



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

ELABORACIÓN DE UNA HERRAMIENTA PARA ESTIMAR EN LÍNEA LA  
CONTAMINACIÓN DE ACEITE POR AGUA

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

AUTORES: JIMMY FERNANDO JAPA AUCAY  
FERNANDO JOSÉ GUERRERO LEMA  
TUTOR: ING. MILTON OSWALDO GARCÍA TOBAR, MSc.

Cuenca - Ecuador

2023

## CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Jimmy Fernando Japa Aucay con documento de identificación N° 1400877153 y Fernando José Guerrero Lema con documento de identificación N° 0105885248; 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, 19 de julio del 2023

Atentamente,



---

Jimmy Fernando Japa Aucay  
1400877153



---

Fernando José Guerrero Lema  
0105885248

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

Nosotros, Jimmy Fernando Japa Aucay con documento de identificación N° 1400877153 y Fernando José Guerrero Lema con documento de identificación N° 0105885248, 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: “Elaboración de una herramienta para estimar en línea la contaminación de aceite por agua”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero 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, 19 de julio del 2023

Atentamente,



---

Jimmy Fernando Japa Aucay

1400877153



---

Fernando José Guerrero Lema

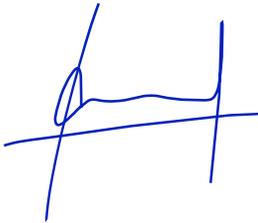
0105885248

## **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 ELABORACIÓN DE UNA HERRAMIENTA PARA ESTIMAR EN LÍNEA LA CONTAMINACIÓN DE ACEITE POR AGUA, realizado por Jimmy Fernando Japa Aucay con documento de identificación N° 1400877153 y por Fernando José Guerrero Lema con documento de identificación N° 0105885248, 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, 19 de julio del 2023

Atentamente,



---

Ing. Milton Oswaldo García Tobar, MSc.

0104282181

## **AGRADECIMIENTO**

Primeramente, agradezco a Dios por ser mi guía y fuerza en cada paso de este viaje. Gracias por darme sabiduría y la claridad mental para los desafíos además de ser mi mayor apoyo y refugio en mis momentos de incertidumbre.

Agradezco a mi madre, por su amor y apoyo han sido la piedra angular de mi éxito. Gracias por tu dedicación incansable, tus sacrificios y tu fe en mí me han impulsado a dar lo mejor de mí en cada etapa de mi vida. No hay palabras para suficientes para expresar cuanto te agradezco por todo lo que has hecho por mí.

A mi hermanos y tíos quienes han sido mis cómplices, mis compañeros y mis amigos más cercanos. Vuestra presencia constante y vuestro aliento sincero han sido un regalo invaluable en mi vida. Gracias por escucharme, por brindarme vuestra opinión honesta y creer en mí, su confianza y apoyo incondicional me han dado la fuerza necesaria para superar cualquier adversidad

Agradezco a mi tutor de tesis al Ing. Milton García por confiar en mí, para realizar este proyecto brindándome sus conocimientos y guiarnos paso a paso para poder desarrollar la tesis.

Jimmy Fernando Japa Aucay

AUTOR

## **AGRADECIMIENTO**

Primeramente, le doy gracias a Dios por guiarme y darme la sabiduría necesaria para alcanzar esta meta tan importante, además de ser un apoyo para mí en momentos de gran debilidad.

Agradezco a mis padres Eliseo Guerrero y Amelia Lema; ya que esto no sería posible sin ellos, ya que gracias a su sacrificio he podido dar un paso más en mi preparación académica, gracias al apoyo y confianza puesta en mí, y gracias a que no han dudado de mí ni un solo momento, también extendiendo mi agradecimiento a mis hermanos quienes también han estado pendientes en todo este proceso y me han brindado su respaldo y apoyo.

Agradezco también a mi tutor de tesis, Ing. Milton García, quien ha sido un ejemplo y guía no solo para este proyecto sino también como docente de la carrera, quien demostró su apoyo desde el inicio hasta el final de este proyecto.

Fernando José Guerrero Lema

AUTOR

## **DEDICATORIA**

Dedico de manera especial a mi madre pues ella fue el principal cimiento para la construcción de mi vida profesional, sentó en mi la base de responsabilidad y deseo de superación. Cada logro que alcanzo es un reflejo de vuestro amor y apoyo.

A mis considerados hermanos, gracias por ser parte de esta aventura y ser mis confidentes. Vuestras palabras de aliento, vuestra motivación y confianza en mi han sido un estímulo constante.

Querida madre y hermanos esta tesis asida un tributo a ustedes y a todo lo que representa en mi vida. Este logro no sería posible sin ustedes. Gracias por estará a mi lado, por creer en mí y darme la confianza y el amor necesario para perseguir mi sueño. A medida que avanzo hacia nuevos desafíos, sé que siempre tendré su apoyo incondicional.

Jimmy Fernando Japa Aucay

AUTOR

## **DEDICATORIA**

Este proyecto de grado se lo dedico principal mente a mis padres, quienes me han dado esta oportunidad para avanzar en mi preparación, ustedes me han enseñado lo más importante y lo mejor que puede hacer un padre y una madre por sus hijos.

A mis hermanos y amigos más cercanos quienes han sido un apoyo y medida de escape en varias ocasiones cuando he estado desanimado o decepcionado, cada una de sus palabras y consejos me han ayudado a levantarme e impulsarme nuevamente y hoy poder terminar esta etapa.

A cada uno de los docentes de la carrera quienes con sus cátedras y consejos me han ayudado a recuperar el enfoque en varias ocasiones, han sido guías y ejemplo para mí y por eso les agradezco.

Fernando José Guerrero Lema

AUTOR

## RESUMEN

El presente proyecto técnico se centra en la elaboración de una herramienta para estimar las partículas por millón de agua en el aceite lubricante. El objetivo de este trabajo es implementar una nueva herramienta de monitorización de aceite en tiempo real. Para ello se utilizan metodologías de investigación para de esta manera comprender al sensor, y establecer un canal de comunicación con el mismo.

Además, se aplican técnicas de diseño para la construcción de la parte externa de la interfaz. Luego de esto se procede con la programación correspondiente para el funcionamiento normal del equipo.

Una vez adquiridos todos los elementos y herramientas necesarias para la interfaz, se efectúa el armado final del dispositivo. Para ello, se cuenta con un maletín rígido que sirve de contenedor de todos los elementos, brindando seguridad y estabilidad para piezas delicadas como: Sensor, base, etc.

Finalmente se procede a la realización de pruebas finales, con el objetivo de validar la máquina con un equipo certificado.

**Palabras Clave:** Lubricante, Interfaz, Diseño, Sensor, Comunicación

## **ABSTRACT**

This technical project will focus on the development of a tool to estimate the particles per million of water in lubricating oil, the objective of this work is to implement a new tool for monitoring oil in real time, for this research methodologies were used to understand the sensor, and to communicate with him, also design techniques will be applied for the construction of the external part of the interface. After this we will proceed to perform the corresponding programming for the normal operation of the equipment. Once all the necessary elements and tools for the interface have been acquired, the final assembly of the device is carried out. For this purpose, a rigid case will be used as a container for all the elements, providing security and stability for delicate parts such as: sensor, base, etc. Finally, final tests are carried out in order to validate the machine with a certified equipment.

**Keywords:** Lubricant, Interface, Design, Sensor, Communication,

# INDICE GENERAL

<b>CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....</b>	<b>2</b>
<b>CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA .....</b>	<b>3</b>
<b>CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....</b>	<b>4</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>5</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>6</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>7</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>8</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>10</b>
<b>INDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>14</b>
<b>INDICE DE TABLAS.....</b>	<b>16</b>
<b>INDICE DE ANEXOS .....</b>	<b>17</b>
<b>PROBLEMA .....</b>	<b>18</b>
<b>OBJETIVO GENERAL Y ESPECIFICOS .....</b>	<b>19</b>
<b>Capítulo 1: Consideraciones generales y estado del arte .....</b>	<b>21</b>
Introducción .....	21
1.1 Estado del arte .....	21

1.2	Lubricantes .....	22
1.3	Análisis y monitorización del aceite en maquinaria pesada.....	22
1.3.1	Monitorización online .....	24
1.3.2	Monitorización Offline .....	24
1.4	Contaminación del aceite: .....	25
1.5	Tipos de análisis de la contaminación del aceite.....	26
1.5.1	Determinación de la contaminación por agua.....	27
1.5.2	Presencia de dilución por combustible .....	32
1.6	Importancia de la toma de la muestra x.....	36
1.7	Lenguaje de comunicación, programación.....	36
	<b>Capítulo 2: Desarrollo del Trabajo .....</b>	<b>38</b>
	Introducción .....	38
2.1.	Descripción de materiales. ....	38
2.1.1	Online Micro-Moisture Content Sensor .....	38
2.1.2	Arduino .....	45
2.1.3	Pantalla Nextion Touch 2,4" .....	46
2.1.5	Modulo Micro SD.....	52
2.2.	Diseño de la base del sensor.....	52
2.3.	Diseño de la interfaz.....	53
2.3.1	Estructura externa .....	54

