación, Nitración, Dilución de combustible, Glicol.)	ASTM E 2412	
Detección de agua	-----	
TBN	ASTM D 4739	
PQ	Método interno	

**Fuente:** (Autores)

Cabe resaltar que los resultados de un análisis de lubricante en este laboratorio estarán disponibles luego de 20 días laborables.

### 3.1.7. LACBAL

Es un laboratorio de combustibles, biocombustibles y aceites lubricantes dentro del departamento de Ingeniería Química de la escuela Politécnica Nacional, cuenta con más de 30 años de experiencia realizando análisis de lubricantes e hidrocarburos en general bajo normativas nacionales e internacionales garantizando resultados confiables adicionalmente que contribuye al desarrollo científico. En la table 16 se detalla el parámetro analizado y la norma bajo la cual se realiza en ensayo y se informa sobre el costo de un análisis completo de aceite lubricante usado. (LACBAL, s.f.)

*Tabla 16. Parámetros de laboratorio LACBAL.*

<b>PARAMETRO</b>	<b>NORMA</b>	<b>COSTO</b>
Viscosidad a 100 C	ASTM D 445	
Índice de viscosidad	ASTM D 2270	
Numero básico TBN	ASTM D 2896	
Numero de acidez TAN	ASTM D 664	
Corrosión a la lámina de Cu	ASTM D 130	
Punto de escurrimiento	ASTM D 97	
Densidad relativa	ASTM D 1298	\$500,65
Metales en el lubricante	ASTM D 6595	
Recuento y clasificación de partículas	ASTM 7596/ ISO 446	
Recuento y clasificación de partículas	ASTM 7596/ ISO 446	
FTIR de aceites lubricantes	ASTM D 7412/ ASTM D 2668	

*Fuente: (Autores)*

### 3.2. Estimación de costo de análisis de aceite en la UPS.

Analizando y comparando los precios de cada parámetro analizado en los distintos laboratorios se proponen los siguientes precios para el laboratorio de análisis de aceite en la Universidad Politécnica Salesiana.

**Tabla 17. Pruebas disponibles en el Laboratorio.**

<b>CATEGORIA</b>	<b>PARAMETRO</b>	<b>EQUIPO</b>	<b>COSTO</b>
SALUD	Viscosidad a 40 C y 100 C	Viscosímetro	\$10
	Corrosión	FTIR	
	Sulfatación	FTIR	\$15 c/u
	Nitración		
CONTAMINACIÓN	Presencia de agua	FTIR	
	Presencia de combustible.	Contador de partículas.	\$10 c/u
	Presencia de hollín.		
DESGASTE DE LA MÁQUINA.	Presencia de metales.	FTIR	
	(Fe, Cr, Pb, Cu, Sn, Al, Ni, Ag, Mo, Ti, Si, B, Na, Mg, Ca, Ba, P, Zn, V)	Contador de partículas	\$30
<b>COSTO DE UN ANALISIS COMPLETO</b>			<b>\$115</b>

*Fuente: (Autores)*

### **3.3. Análisis ingresos y egresos.**

Se ha realizado un estudio de los laboratorios más importantes del Ecuador en cuanto al total de análisis de aceite usado realizan al mes cada uno de estos pues algunos de ellos realizan análisis de aceites a clientes que solamente usan el aceite que ellos fabrican, otros envían las muestras a laboratorios de otros países como son Colombia, Estados Unidos, Argentina y Canadá como es el caso de Sertinlab y otros que son laboratorios independientes, privados o institucionales. También se obtiene el dato de que el laboratorio Lubriska realiza un estimado de análisis de aceite entre 1200 a 1500 análisis al mes (Lubriska S.A., s.f.). Como también el laboratorio de Swiss oil realiza 2500 análisis anuales aproximadamente (SWISSOIL, s.f.). Con esto se puede indagar que en el Ecuador se realizan por lo menos unos 5000 análisis mensuales. Considerando esta gran oferta en el mercado de los análisis de aceite se puede idealizar que

mediante la publicidad y la importancia que se logre de este laboratorio se pretende que se podría adquirir clientes y realizar un estimado de 10 análisis de aceite al mes. Por otro lado, se examinan el monto de inversión que se requiere para la implementación de este laboratorio considerando costos por el espacio físico que ocupa el laboratorio, equipos, sueldos y mobiliario. En la tabla 18 se observa a detalle cada uno de estos parámetros.