2.3.2 Diseño de la estructura interna. ....	55
<b>Capítulo 3: Análisis de resultados</b> .....	<b>57</b>
Introducción .....	57
3.1. Armado final .....	57
3.1.1 Ubicación de los elementos en el maletín .....	59
3.2. Análisis de resultados.....	60
3.2.1 Espectrómetro Thermo Scientific™ Nicolet™ iS™ 10 FTIR .....	60
3.2.2 Toma de muestras para la validación .....	62
3.2.3 Resultados.....	63
3.3. Conclusiones .....	64
<b>Bibliografía</b> .....	<b>67</b>
<b>Apéndice A: Anexos</b> .....	<b>70</b>

# INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Ubicación del domicilio .....	19
<b>Figura 2</b>	Ejemplo de estudio de contaminación por agua.....	23
<b>Figura 3</b>	Reactivo Karl Fisher.....	28
<b>Figura 4</b>	.....	33
<b>Figura 5</b>	Estructura típica de una mancha de aceite.....	34
<b>Figura 6</b>	Estructura típica de una mancha de aceite.....	35
<b>Figura 7</b>	Esquema del sensor .....	41
<b>Figura 8</b>	Esquema de instalación del sensor .....	42
<b>Figura 9</b>	Especificaciones de conexión.....	43
<b>Figura 10</b>	Diagrama de cableado del sensor .....	44
<b>Figura 11</b>	Arduino Nano .....	46
<b>Figura 12</b>	Pantalla Nextion Touch 2,4" .....	47
<b>Figura 13</b>	Pantalla Inicio.....	47
<b>Figura 14</b>	Menú de entrada .....	48
<b>Figura 15</b>	Opción 1 Test .....	49
<b>Figura 16</b>	Opción 2 Sistema.....	49
<b>Figura 17</b>	Conexión .....	50
<b>Figura 18</b>	Parámetros .....	51
<b>Figura 19</b>	Precauciones de uso.....	51
<b>Figura 20</b>	Modulo microSD.....	52
<b>Figura 21</b>	Base del sensor .....	53

<b>Figura 22</b>	Diagramas de cajas de la Interfaz.....	54
<b>Figura 23</b>	Estructura Externa .....	55
<b>Figura 24</b>	Diseño estructura interna.....	56
<b>Figura 25</b>	Interfaz Ensamblada .....	58
<b>Figura 26</b>	Ubicación de los elementos .....	59
<b>Figura 27</b>	.....	61
<b>Figura 28</b>	Resultados del análisis del aceite .....	63

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Rango de medición del sensor .....	39
Tabla 2 Especificaciones del Sensor .....	39
Tabla 3 Conexión del sensor .....	43
Tabla 4 Lenguaje de comunicación .....	45
Tabla 5 Especificaciones de los elementos ubicados en los compartimientos de la estructura interna de la interfaz .....	59
Tabla 6 Parámetros del FTIR .....	61
Tabla 7 Especificaciones de muestras contaminadas .....	62

## INDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1</b> .....	70
<b>Anexo 2</b> Análisis de aceite+3ml agua 2 .....	71
<b>Anexo 3</b> .....	71
<b>Anexo 4</b> Análisis de aceite +6ml agua 2 .....	72
<b>Anexo 5</b> Análisis de aceite +9ml agua 1 .....	72
<b>Anexo 6</b> Análisis de aceite +9ml agua 2 .....	73
<b>Anexo 7</b> Análisis de aceite +12ml de agua 1.....	73
<b>Anexo 8</b> Análisis de aceite +12ml de agua 2.....	74
<b>Anexo 9</b> Análisis de aceite +15ml de agua 1.....	74
<b>Anexo 10</b> Análisis de aceite +15ml de agua 2.....	75
<b>Anexo 11</b> Armado final de la interfaz .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

# PROBLEMA

## i. Antecedentes

Desde hace varios años, se ha visto la importancia de monitorizar el aceite lubricante en tiempo real, sobre todo en maquinaria pesada por su naturaleza propia de trabajo. La problemática radica, en que estos equipos son susceptibles a que el fluido hidráulico de sus elementos se contamine con agua fácilmente, debido a las condiciones en las cuales se trabaja, a esto se suma que muchas de las veces la maquinaria se encuentra en zonas lejanas o vías de difícil acceso, dificultando obtener un resultado inmediato con el fin de evitar la oxidación prematura del aceite.

## ii. Importancia y alcances

El monitoreo del lubricante es importante para el control de calidad, mantenimiento predictivo o preventivo y para la seguridad del medio ambiente. Lo cual, al contar con un analizador de partículas de agua, puede ayudar a identificar problemas potenciales en los sistemas de lubricación en maquinaria pesada, presente en industrias como: alimentaria, petrolera, gas, minería, etc.

Actualmente muchas de las empresas aplican el sistema tradicional de recolección de muestras para luego trasladarlas hacia un laboratorio para analizarlas, sin tomar en cuenta contaminaciones externas que puede adquirir el fluido, obteniendo resultados erróneos del mismo. Es por esto que, con un equipo especializado en el análisis de contaminación en tiempo real de lubricantes, se puede evitar periodos de tiempo donde la maquina tenga que detenerse; y a la vez se lograría alargar el tiempo de vida útil de los elementos, beneficiando económicamente a propietarios de una flota de vehículos y equipos camineros.

### iii. Delimitación:

El proyecto, se llevará a cabo en la Ciudad de Cuenca, Provincia del Azuay, ubicada al sur del Ecuador. Para el desarrollo de la interfaz se estimó un lapso de 6 meses, lo cual se empleará para la conexión, programación, diseño y construcción de la interfaz. Este proyecto tiene como sede el domicilio del estudiante Japa Aucay Jimmy Fernando, ubicada en la calle Cantón Gualaceo y sin retorno, en la Figura 1, se muestra la ubicación de la sede del proyecto.

**Figura 1**

*Ubicación del domicilio*



*Nota:* La gráfica representa el domicilio del estudiante, adaptado de Google Maps.

## OBJETIVO GENERAL Y ESPECIFICOS

### Objetivo general

- Elaborar una herramienta de estimación para la contaminación del aceite por partículas de agua en tiempo real.

### **Objetivos específicos**

- Reconocer el funcionamiento interno y externo del sensor Online Micro-moisture in Oil Sensor, a través de experimentación guiados por el manual e instructivo del dispositivo.
- Programar el software que analizará los datos enviados por el sensor para graficar el contenido de agua en la muestra.
- Diseñar el hardware para el análisis de la muestra de aceite, utilizando un software CAD.
- Montar el diseño de la interfaz, mecanizándola a través de impresión 3D.

## Consideraciones

## Generales y Estado Del Arte

---

En el presente capítulo, se realiza el estudio del estado del arte, a la vez se ejecutan ciertas consideraciones generales basada en revisiones bibliográficas de algunos conceptos básicos para el desarrollo del tema de estudio. Por otra parte, se trata la importancia del estado de los lubricantes al momento de usarlos en maquinaria pesada, obteniendo información adecuada para desarrollar una herramienta de monitorización en tiempo real.

### **Introducción**

#### **1.1 Estado del arte**

En los motores de encendido por compresión, la lubricación se vuelve más difícil debido a los desafíos adicionales y más rigurosos que debe enfrentar. Tal es el caso de las altas y bajas temperaturas, los productos y residuos que genera la combustión que pueden contaminar el lubricante. Esto se debe a que el combustible se quema con un alto porcentaje de calor lo que complica la lubricación.

Existen varias investigaciones acerca de la contaminación de aceite ya sea por: partículas metálicas, óxidos metálicos, polvo atmosférico, impurezas, productos carbonosos, agua proveniente de la condensación del vapor producto de la combustión o

fugas internas del sistema de refrigeración, combustible y la contaminación bacteriológica o microbiológica (Martinez, 2005).

Algunos autores sostienen que, sin importar la aplicación para la que se utilice, el agua es considerada como el segundo contaminante más perjudicial para el lubricante. Destacando que este problema se agrava debido a que a menudo se desconoce que el agua es una causa principal para el fallo de los mismos.

## **1.2 Lubricantes**

Los lubricantes automotrices son productos derivados del petróleo, están constituidos por moléculas largas hidrocarbonadas complejas, de composición química, aceites orgánicos y aceites minerales; la lubricación se define como la interposición entre dos superficies que se encuentran en movimiento relativo la una con respecto a la otra y entre ellas se ubica una película lubricante que separa dichas superficies evitando así un desgaste acelerado o incluso alguna falla catastrófica en los elementos.

Cuando un lubricante se encuentra en condiciones estables puede llegar a disminuir al máximo factores como: el desgaste de las superficies, el calor generado por fricción, el consumo de energía, el ruido, y el impacto negativo sobre el ambiente cuando finalmente se desecha el fluido. Si el lubricante se encuentra en mal estado ya sea por contaminación u oxidación, las superficies metálicas se soldarían, dejando inservible a la maquina en cuestión de minutos (Aguillon, 2007).