*Tabla 18. Costos Totales*

<b>COSTOS TOTALES</b>			
		<b>MES</b>	<b>AÑO</b>
MOBILIARIO.	Muebles de oficina.	\$ 548,00	\$ 548,00
	Equipos de seguridad	\$31,00	\$31,00
	Sistemas eléctricos	\$55,00	\$55,00
	Equipo de computo	\$650,00	\$650,00
SERVICIOS BASICOS	Luz, agua	\$30,00	\$360,00
ESPACIO FISICO	Costo de uso.	\$ 300,00	\$ 3 600,00
SUELDO.	Laboratorista	\$1 100,00	\$13 200,00
<i>Total, de egresos.</i>		<i>\$53 248,00</i>	<i>\$18 444,00</i>
VENTA DE SERVICIO DE ANALISIS DE ACEITES	10 muestras al mes aprox...	\$1 500,00	\$13 800,00
<i>Total, de ingresos.</i>		<i>\$11 500,00</i>	<i>\$13 800,00</i>

*Fuente (Autores)*

### 3.3.1. Análisis VAN y TIR.

Para realizar un análisis de factibilidad económica es importante calcular el Van y el TIR, para ello se procede a interpretar cuales serían los ingresos y egresos por año. Por otro lado, también es necesario conocer cuál es el monto de la inversión requerida para implementar un laboratorio de análisis de aceite. En la tabla 18 se observa estos 3 parámetros.



**Tabla 19. Ingresos y Egresos**

<b>PARÁMETRO</b>	<b>MES</b>	<b>AÑO</b>	
INGRESOS	\$1 500,00	<b>\$13 800,00</b>	
Se presume un aumento del 50% por año			
EGRESOS	Servicios básicos	\$30,00	\$360,00
	Espacio físico	\$300,00	\$ 3 600,00
	Consumibles	\$50,00	\$600,00
	Laboratorista	\$1 100,00	\$13 200,00
	<b>Total</b>	<b>\$1 480,00</b>	<b>\$17 760,00</b>
INVERSION INICIAL		<b>\$51 914,00</b>	
<b>TOTAL</b>			

*Fuente: (Autores)*

Los ingresos se calculan con el desarrollo de 10 análisis de aceite por mes llegando al año a analizar aproximadamente 120 muestras y para los próximos años se considera que a medida de la introducción del mantenimiento predictivo en las industrias del país y el amplio mercado que se observó en este campo del análisis de aceite se estima que podría aumentar en un 50% por año es decir si en el primer año se analizó 120 muestras al segundo año se estaría analizando 180 muestras de aceite usado respectivamente, del mismo modo para los egresos se considera todos los gastos operativos que requiere el laboratorio para su buen funcionamiento.

A continuación, se presenta el cálculo VAN y TIR y flujo de caja que se calcula dentro de los 5 próximos años.

**Tabla 20. Calculo VAN y TIR dentro de los próximos 5 años**

	INVERSIÓN	\$ 51.914,00	
	EGRESOS	\$ 17.760,00	
	INGRESOS	\$ 13.800,00	
	CRECIMIENTO ANUAL	50%	
	TASA DE DESCUENTO	15%	
	<b>INGRESOS</b>	<b>EGRESOS</b>	<b>FLUJO DE CAJA</b>
0		\$ -51.914,00	\$ -51.914,00
1	\$ 13.800,00	\$ 17.760,00	\$ -3.960,00
2	\$ 20.700,00	\$ 17.760,00	\$ 2.940,00
3	\$ 31.050,00	\$ 17.760,00	\$ 13.290,00
4	\$ 46.575,00	\$ 17.760,00	\$ 28.815,00
5	\$ 69.862,50	\$ 17.760,00	\$ 52.102,50

VAN	\$	27.453,34
TIR		14%

*Fuente:*(Autores)

## 4. CONCLUSIONES

---

### 4.1. Conclusiones

- ✓ Esta tesis busca determinar la factibilidad de un laboratorio de análisis de aceite lubricante en la Universidad Politécnica Salesiana. Al término de este trabajo, se concluye que si es factible la presencia de este laboratorio debido a que no hay presencia de competidores y existe una gran variedad de mercado.
- ✓ Un laboratorio de análisis de aceite es una gran herramienta del mantenimiento para diagnosticar la salud y contaminación del lubricante como también el desgaste de la máquina que está siendo lubricada para direccionar un mantenimiento directo y efectivo en función a los resultados obtenidos dando un mayor énfasis y enfoque al mantenimiento predictivo.
- ✓ La factibilidad de este laboratorio se debe también a que la institución educativa ya consta con un viscosímetro y un contador de partículas mismo que son de gran ayuda al realizar las diferentes pruebas que sean requeridas.
- ✓ La implementación de este laboratorio ayudará a formar Ingenieros Automotrices capacitados y direccionados a brindar un excelente mantenimiento siendo unos profesionales médicos de equipos más nos cambiadores de piezas.
- ✓ Se obtiene una tasa interna de retorno TIR de un 14%, la cual determina la factibilidad de la implementación de este laboratorio, del mismo modo se obtiene un VAN de

\$27.453,34 lo cual indica que a largo plazo genera beneficios económicos a la institución.

#### **4.2 Recomendaciones**

- ✓ Es de vital importancia el desarrollo publicitario mediante artículos científicos, papers, videos donde se muestren el servicio que se puede ofrecer y de esta manera adquirir posibles clientes.
- ✓ El uso del laboratorio debe ser por parte de una persona capacitada que brinde una enseñanza optima a los estudiantes y sobre todo que garantice resultados veraces de cada una de las muestras que se analicen.
- ✓ Contar con todas las medidas de higiene y seguridad al momento de dar uso de este laboratorio como también usar correctamente el equipo de protección personal dentro del mismo.

## Bibliografía

---

- Aguado, N. (21 de 04 de 2021). *Reliability Connect*. Obtenido de Número basico de lubricantes: <https://esp.reliabilityconnect.com/numero-basico-de-lubricantes/#:~:text=El%20n%C3%BAmero%20C3%81cido%20%28AN%29%20%28anteriormente%20denominado%20TAN%20E2%80%93,los%20aceites%20lubricantes%20provenientes%2C%20principalmente%2C%20de%20la%20oxidaci%C3%B3>
- Ahmed I., Saas A. y Abouel-Seoud S. (2007-01-2262). Noise prediction and its application to engine detect events and faults Diagnosis. . *SAE paper* .
- Alejandro Midreros Romero, E. M. (2013). Diseño de un Laboratorio de Analisis de Aceites Lubricantes en la Espol para Sustentar Programas de Mantenimineto Predictivo. *Facultad de Ingenieria Mecanica y Ciencias de la produccion*, 7.
- Allauca, W., & Carrillo, A. (2021). *Estudio del lubricante para motores diésel 6 cilindros en línea turboalimentados basado en análisis del aceite en diferentes condiciones geográficas*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba Ecuador. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/15471>
- America, N. L. (31 de Agosto de 2017). *Identificando las etapas de la oxidacion del aceite*. Obtenido de <https://noria.mx/lublearn/identificando-las-etapas-de-la-oxidacion-del-aceite/>
- America, N. L. (13 de 10 de 21). *NORIA*. Obtenido de <https://noria.mx/lublearn/analizando-las-particulas-de-desgaste-en-aceites-de-motor/>
- Anamingroup.cl. (02 de 12 de 2022). *Viscosímetro rotacional ViscoQC 300*. Obtenido de Viscosímetro rotacional ViscoQC 300: <https://www.anamingroup.cl/producto/viscosimetro-rotacional-viscoqc-300/>
- Arroyo, Douglas; Arce, Karla; Pérez, Maribel; Gamboa, Idael; Recio, Ángel; Blanco, Osmir. (2019). Evaluación de la calidad de aceites lubricantes de motores de la central