## **1.3 Análisis y monitorización del aceite en maquinaria pesada**

La incorporación de técnicas de análisis de aceite de motores a diésel, permite aumentar la confiabilidad y disponibilidad de los equipos, permitiendo reducir costos de repuestos, mano de obra, tiempo de paro, lubricantes etc., optimizando de esta manera los

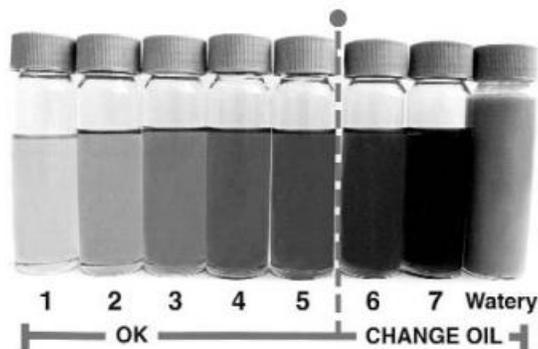
recursos disponibles, (Alarcon, 2008) ya sea de una empresa o usuario de una máquina que dependa de la lubricación para su funcionamiento normal. Este proceso se lleva a cabo con el fin de identificar y evitar cualquier inconveniente que pueda surgir en estos equipos.

El análisis de aceite en maquinaria pesada es una herramienta de monitorización que permite conocer el estado de salud de la maquinaria. Consiste en tomar una muestra de aceite del motor o la transmisión de la misma y analizarla para detectar cualquier indicio de desgaste, contaminación u otros problemas. Este análisis se realiza generalmente en laboratorios especializados que utilizan equipos de alta tecnología para medir las propiedades físicas y químicas del lubricante, como: viscosidad, densidad, contenido de agua y presencia de metales y polvos. También se realiza estas pruebas para verificar si el lubricante tiene aditivos.

Los resultados del análisis del aceite pueden proporcionar una gran cantidad de información sobre la salud de la maquinaria. Por ejemplo, el estudio del aceite puede detectar anomalías tempranas en los sistemas de la maquinaria, como se muestra en la Figura 2.

**Figura 2**

*Ejemplo de estudio de contaminación por agua*



**Nota:** La gráfica representa los niveles de contaminación de aceite por agua utilizados en el experimento del libro de James C. Fitch, *The Lubrication Field Test and Inspection Guide*, pag 13

### ***1.3.1 Monitorización online***

Las tecnologías IoT y la disminución de costos de componentes electrónicos permiten el desarrollo de soluciones sensóricas avanzadas para medir parámetros claves de manera no invasiva o fácilmente integrables (Bravo-Imaz et al., n.d.). Esto abre muchas posibilidades en diversas plataformas, aplicaciones como el control de procesos, controles de calidad y monitorización de máquinas y componentes ayudando así a mejorar los sistemas o planes de mantenimiento.

La monitorización en línea es un proceso que recopila y analiza datos de los sensores en tiempo real para realizar un seguimiento del rendimiento y la eficiencia de un sistema en particular. Estos datos son enviados a un sistema de control central, donde son procesados y analizados para obtener información sobre el rendimiento de la maquinaria.

La supervisión en tiempo real de la micro humedad (ppm) en el aceite lubricante representa un papel muy importante para el buen funcionamiento del mecanismo en el que se encuentre el fluido. La presencia de agua en el lubricante reducirá la tensión de ruptura del aceite aislante y afectará a las propiedades y beneficios que puede entregar el aceite.

### ***1.3.2 Monitorización Offline***

El monitoreo offline, también conocido como monitoreo sin conexión o monitoreo fuera de línea, se refiere a la capacidad de recopilar y analizar datos de un sistema o dispositivo que no está conectado a una red o Internet en tiempo real; ya sea en lugares

donde la conexión es limitada o no es confiable, como: zonas remotas, industriales o en sistemas críticos que no pueden permitirse fallas en la conexión.

Para llevar a cabo el monitoreo offline, se utilizan sensores y dispositivos de adquisición de datos que registran la información y la almacenan localmente en un dispositivo de almacenamiento interno, como una memoria USB o una tarjeta de memoria.

#### **1.4 Contaminación del aceite:**

Los aceites para motores de combustión interna son susceptibles a la presencia de varios contaminantes como agua y metales que actúan como catalizadores y en consecuencia estos van a acelerar la oxidación del lubricante (Alarcon Garamendi, 2008).

Por contaminación de un aceite se entiende la presencia de materias extrañas a él, sin importar su origen, algunos de los más importantes son:

- **Partículas metálicas:** Este tipo de contaminante proviene del desgaste propio de los elementos lubricados que se someten a fricción constante, estas partículas pueden producir un desgaste abrasivo, rugosidad en superficies que facilitan el desgaste adhesivo y pueden catalizar los procesos de degradación del mismo.(Martínez, 2005).
- **Óxidos metálicos:** Como mencionan (Buchelli Carpio & Garcia Granizo, 2015) estos elementos provienen del desgaste y oxidación de las partículas metálicas de las piezas lubricadas. Aunque los aceites tienen la función de proteger, muchas veces no se puede evitar que durante el funcionamiento de elementos que están en constante fricción se generen este tipo de partículas. Estos residuos que se encuentran en el aceite, así como su forma, tipo, tamaño y concentración, proporcionan información sobre las partes del motor donde se produce el desgaste.

- Polvo e impurezas: Este tipo de contaminante ingresa al motor a través de la admisión durante el funcionamiento normal; ocasionado comúnmente por: uso de filtros de mala calidad, ineficientes, rotos, por conductos con fugas, etc. Este tipo de impurezas puede producir un desgaste muy abrasivo en los elementos internos del motor térmico.
- Productos carbonosos: Existen diferentes factores que generan estos productos como: la combustión que genera gases que pasan al cárter, los NOx que se producen en el cilindro y componentes de la gasolina que se acumulan en el lubricante. Los NOx y la gasolina se introducen primero en las paredes del cilindro por lo que provocan una oxidación extensa del lubricante en el cárter; produciendo inicialmente depósitos precursores, luego resinas, lodos y barnices. (Slavchov et al., 2020).
- El Agua proveniente de la condensación del vapor obtenido como producto de la combustión u ocasionado por fugas internas del sistema de refrigeración: Cuando el agua proviene del circuito de refrigeración, se tiene como consecuencia la presencia de glicol, que es un aditivo anticongelante para el agua. Además, es poco probable, pero puede existir una introducción de agua proveniente del exterior, ocasionado por factores climáticos o zonas con alta presencia de humedad en el ambiente (Martínez, 2005).

### **1.5 Tipos de análisis de la contaminación del aceite**

A continuación, se revisan algunos métodos de medición de los elementos que contaminan los aceites que no provienen del desgaste del motor, ni del polvo en el ambiente.

### 1.5.1 *Determinación de la contaminación por agua*

El agua se considera como el segundo contaminante más destructivo en lubricantes, y a su vez es la más ignorada como causa primaria de fallo. Considerando esta situación necesitamos tener en cuenta las diferentes acciones que debemos tomar para minimizar estos efectos: primeramente, con restricciones en las entradas que contiene el sistema, y al tener presencia de esta sustancia, se tendría que analizar su estado y su nivel de concentración, en cuanto a esto tenemos tres posibles estados:

- **Agua Disuelta:** La característica principal de este estado son moléculas de agua que se encuentran dispersas de forma aislada por todo el aceite lubricante. Sin embargo, la mayoría de aceites lubricantes industriales, pueden contener entre 200 y 600 ppm de agua es decir entre el 0.02 – 0.06% esto dependiendo de la temperatura que son expuestos y su edad (Martínez, 2005).
- **Agua emulsionada:** esto sucede cuando la cantidad de agua presente en el lubricante excede el límite en el que puede estar disuelta; y contiene glóbulos microscópicos de agua que se encuentran dispersos en una suspensión estable en el aceite, como una especie de niebla(Sikora, 2013).
- **Agua libre:** esta etapa sucede cuando el porcentaje de agua en una mezcla emulsionada de aceite y agua incrementa, esto ocasionará la separación de la misma, quedando una fase de agua libre asentada en el fondo del tanque(Buchelli Carpio & Garcia Granizo, 2015).

Para la determinación de la contaminación del agua existen dos tipos de métodos los cuales son: de laboratorio y los de taller.

- **Método de Laboratorio**

De acuerdo a la normativa ASTM D-95: este método consigue una mezcla de aceite con un solvente hidrocarburo que se destila, condensa y es recogido en una trampa calibrada. Cuando la presencia de agua que se controla es pequeña. Se usa un método de valoración de aceite mediante el reactivo de Karl Fisher (ASTM D-1744) (Figura 3), el cual es una solución química que contiene yodo, azufre, dióxido de azufre y un alcohol.

Al momento de implementar este químico, el agua presente en el aceite reacciona con el yodo y forma ácido yodhídrico. La cantidad de agua presente se puede determinar mediante la medición de la cantidad de reactivo de Karl Fischer consumido.

### **Figura 3**

#### *Reactivo Karl Fisher*



**Nota:** La grafica representa el reactivo Karl Fisher, la que utilizan en los laboratorios para realizar las pruebas aplicando la Normativa ASTM D-1744, adaptado de ([https://www.merckmillipore.com/INTL/en/product/CombiCoulomat-fritless,MDA\\_CHEM-109257?ReferrerURL=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F](https://www.merckmillipore.com/INTL/en/product/CombiCoulomat-fritless,MDA_CHEM-109257?ReferrerURL=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F))

## Método de Taller

Hay varios métodos que se utilizan comúnmente para analizar el aceite de un motor en un taller

- *Crepitación en plancha caliente:* Este método se utiliza para cantidades de agua superiores a 0.05%, consiste en calentar una pequeña cantidad de aceite en una placa caliente hasta que comience a hacer ruido. Este sonido se debe a la liberación de gases disueltos en el aceite cuando se alcanza una temperatura crítica. La fuerza y regularidad de las crepitaciones están relacionadas con el nivel de contaminación del aceite, siendo más intensas e irregulares en un aceite contaminado con partículas, agua u otros contaminantes. Cabe recalcar que, esta no es una técnica precisa y no se debe utilizar de forma exclusiva para evaluar la calidad del aceite (Mujahid & Dickert, 2012).
- *Medición de la constante dieléctrica:* En (Martínez, 2005) menciona que la presencia de agua en el aceite aumenta esta constante, lo que puede ser utilizado como un control básico del lubricante. Esta constante se mide con un dispositivo llamado “analyzer de aceite con capacidad dieléctrica”, que cuenta con una sonda que se introduce en el aceite del motor para medir una frecuencia específica. Esta medición se compara con la constante dieléctrica de una muestra de referencia de aceite limpio. (Naidu & Kamaraju, 1996).
- *Método de la mancha:* Este método es sensible a concentraciones de agua muy elevadas (>5%), consiste en aplicar una muestra de aceite en un papel indicador especializado que tiene la propiedad hidrocópica de atraer el agua. Si la muestra de aceite contiene agua, esta se absorberá en el papel y creará una mancha visible. La

intensidad de la mancha reflejará la cantidad de agua presente en el aceite.  
(Gizatova et al., 2019).

### **Análisis de contaminantes**

Para el análisis de contaminación de lubricantes por agua es necesario realizar pruebas de laboratorio en una muestra de aceite. Estas pruebas pueden incluir lo siguiente:

1. Medición de la cantidad de agua presente en el aceite utilizando un analizador de humedad.
2. Análisis del contenido de metales usando espectroscopía de emisión óptica.
3. Análisis de la viscosidad y la acidez del aceite.
4. Análisis de partículas para detectar la presencia de partículas sólidas en el aceite.

Para poder elegir las pruebas específicas de laboratorio es importante saber que van a depender de la situación y de los objetivos del análisis, para que así los resultados del análisis se puedan comparar con los límites de aceptación establecidos por los fabricantes de motores y que se determine si el aceite es adecuado para su uso en el motor (Sikora, 2013).

- **Análisis de acides**

La acidez del aceite se mide mediante el índice de acidez (IA) o el número de ácido (NA). El índice de acidez se refiere a la cantidad de ácido presente en el aceite, mientras que el número de ácido se refiere a la cantidad de hidróxido de potasio (KOH) necesaria para neutralizar el ácido presente en el aceite.

Para realizar esta prueba, se debe tomar una muestra de aceite del motor y se la lleva al laboratorio, donde se hará la adición de una solución de KOH al aceite para

neutralizar el ácido presente en el lubricante. Este químico se agrega lentamente mientras se agita la muestra de aceite hasta que se alcanza el punto final de la neutralización. El punto final se alcanza cuando el ácido en el aceite se neutraliza y no queda más ácido libre en la muestra (Dörr et al., 2019).

- Hidrokit:

Este es un método utilizado para el análisis de aceite que sirve para determinar el estado de los sistemas hidráulicos y de lubricación en equipos industriales. Este método se basa en el análisis de la composición química y física del aceite utilizado en estos sistemas, consiste en realizar varias pruebas, incluyendo la determinación del número de álcali total (TAN), viscosidad cinemática, concentración de agua, cantidad de partículas y la cantidad de metales en suspensión en el aceite (Lawson & Lim, 2008).

- Papel Watesmo:

Este es un método utilizado para detección y medición cualitativa y semicuantitativa de la humedad en aceites dieléctricos. Este método se basa en la capacidad del papel de filtro de absorber la humedad presente en el aceite.

El proceso de análisis del método implica la colocación de una muestra del aceite dieléctrico a analizar sobre un papel de filtro especial que contiene un indicador químico sensible a la humedad, posteriormente se coloca en un horno y se calienta durante un tiempo determinado a una temperatura específica. El indicador químico en el papel de filtro cambia de color en función de la cantidad de humedad presente en el aceite y la temperatura a la que se realiza la prueba. (Henning, 2017).

### ***1.5.2 Presencia de dilución por combustible***

Cuando se trata de motores diésel, la disolución por combustible puede determinarse a través de:

- *Espectrometría infrarroja*

Este método permite la determinación cualitativa y cuantitativa de los compuestos presentes en una muestra, con un estudio de las longitudes de onda que absorben radiación infrarroja. Consiste en utilizar una muestra de aceite usado junto a una de aceite nuevo, esto en un equipo de doble haz, que ayudara a encontrar los diferentes tipos de contaminantes y degradantes de aceite vistos anteriormente como los son:

- Productos de oxidación y nitración
- Contaminación por agua
- Contaminación por glicol
- Dilución de combustible

La radiación infrarroja es emitida por una lámpara sometida a una elevada diferencia de potencial, el interferómetro transforma la radiación emitida en una señal donde se incluyen todas las frecuencias del infrarrojo codificadas, obteniendo esta señal a partir del movimiento de un espejo plano, perfectamente regulado por un láser, esta señal es transmitida hasta el receptáculo de muestreo a través de un sistema óptico. Finalmente, el receptor capta la señal procedente del interferómetro y que ha variado debido a la absorción de radiación de la muestra.

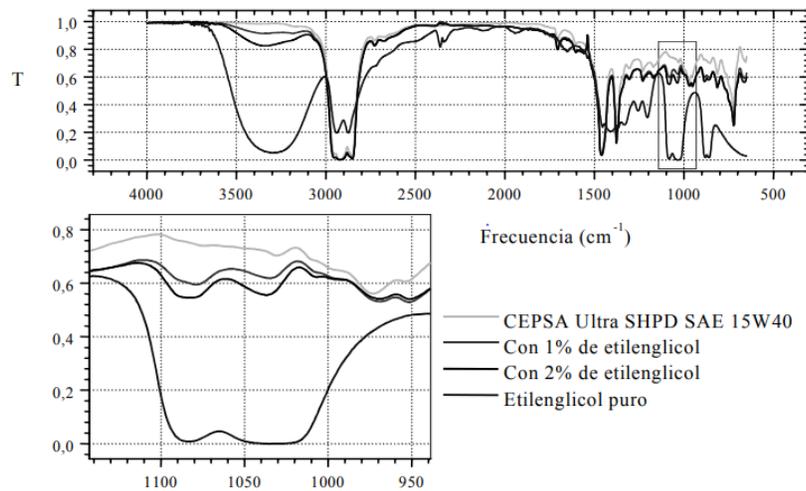
A continuación, se presenta un ejemplo de medida de contaminación y degradación de aceite por presencia de agua obtenidos del uso de un equipo de

espectrometría infrarroja Perkin-Elementer del departamento de Materiales de la Universidad Politécnica de Valencia:

La presencia de agua se caracteriza por las vibraciones del enlace  $\text{O-H}$  a  $3300 - 3500 \text{ cm}^{-1}$  y a  $1600 \text{ cm}^{-1}$ . Usando la espectrometría infrarroja se puede detectar agua a concentraciones bajas lo cual no tiene por qué ser indicativo de fugas del sistema de refrigeración sino simplemente ser condensaciones del vapor producto de la combustión.

#### Figura 4

*Comparativa entre etilenglicol puro y aceite contaminado con rango de número de onda alrededor de  $1050 \text{ cm}^{-1}$*



**Nota:** La grafica representa la comparación la medida de contaminación y degradación del aceite por presencia de agua expresado en el libro de James C. Fitch, The Lubrication Field Test and Inspection Guide

#### Análisis o ensayo de la mancha

Este método permite determinar las propiedades de un aceite usado a partir de su dispersión sobre un papel absorbente. Las distintas partículas presentes en el lubricante son arrastradas por el frente de la mancha, pudiéndose determinar tanto los contaminantes del aceite como las propiedades de detergencia del lubricante.

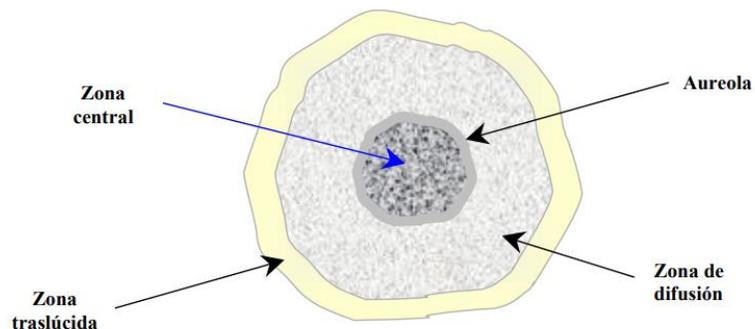
El proceso se resume en los siguientes pasos:

- Se toma una muestra representativa de lubricante.
- Se introduce una varilla de unos 5 mm de diámetro de la muestra hasta que el extremo se manche con el aceite.
- Se deja caer una gota de aceite sobre papel absorbente y se observa la evolución de la mancha, este debe estar en posición horizontal durante 24 horas

Después de este tiempo la mancha de lubricante presentara una estructura como la observada en la figura 5:

### Figura 5

*Estructura típica de una mancha de aceite*



**Nota:** La grafica representa las propiedades de un aceite usado sobre un papel absorbente obtenida de (Macián, 2002).

De acuerdo a la estructura de la mancha de aceite tenemos que:

- Zona central: Color más o menos oscuro, pero uniforme, la cantidad de materia carbonosa contenida en el aceite.
- Aureola: Esta va a indicar con su mayor o menor grosor y coloración, el contenido de partículas gruesas carbonosas o de contaminantes.
- Zona intermedia: Característica de la dispersión del carbón en el aceite y por tanto de su poder de detergencia.
- Zona exterior: Esta sección no contiene materia carbonosa, provee de una idea de grado de oxidación del aceite, esta debe ser translúcida y sin coloración alguna.