- térmica esmeraldas ii, por ftir. UTCiencia" Ciencia y Tecnología al servicio del pueblo",. *REVISTA UT Ciencias*, 6(1), 50-19. Obtenido de <http://investigacion.utc.edu.ec/revistasutc/index.php/utciencia/article/view/257>
- ASTM. (16 de 08 de 2017). *Standard Practice for In-Service Monitoring of Mineral Turbine Oils for Steam and Gas Turbines*. Obtenido de Standard Practice for In-Service Monitoring of Mineral Turbine Oils for Steam and Gas Turbines: <https://www.astm.org/d4378-97.html>
- Barrionuevo D., González J. (s.f.). Criterios generales para el diseño de cámaras anecóicas. . *Universidad Tecnológica Nacional. CP X5016ZAA*. . Córdoba, Argentina.
- BIOFACTOR S.A. (2016). *Biofactorsa.com*. Obtenido de <http://www.biofactorsa.com/index.html>
- Ceballos, A. (2022). *nálisis de la contaminación de aceites lubricantes en alcantarillas de talleres y lubricadores automotrices en la ciudad de Riobamba*. Universidad Politécnica del Chimborazo. Ecuador. Obtenido de <http://dspace.esoch.edu.ec/handle/123456789/16573>
- Chevron. (2019). *Chevronlubricants.com*. Obtenido de Chevronlubricants.com: [https://latinamerica.chevronlubricants.com/content/dam/external/industrial/es\\_latam/sales-material/sales-sheet/Analisis\\_de\\_Aceite\\_de\\_Motor-Entendiendo\\_TAN\\_y\\_TBN\\_2019.pdf](https://latinamerica.chevronlubricants.com/content/dam/external/industrial/es_latam/sales-material/sales-sheet/Analisis_de_Aceite_de_Motor-Entendiendo_TAN_y_TBN_2019.pdf)
- CHEVRON. (10 de 2022). *Chevron Lubricantes Latam*. Obtenido de [https://latinamerica.chevronlubricants.com/es\\_mx/home/learning/from-chevron/industrial-machinery/used-oil-analysis-proper-sampling-produces-more-reliable-results.html](https://latinamerica.chevronlubricants.com/es_mx/home/learning/from-chevron/industrial-machinery/used-oil-analysis-proper-sampling-produces-more-reliable-results.html)
- CINRG. (2022). <https://www.cinrg.com/>. Obtenido de <https://www.cinrg.com/>
- Claude Rougeron. (1977). *Aislamiento acústico y térmico en la construcción*. Barcelona: Editores Técnicos Asociados.
- Cox and D´Antonio. (May 2001). Room dimensions for critical listening environments. A. *ES Convention: 110*, pp. 5353 .
- Culma, S. (2019). *Análisis de lubricantes para mejora del plan de mantenimiento en la flota de camiones Foton de Cemex Premezclados*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogota Colombia. Obtenido de <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/15873/CulmaOrt%c3%adzSergioEsteban2019.pdf?sequence=6&isAllowed=y>