A continuación; en la figura 6 se puede observar un ejemplo de un par de manchas de diferentes pruebas de análisis de contaminación de aceite. A la izquierda un ejemplo de una mancha considerada como normal y a la derecha una con un importante porcentaje de contaminación por combustible.

### **Figura 6**

*Estructura típica de una mancha de aceite*



**Nota:** La gráfica de manchas de aceite a la izquierda una mancha considerada normal y la derecha una con un importante porcentaje de contaminación por combustible obtenida de (Macián, 2002).

## 1.6 Importancia de la toma de la muestra x

Para realizar alguna prueba o experimento es importante reconocer la importancia de la toma de la muestra ya que, esta debe ser representativa del aceite en uso, por lo tanto, es imperativo que se minimice las modificaciones e influencias por parte de agentes externos, que podrían generar resultados incorrectos. Lo más óptimo es hacerlo cuando el equipo se encuentra en funcionamiento estable y en un punto representativo del flujo de aceite en el sistema de lubricación, siguiendo una línea de corriente. (Martínez, 2005). Además, es importante tomar en cuenta el agitar adecuadamente la muestra antes de llevar a cabo los ensayos o mediciones correspondientes, ya que esta permitirá obtener una dispersión uniforme y representativa de su estado original cuando se tomó.

## 1.7 Lenguaje de comunicación, programación.

El lenguaje de comunicación hace referencia a un conjunto de códigos, protocolos y formatos que se emplean para permitir la transmisión de información y comunicación entre dispositivos electrónicos. En otras palabras, se trata de la forma en que los distintos componentes y sistemas intercambian datos para poder llevar a cabo sus funciones de manera coordinada.

Por otra parte, para la programación se debe tener en cuenta algunos conceptos básicos que te permitan entender los códigos de estas ingresando a las líneas de comando. Entre estos conceptos están los siguientes:

**Algoritmos:** Son un conjunto de pasos lógicos y precisos que se siguen para realizar una tarea. Los algoritmos son una parte fundamental de la programación, ya que se utilizan para diseñar soluciones a problemas(Hill, 2016).

**Variables:** Son elementos de programación que almacenan valores, como números o texto, y que pueden ser utilizados en el código para realizar operaciones(Byckling & Sajaniemi, 2006).

**Funciones:** Son bloques de código que se pueden reutilizar en un programa para realizar una tarea específica, como realizar una operación matemática o imprimir un mensaje en la pantalla (Byckling & Sajaniemi, 2006).

**Estructuras de control de flujo:** Son estructuras de programación que permiten controlar la forma en que el programa fluye y cómo se ejecutan las diferentes secciones de código. Las estructuras de control de flujo incluyen estructuras condicionales (como if/else), estructuras de bucle (como for y while) y estructuras de selección múltiple (como switch/case) (Shivers, 1988).

**Depuración:** Es el proceso de encontrar y corregir errores en el código. La depuración es una parte importante del desarrollo de software, ya que los errores pueden tener consecuencias graves en el funcionamiento del programa (Araki et al., 1991).

**Frameworks:** Son conjuntos de herramientas y librerías de código que se utilizan para desarrollar software de forma más rápida y eficiente. Los frameworks pueden incluir herramientas para la gestión de bases de datos, la creación de interfaces de usuario, la seguridad y muchas otras áreas (Araki et al., 1991).

## Desarrollo del Trabajo

---

### **Introducción**

En el presente capítulo, se aborda el proceso de selección de materiales, diseño y programación de la interfaz. Para ello, se llevará a cabo un análisis detallado de cada uno de los elementos que formarán parte tanto interna como externa de la máquina, con el fin de proporcionar una visión completa de la misma.

Una vez seleccionados los materiales, se construye la máquina utilizando diferentes métodos y técnicas que permitan obtener un resultado final de alta calidad mediante herramientas y equipos especializados, los cuales seguirán procedimientos rigurosos para garantizar la correcta fabricación de la máquina.

Por último, se programa la interfaz de la máquina, utilizando diferentes métodos y lenguajes de programación para diseñarla de forma intuitiva y fácil de utilizar. Se tiene en cuenta las necesidades de los usuarios para proporcionar una experiencia de usuario óptima.

### **2.1. Descripción de materiales.**

#### ***2.1.1 Online Micro-Moisture Content Sensor***

El modelo YTS-M-1 es un micro sensor de humedad. Tiene una sonda de detección de actividad de agua única que puede capturar en tiempo real las características eléctricas de los cambios de mezcla de aceite y agua, a través de la sonda de temperatura de alta precisión para la

compensación de datos con un algoritmo optimizado para obtener contenido de humedad en el aceite. La exclusiva tecnología de medición patentada de Yatek puede lograr con éxito un control preciso del contenido de micro humedad en aceite de rango múltiple, como se observa en la Tabla 1. La tabla 2, detalla las especificaciones técnicas de este sensor

**Tabla 1:**

*Rango de medición del Sensor*

<b>Parámetros</b>	<b>Rango</b>	<b>Precisión</b>
Actividad de agua (Saturación)	0 ~ 1 aw (o ~ 100%)	±3%
Contenido de Humedad (Agua Disuelta)	0 ~ 1000 ppm	±10% o ±10ppm (Cualquiera que sea el más grande)
Temperatura	0 ~ 100 °C	±0.5 °C

**Nota:** La tabla representa los rangos de medición del sensor, Autor (Yatek)

**Tabla 2:**

*Especificaciones del Sensor*

<b>Indicador</b>	<b>Descripción</b>
Salida de la Señal	RS485 Modbus RTU 4 – 20mA Señal analógica
Tiempo de Respuesta	Los datos se actualizan una vez por segundo
Voltaje de trabajo	DC12~32V (RS485) DC20~32V (4 – 20mA)

Corriente de trabajo	<20mA (RS485) <40mA (4~20mA)
Temperatura de trabajo	-20 °C~85 °C
Temperatura del liquido	-20 °C~100 °C
Detectar la presión admisible de la sonda	≤10 bar
Detección del caudal admisible de la sonda	≤0.5 m/s
Tasa IP	IP65
Detectar el material de la sonda	Acero inoxidable 316
Interfaz mecánica	G 1/2
Tamaño de la estructura	φ32×71 mm
Conector del cable	M8, 6 pin, 2 metros de largo, 26AWG
Peso	120g
Certificado	Certificación CE EN61326-1, EN61326-2-3, ICES-003B
Aceite aplicable	Aceite mineral de uso común, aceite lubricante sintético y semisintético, aceite hidráulico, aceite para transformadores, etc.

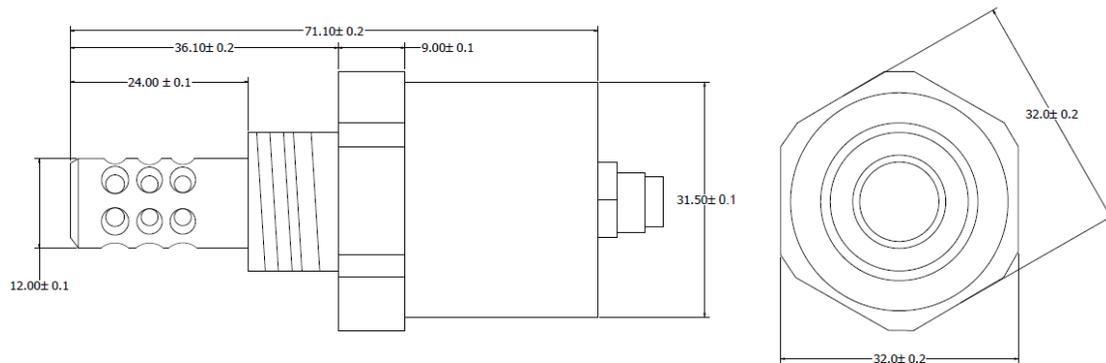
**Nota:** La tabla representa los datos más relevantes del sensor como recepción de los datos tiempo de estabilidad, aceites aplicables, Autor (Yatek)

- Estructura del sensor

Las unidades del esquema de la figura 7 están en mm con una cierta tolerancia.

## Figura 7

### Esquema del sensor



**Nota:** La grafica representa las medidas principales del sensor en mm, Autoría propia (Japa; Guerrero)

- Funciones y características
  1. Detección continua y rápida de la actividad de agua (aw) en el aceite.
  2. Medir con precisión el contenido de micro humedad (agua disuelta) en el aceite.
  3. Funcionamiento estable a largo plazo en entornos difíciles.
  4. Estructura compacta, fácil integración del sistema, calibración On-site de los módulos integrados.
  5. Alta resistencia al aceite y a la presión.
- Principio de medición

El sensor utiliza material polimérico como el elemento de conversión sensible a la humedad, y logra el equilibrio dinámico de la humedad a través del proceso de absorción de agua y deshidratación. El coeficiente dieléctrico de los materiales poliméricos después de la absorción de agua tiene cambios obvios debido a los cambios en la capacitancia, a

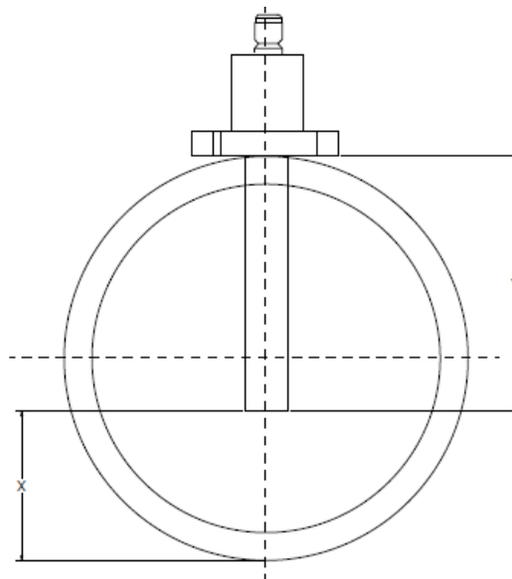
continuación, se obtiene la saturación y calcula el correspondiente contenido de micro humedad, de acuerdo al aceite de calibración específica.

- Método de instalación

Es necesario que la sonda se encuentre completamente sumergida en el fluido de esta manera podrá recopilar los datos en tiempo real con la eficacia y velocidad propia del sensor, tal como se ve en la figura 8; tomando en cuenta las recomendaciones de uso e instalación de la interfaz.

### Figura 8

*Esquema de instalación del sensor*



**Nota:** La grafica representa la instalación correcta del sensor para su recopilación de datos sea eficiente, Autoría Propia (Japa, Guerrero)

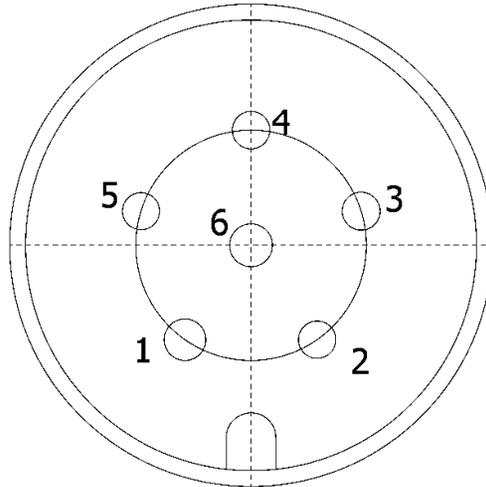
- Protocolo de comunicación

1. Conexión del cable.

Los diferentes pines y esquema de conexión del cable que alimenta y comunica al sensor se muestra en la Figura 9. En la tabla 3 se especifica las diferentes señales y salidas que contiene dicho cable.

**Figura 9**

*Especificaciones de conexión*



*Nota:* La grafica representa los diferentes pines de conexión del sensor para GND, alimentación y sus dos puertos analógicos, Autoría propia (Japa, Guerrero)

**Tabla 3:**

*Conexión del sensor*

Numero	Color del cable	Definición
1	Rojo	DC 24V+
2	Blanco	RS 485+/A
3	Negro	GND
4	Verde	RS 485-/B
5	Amarillo	4~20mA Ch1

6	Naranja	4~20mA Ch2
---	---------	------------

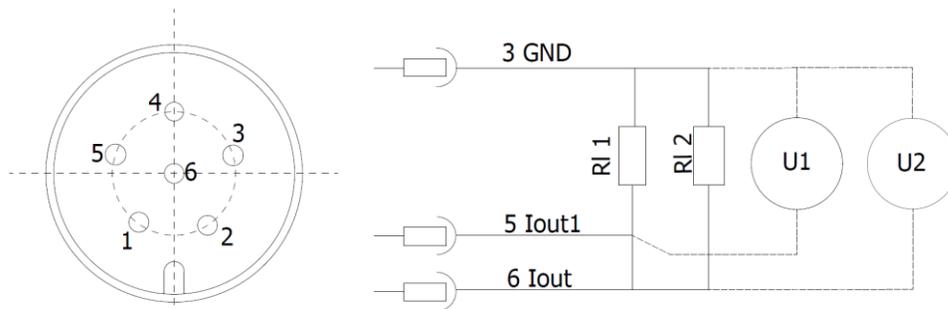
**Notas:** La Tabla representa las señales de salida GND y alimentación, autor (Yatek)

## 2. Protocolo de comunicación Analógica.

El sensor adopta un modo de salida analógica de bucle de corriente de tierra común de tres hilos. El *canal 1*, es la salida de temperatura, el *canal 2*, la salida de contenido contaminante. (Figura 10)

**Figura 10**

*Diagrama de cableado del sensor*



**Nota:** La grafica representa los puertos de conexión principal que se utilizaron para la obtención de datos, Autoría propia (Japa, Guerrero).

## 3. Conversión de datos analógicos del sensor

La tabla 5 muestra los parámetros y rangos de cada una de las salidas que da el sensor en funcionamiento

**Tabla 4:**

*Lenguaje de comunicación*

<b>Canal de salida</b>	<b>Parámetro y Rango</b>
Ch1 (Iout1)	Temperatura: -40 ~ 120 °C
Ch2 (Iout2)	Micro Humedad: 0 ~ 1000 ppm
Ch2 (Iout2)	Actividad de agua: 0 ~ 1aw (0 ~ 100%)

*Notas:* La tabla representa el lenguaje de comunicación (analógico) y que rangos trabajan, autor (Yatek)

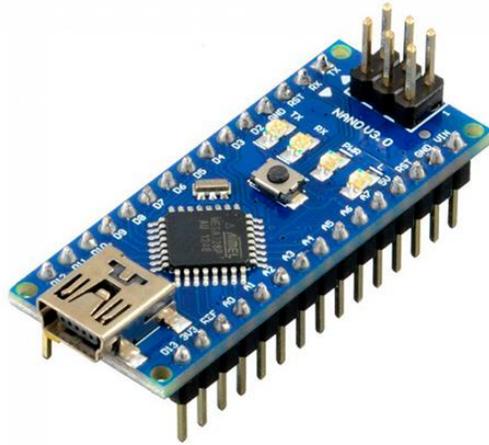
### **2.1.2 Arduino**

Como parte fundamental dentro del funcionamiento del analizador, se tiene una tarjeta Arduino, la misma que se puede utilizar para desarrollar elementos autónomos, o bien conectarse a otros dispositivos o incluso interactuar tanto con el hardware como con el software. Este dispositivo puede ser usado para controlar un elemento, o para transformar la información de una fuente.

Para el caso de este proyecto la tarjeta Arduino Nano (Figura 11) funcionará como un microcontrolador con un programa generado y descargado desde un computador, de manera independiente a la misma, la cual controlará y alimentará a determinados dispositivos. De esta manera, interactuará con el mundo físico a través del sensor principal.

**Figura 11**

*Arduino Nano*



**Nota:** La grafica representa al dispositivo fundamental del analizador, ya que interactúa con todos los elementos, rescatado de (Google Imágenes)

### ***2.1.3 Pantalla Nextion Touch 2,4"***

Para el manejo del usuario del analizador se instalará una pantalla Nextion Touch 2,4" (Figura 12), aquí se visualizará un menú de opciones para las diferentes funciones que tendrá el dispositivo programado, tanto para el análisis del lubricante como las diferentes instrucciones y datos técnicos de la máquina y el sensor.

## Figura 12

*Pantalla Nextion Touch 2,4"*



**Nota:** La grafica representa lo que se el usuario va a visualizar e interactuar, rescatada (Google Imágenes)

- **Pantalla 1:** Inicio, al momento de encender el analizador se comenzará viendo un fondo con el logo y nombre del equipo, conjuntamente con un botón de inicio (Figura 13).

## Figura 13

*Pantalla Inicio*

b0



b0 Iniciar

**Nota:** Pantalla 1: Interfaz de equipo, Autoría propia (Japa, Guerrero)

- **Pantalla 2:** Menú 1, al presionar el botón iniciar se mostrará el primer menú de opciones en los que se tendrá tres opciones: test, sistema y la opción de salir para regresar a la pantalla de inicio, además de un mensaje acerca del correcto funcionamiento del equipo (Figura 14).

### **Figura 14**

#### *Menú de entrada*



**Nota:** Pantalla 2: menú principal de la interfaz del equipo, Autoría propia (Japa, Guerrero).

- **Pantalla 3:** Opción test, al escoger la opción 1 “Test”, (Figura 15) se mostrará una pantalla en la que se proyectarán los datos que el sensor este enviando en ese momento. Las tres variables son: Actividad de agua, temperatura y partes por millón (ppm) de agua. Esta pantalla tiene la opción con un botón para detener por un momento la secuencia de datos y así guardar por un rango de tiempo los datos obtenidos para un futuro análisis, además de un botón para regresar al menú principal.

**Figura 15**

*Opción 1 Test*



*Nota:* Pantalla 3: opción “Test” de la interfaz del equipo, Autoría propia (Japa, Guerrero).

- **Pantalla 4:** Al escoger la opción “Sistema”, (Figura 16) se proyectará tres opciones: Conexión, parámetros y una para precauciones de uso del equipo. También contiene un botón para regresar al menú inicial y otro botón para salir a la pantalla 1.