- Echeverrya, E. (2020). *Oxidación del Lubricante y química del Antioxidante*. Exxon Mobile, Ciudad de Mexico. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/483085766/Oxidacion-del-lubricante>
- El Maquinante. (22 de 03 de 2020). *El Maquinante*. Obtenido de TBN - Numero Total de Base o Total Base Number.
- eralytics. (26 de 09 de 2014). *Home - eralytics - your reliable partner for petroleum testing*. Obtenido de Home - eralytics - your reliable partner for petroleum testing: <https://eralytics.com/>
- Everest Alton F. (200.). *The master handbook of acoustics. 4th Edition*. . United States of America.: McGraw-Hill.
- Federal Lubricants. (2022). *Federal Lubricants*. Obtenido de [https://federallubricants.com/?page\\_id=211](https://federallubricants.com/?page_id=211)
- GÁLVEZ, R. A., & PAUCAR, Z. D. (2020). “ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL SOBRECALENTAMIENTO DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA EN LA DEGRADACIÓN DEL ACEITE LUBRICANTE”. CUENCA-ECUADOR: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA.
- Giakoumis E.G., Dimaratos A.M. y Rakopoulos C.D. (2011). Experimental study of combustion noise radiation during transient turbocharged diesel engine operation. *Energy. Vol 36, N°8, .*
- González, I. I. (s.f.). *Lubrisa.com*. Recuperado el 20 de 12 de 2022, de [https://www.lubrisa.com/media/PROGRAMA\\_DE\\_MANTENIMIENTO\\_GULF.PDF](https://www.lubrisa.com/media/PROGRAMA_DE_MANTENIMIENTO_GULF.PDF)
- González, J., Gómez, L., & Ocampo, Y. (2019). *Criterios de implementación ISO 14001:2015 - Caso Estudio: servicio de laboratorio de análisis de agua en la Corporación Autónoma Regional de las cuencas de los ríos Negro Nare –CORNARE*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Colombia. Obtenido de <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/26453/jigonzaiec.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- GoogleMaps. (s.f.). Obtenido de <https://www.google.com/maps/place/Cuenca/@-2.8920956,-79.0595931,12z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x91cd18095fc7e881:0xafd08fd090de6ff7!8m2!3d-2.9001285!4d-79.0058965>
- Hernández, J., & Maldonado, A. (2020). *Evaluación de un proceso para la recuperación de Bases lubricantes contenidas en los aceites lubricantes usado*. Fundación Universidad de América. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.11839/7801>

- Hurtado, S. (2022). *Estado situacional del manejo de aceite lubricante usado en los talleres de mecánica automotriz de la ciudad de Chota-2020*. Universidad Nacional Autónoma de Chota - Perú.
- HVACR, M. (4 de septiembre de 2017). *Laboratorios: control y calidad del aire interior*. Obtenido de *Laboratorios: control y calidad del aire interior*: <https://www.mundohvacr.com.mx/2017/09/laboratorios-control-calidad-del-aire-interior/>
- insler y Frey, A. R. . (1962). *L. E. K Fundamentals of Acoustics, 2nd ed.* New York: John Wiley & Sons, Inc.
- ISO/IEC. (2017). *ISO/IEC 17025*. Obtenido de General requirements for the competence of testing and calibration laboratories: <https://www.iso.org/publication/PUB100424.html>
- Kanda H., Okubo M. y Yonezawa T. ( 1990-02-01). Analysis of noise sources and their transfer paths in diesel engines. *SAE Paper*.
- L. L. Beranek y I. L. Vér. (1992). *Noise and Vibration Control Engineering: Principles and Applications*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- LACBAL. (s.f.). *lacbal*. Obtenido de <https://lacbal.epn.edu.ec/index.php/servicios/aceite-lubricante>
- LANCAR. (03 de 2021). *Lancar Especialistas en Lubricantes* . Obtenido de <https://www.lancar.es/tecnologia.html>
- Lee M., Bolton J. S. y Shu S. (2009). Estimation of the combustion-related noise transfer matrix of a multi-cylinder diesel engine. *Measurement Science & Technology*.
- Leo L. Beranek and Harvey P. Sleeper, Jr. . (1946.). The Design and Construction of Anechoic Sound Chambers. . *Journal Acoustical Society of America. Volumen 18, n°1, pp140-150, .*
- Leon, H. J. (11 de 2007). *creacion de un laboratorio de analisis lubricantes automotrices*. Obtenido de [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_0422\\_MI.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0422_MI.pdf)
- Leon, J., & Choque, E. (2022). *Análisis de la vida útil del lubricante SAE 15w-40 por falta de información en clientes de la distribuidora solar representaciones SAC ubicado en el distrito de Cerro Colorado Arequipa*. Universidad Autónoma San Francisco, Perú. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.14179/619>
- Lubrications Managment . (18 de 05 de 2017). *Lubrications Managment* . Obtenido de La nitración en el análisis de aceites de motores de gas: <https://lubrication-management.com/2017/05/18/la-nitracion-en-el-analisis-de-aceites-de-motores-de-gas/>



- Lubrisa S.A. (s.f.). Obtenido de <https://www.lubrisa.com/contacto>
- Marant V. (2005). *Contribución al análisis de la calidad sonora del ruido de combustión de los motores diésel de inyección directa*. Valencia: Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Valencia, Departamento de Máquinas y Motores Térmicos.
- Marín, J. (2019). *Medida de la acidez (TAN) mediante espectrometría infrarroja (FTIR) en aceites lubricantes de MCIA (Doctoral dissertation)*. Universitat Politècnica de València - España. Obtenido de <https://riunet.upv.es/handle/10251/130604>
- Marín, K., & Pesántez, E. (2022). *Diseño de una herramienta informática para el análisis de aceite lubricante en la flota de transporte de la EMAC*. Universidad Politécnica Salesiana. Ecuador. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/23171>
- Mettler Toledo. (2022). *Mettler Toledo*. Obtenido de [https://www.mt.com/es/es/home/products/Laboratory\\_Analytics\\_Browse/Product\\_Family\\_Browse\\_titrators\\_main/Karl\\_Fischer\\_Titration.html?cmp=sea\\_0304345&SE=BI&Campaign=MT\\_ANA-TI\\_ES\\_PE&Adgroup=Water+content&bookedkeyword=agua%20contenido%20karl%20fischer&matc](https://www.mt.com/es/es/home/products/Laboratory_Analytics_Browse/Product_Family_Browse_titrators_main/Karl_Fischer_Titration.html?cmp=sea_0304345&SE=BI&Campaign=MT_ANA-TI_ES_PE&Adgroup=Water+content&bookedkeyword=agua%20contenido%20karl%20fischer&matc)
- Miró, G. (04 de 09 de 2018). *Advanced Monitoring Technologies*. Obtenido de <https://blog.atten2.com/como-prevenir-contaminantes-externos-en-aceites-lubricantes>
- Mónico Muñoz, LF. (2013 ). *Contribución al estudio del ruido de combustión en conceptos avanzados de combustión diesel*. Valencia: [Tesis doctoral no publicada]. Universitat Politècnica de València.
- Noria Latín América. (27 de Enero de 2020). *Noria Latín América*. Obtenido de <https://noria.mx/lublearn/beneficios-del-analisis-ftir/>
- O. J. Bonello. (1981 Dec.). A New Criterion for the Distribution of Normal Room Modes. *J. Audio. Eng. Soc.*, vol. 29, pp. 597–606 (1981 Sept.); Erratum, *ibid.*, p. 905.
- P. F. Pereita. (1990). *Manual de acústica, ruido y vibraciones*. Barcelona.
- Petro-canada.com. (2022). *La batalla contra la nitración de los aceites para motor de gas natural*. Obtenido de La batalla contra la nitración de los aceites para motor de gas natural: [https://lubricants.petro-canada.com/es-ec/knowledge-centre/article/art\\_3-hot-topics-nitration-focused](https://lubricants.petro-canada.com/es-ec/knowledge-centre/article/art_3-hot-topics-nitration-focused)
- Prieto, P. B. (07 de octubre de 2019). *Los 13 tipos de laboratorios (y sus características)*. Obtenido de Los 13 tipos de laboratorios (y sus características): <https://medicoplus.com/ciencia/tipos-de-laboratorios>