**Figura 16**

*Opción 2 Sistema*

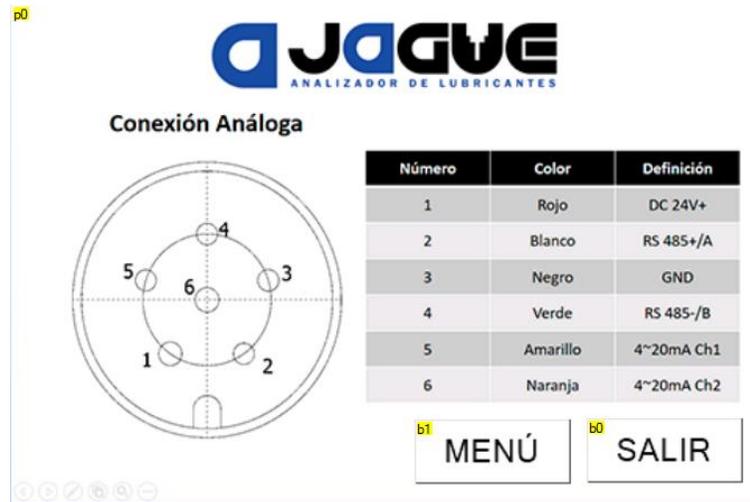


*Nota:* Pantalla 4: opción “Sistema” de la interfaz del equipo, Autoría propia (Japa, Guerrero)

- **Pantalla 5:** Al escoger la opción “Conexión”, (Figura 17) se despliega una pantalla con un pequeño instructivo grafico de las diferentes salidas que tiene el sensor. Y de igual manera con un botón para regresar al menú principal y otro para salir.

**Figura 17**

*Conexión*

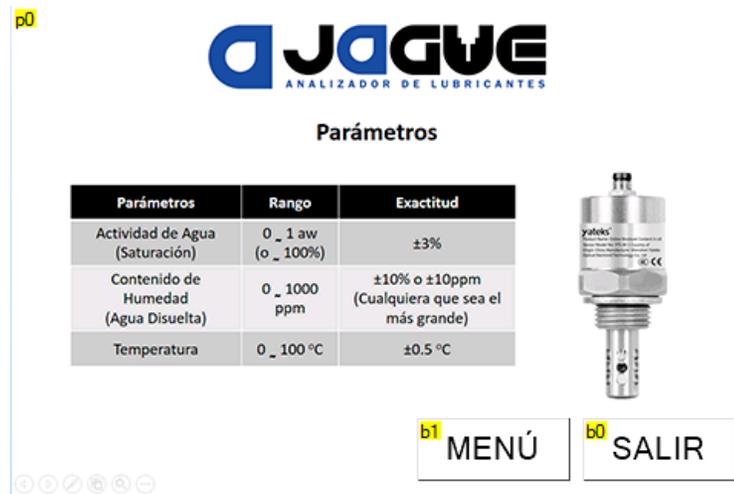


**Nota:** Pantalla 5: opción “Conexión” de la interfaz del equipo, Autoría propia (Japa, Guerrero)

- **Pantalla 6:** Al escoger la opción “Parámetros”, (Figura 18) se mostrará una tabla con las referencias y parámetros de las tres variables principales del sensor. Así mismo con un botón para regresar al menú principal como para salir.

**Figura 18**

*Parámetros*



**Nota:** Pantalla 6: opción “Parámetros” de la interfaz del equipo, Autoría propia (Japa, Guerrero).

- **Pantalla 7:** Al escoger la opción “Prec. Uso”, (Figura 19) se muestra una pantalla con algunas instrucciones y normas para el uso del equipo al momento de hacer alguna prueba.

**Figura 19**

*Precauciones de uso*



**Notas:** Pantalla 7: opción “Prec. Uso” de la interfaz del equipo, Autoría propia (Japa, Guerrero).

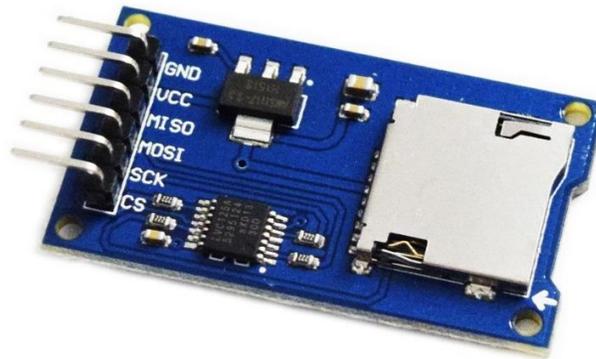
### **2.1.5 Modulo Micro SD**

Los módulos microSD, son dispositivos que proporcionan una interfaz entre una tarjeta de memoria y otros dispositivos, como microcontroladores Arduino u otros sistemas embebidos, tienen pines de conexión que se utilizan para establecer la comunicación con el dispositivo anfitrión. Estos pines pueden variar según el módulo, pero comúnmente incluyen pines de alimentación y pines de comunicación.

El módulo SD (Figura 20) para este proyecto usará el protocolo de comunicación SD el cual ayudará a recibir los datos que el sensor envíe; además de guardarlos y poder ingresarlos posteriormente en una computadora para poder utilizarlos en un software estadístico y así poder graficarlo para análisis más extensos.

**Figura 20**

*Modulo microSD*



**Nota:** En la imagen presentada nos servirá para poder recolectar los datos para graficarlos posteriormente, Autoría propia (Japa, Guerrero)

### **2.2. Diseño de la base del sensor**

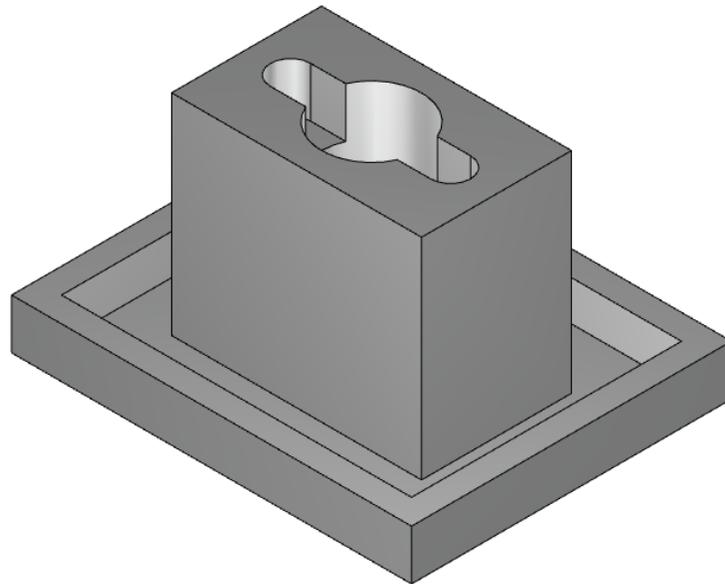
En la figura 21 se representa el diseño del recipiente que servirá para contener la muestra de aceite, y además funcionará como base que, brindará seguridad, soporte de conexión y

estabilidad al sensor. Esta debe ubicarse en un espacio estable fuera de corrientes parásitas con el fin de obtener medidas exactas y enviar esa información al sistema de control.

El material utilizado para fabricar es aluminio, por su maniobrabilidad logrando así facilitar el proceso de fabricación. El mismo ofrece resistencia a la corrosión, lo que es importante ya que, contribuye a un rendimiento confiable y duradero lo que es esencial en un entorno donde se encuentra en contacto con diferentes tipos de lubricantes contaminados.

### **Figura 21**

*Base del sensor*



**Nota:** La grafica representa el modelado en 3D en inventor y posteriormente a ser fabricado,

Autoría propia (Japa, Guerrero)

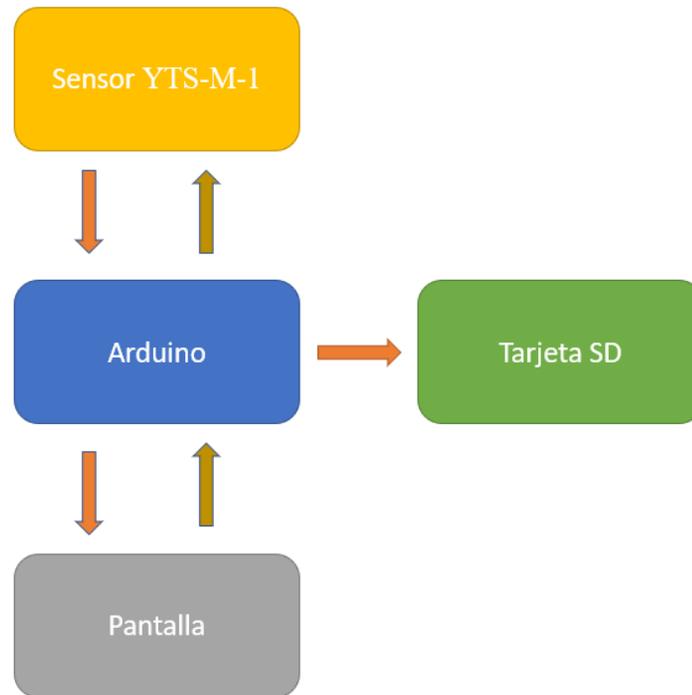
### **2.3. Diseño de la interfaz**

En la figura 22 representa un diagrama de cajas explicando las líneas de comunicación de los elementos principales de la interfaz. Este diagrama es útil para comprender como interactúan los diferentes componentes del sistema y como se transmiten los datos o información entre ellos

siendo esta una comunicación bidireccional entre el Arduino, pantalla y sensor, además de direccional a la tarjeta SD.