- Remache, A., Vallejo, V., & Corrales, F. (07 de 12 de 2021). Salud del lubricante y comportamiento de los aditivos en vehículos tipo turismo. *CTU Ciencia y Tecnología UPSE*, 8(3). doi:DOI: <https://doi.org/10.26423/rctu.v8i2.620>
- Richard A. Moscoso and Caleb Vasquez. (2001). A revision of the accepted criteria for the distribution of the resonance frequencies of rectangular. *Journal of the Acoustical Society of America*. Volume 110, Issue 5, pp. 2621-2621.
- Richard H. Bolt. (July 1946.). Note on normal frequency Statistics for rectangular rooms. *Journal of the Acoustical Society of America*. Volume 19.
- Rodríguez, E. (2020). *Implementación de un equipo de pruebas para el análisis de pérdidas por accesorios en redes hidráulicas implementado en los laboratorios de fluidos de la corporación universitaria autónoma de nariño*. Corporación Universitaria Autónoma De Nariño, San Juan de Pasto-Colombia. Obtenido de <http://repositorio.aunar.edu.co:8080/xmlui/handle/20.500.12276/1031>
- Rojas, L., Engativá, L., & Ramírez, M. (2019). Análisis de Aceite un Enfoque Explicativo en Muestras Reales. *Universidad ECCI*, 1-16.
- Russel M. F. y Haworth R. (1985). Combustion noise from high speed direct injection diesel engines. *SAE Paper 850973*.
- S. J. Yang y A. J. Ellison. (1985.). *Machinery noise measurement*. New York: Oxford: Clarendon Press.
- SertinLab . (2022). *Sertinlab S.A*. Obtenido de <https://www.sertinlab.com/servicios/analisis/analisis-en-aceites-lubricantes/>
- SKF. (03 de 2020). *SKF LA*. Obtenido de <https://skf-la.com/lubricacion-de-maquinaria-y-analisis-de-aceite-nivel-l/>
- Strahle W. C. (1978). *Combustion noise"*. *Progress in Energy and Combustion Science*. Vol. 4 no 3 .
- Strutt J. W. (Lord Rayleigh). (1945). *The Theory of Sound*. Vol. 1 y 2. 2nd Edition. New York: Dover Publications Inc.
- SWISSOIL. (s.f.). Obtenido de <https://www.swissoil.com.ec/index.php>
- T. Priede. (1960). *Relation between form of cylinder pressure diagram and noise in diesel engines*. Proc. Mech. Eng.
- TRIBOLOGIK.COM. (2011). Contaminación con hollín: un problema de combustión. 3.
- Trujilo, G. (2020). *Predictiva 21*. Recuperado el 05 de 09 de 2022, de <https://predictiva21.com/analisis-de-lubricantes-y-sus-competencias-tecnicas/>

- Tuan Anh Nguyen, Yuchiro Kai, Masato Mikami. (2012). Study on Combustion Noise from a Running Diesel Engine Based on Transient Combustion Noise Generation Model. *International Journal of Automotive Engineering*.
- V.Macián; J. L. Peidró; B. Tormos; P. C. Olmeda. (2002). *Mantenimiento de motores diésel*. Valencia: Editorial UPV D.L.
- Van MUNSTER, B.J.P.M. (Abril de 2003). Beyond Control. Acoustics of sound recording control rooms - past, present and future. *Eindhoven University of Technology*. The Netherlands.
- Vázquez, M. (2022). *Universidad Politécnica de Cartagena*. Obtenido de Servicio de Apoyo a la Investigación tecnológica SAIT : <https://www.upct.es/sait/es/tecnicas-espectrometricas-y-afines/espectrometro-de-emision-atmica-de-plasma/#:~:text=ESPECTROMETR%C3%8DA%20DE%20EMISI%C3%93N%20AT%C3%93MICA%20DE%20PLASMA%20La%20espectrometr%C3%ADa,plasma%2C%20emitiendo%20radiaci%C3%B3n%20a%2>
- Villafuerte, J. (2019). *Selección de lubricantes según la función de componentes mecánicos*. Universidad Continental, Perú. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12394/7195>
- Zeballos, A. (2020). *Plan de mantenimiento proactivo centrado principalmente en el análisis de aceites en los reductores de velocidad utilizados para calentamiento y enfriamiento uniforme en turbinas de gas de la Central Termoeléctrica Puerto Bravo, Mollendo-Arequipa*. universidad católica de santa maría, Arequipa - Perú. Obtenido de <https://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/handle/UCSM/10494>