## Figura 22

### *Diagramas de cajas de la Interfaz*



**Nota:** La grafica representa las líneas de comunicación que tiene la interfaz las dobles líneas representa que envían y reciben señales y mientras la que esta con una flecha solo recibe, Autoría propia (Japa, Guerrero).

### **2.3.1 Estructura externa**

Con el propósito de ubicar todos los elementos externos al dispositivo electrónico de la máquina, tales como: base de la muestra, cables, y sensor. Se ha ubicado todo en un maletín rígido

de cierre lateral (Figura 23). Con el cual se logra estabilidad, seguridad y una estructura robusta diseñada para trabajos de campo en áreas alejadas.

### **Figura 23**

#### *Estructura Externa*



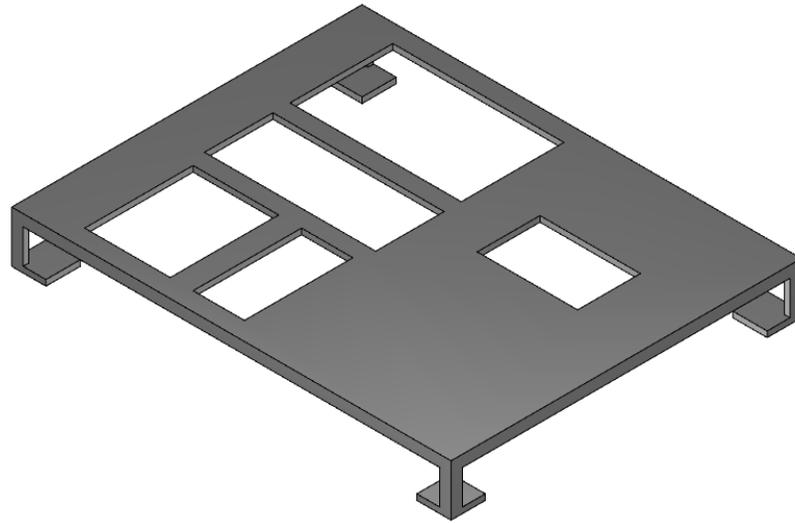
**Nota:** La grafica representa en donde se encuentran ubicados los diferentes dispositivos electrónicos, además, de algunos implementos como el sensor, base etc. Dándole una robustez, Autoría propia (Japa, Guerrero).

#### **2.3.2 Diseño de la estructura interna.**

El diseño de esta estructura ha sido meticulosamente concebido con el propósito de brindar una clara noción de orden y organización dentro del maletín destinado a ubicar los elementos de la máquina. Cada elemento ha sido cuidadosamente estudiado y planificado para maximizar el espacio y la accesibilidad, permitiendo al usuario ubicar rápidamente los elementos al momento de realizar un testeo. Los compartimientos están estratégicamente dispuestos para garantizar que cada elemento tenga su lugar asignado, como se puede observar en la Figura 24.

**Figura 24**

*Diseño estructura interna*



**Notas:** La grafica representa el diseño interno del maletín, Autoría propia (Japa, Guerrero)

## Análisis de resultados

---

### **Introducción**

En este capítulo, se llevará a cabo la construcción final de la interfaz además de un proceso fundamental para garantizar la precisión y la confiabilidad de nuestra interfaz: la validación con una máquina certificada. Este paso es crucial para asegurarnos de que los resultados que obtengamos sean correctos y que nuestra interfaz cumpla con altos estándares de confiabilidad.

Durante este proceso de validación, se ejecutarán una serie de pruebas diseñadas para evaluar diferentes aspectos de la interfaz. Se comprobará la consistencia de los resultados, la exactitud en la generación de información y la funcionalidad general de la interfaz.

La validación de la interfaz con una máquina certificada es una etapa crítica en nuestro proceso de desarrollo. Nos brinda la confianza necesaria para afirmar que nuestros usuarios pueden depender de los resultados proporcionados por nuestra interfaz.

### **3.1. Armado final**

Una vez completados los diversos diseños y adquisiciones de elementos electrónicos, estructuras, bases e instrumentos, junto con la finalización de la programación de la interfaz del programa, se completa el proceso con el último paso. Este consiste en ensamblar y ubicar todos estos implementos dentro del maletín adquirido para este propósito.

La disposición estratégica de cada componente dentro del maletín es muy importancia, ya que debe seguir cuidadosamente las pautas y explicaciones presentadas en el capítulo 2 de este proyecto. Cumpliendo la organización propuesta, se asegura un funcionamiento óptimo del dispositivo resultante. Además, esta disposición estratégica también facilita el acceso y la interconexión entre los distintos componentes, lo que es esencial para lograr la sincronización y el rendimiento deseado. Una vez que el maletín está completamente ensamblado, se procede a realizar pruebas finales para las validaciones necesarias.

La interfaz ensamblada se muestra en la Figura 25

### **Figura 25**

#### *Interfaz Ensamblada*



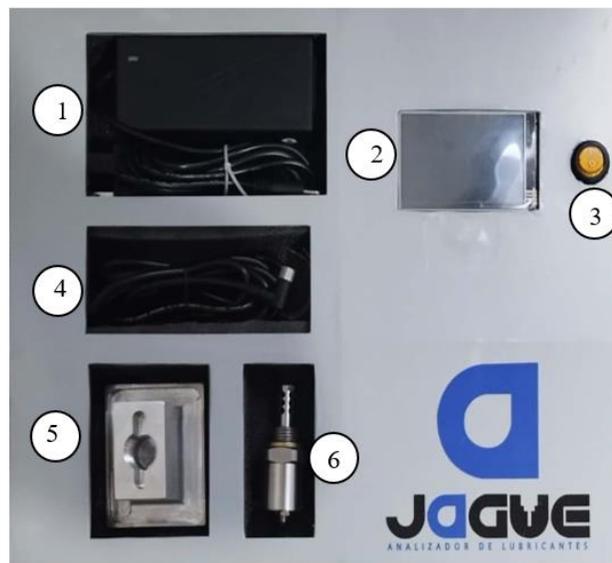
**Nota:** La grafica representa la culminación de la interfaz con los elementos necesarios para el análisis de la muestra, Autoría propia (Japa, Guerrero)

### 3.1.1 Ubicación de los elementos en el maletín

En la Figura 26 se muestra los diferentes espacios con numeraciones que contienen los elementos ubicados dentro del maletín portador de la interfaz, cada uno de estos espacios están especificados en la tabla 6.

**Figura 26**

*Ubicación de los elementos*



*Nota:* En la siguiente imagen observamos todos los elementos ubicados al interior del maletín, Autoría propia (Japa, Guerrero)

**Tabla 5:**

*Especificaciones de los elementos ubicados en los compartimientos de la estructura interna de la interfaz*

Número	Elemento
1	Fuente o cargador 24V

2	Pantalla
3	Switch
4	Cable de conexión del sensor
5	Recipiente para muestra
6	Sensor

**Notas:** La tabla nos indica en donde y que componentes están ubicados en el maletín para su funcionamiento, Autor (Japa; Guerrero).

### 3.2. Análisis de resultados

El proceso de funcionamiento del JAGUE (anализador de lubricantes), es práctico y fácil de interactuar. Para comenzar el análisis de aceite primero se debe tomar una muestra de una maquinaria pesada o vehículo, es importante que la muestra sea representativa del lote de muestra, posteriormente se procede a poner un porcentaje de la muestra en la base, conectar el sensor, instalar el cable con cuidado y verificar que este bien conectado, pasamos a encender la interfaz y esperamos que el sensor se estabilice por un rango de tiempo aproximado a 1 minuto, para poder leer los datos correctamente.

#### 3.2.1 Espectrómetro Thermo Scientific™ Nicolet™ iS™ 10 FTIR

Como parte de la validación de la Interfaz, se utilizará este espectrómetro proporcionado por la Universidad Politécnica Salesiana para comparar los valores de la actividad de agua (%) obtenidos con el sensor de la máquina, con los obtenidos con este equipo.

En la tabla numero 6 podemos observar los parámetros que nos proporciona el equipo FTIR, con los cuales se trabajó para hacer la verificación de los datos obtenidos por el sensor, además, en la figura 27 observamos el espectrómetro.

**Figura 27**

*FTIR Espectrómetro*



*Nota:* La grafica representa el FTIR con el que se trabajó para la validación, Autoría propia (Japa; Guerrero).

**Tabla 6:**

*Parámetros del FTIR*

<b>Parámetros</b>	<b>Valor</b>
Comp. de muestra	Principal
Detector	DTGS KBR
Divisor de haz	KBR
Fuente	IR
Accesorio	ATR
Material de ventana	NINGUNO
Rango recomendado	4000 - 400
Ganancia :4	Auto ganancia

Velocidad	0.4747
Apertura	Resolución Media
Rueda de pantallas	Abrir

**Notas:** La tabla indica los parámetros de funcionamiento del equipo de la Universidad Politécnica Salesiana, Autor (Japa; Guerrero).

### 3.2.2 Toma de muestras para la validación

Las pruebas se realizarán con diferentes muestras de aceite contaminado, cada una de ellas varía en la cantidad de agua como lo demuestra la tabla 7, se tomaron cuatro muestras con las cuales se realizará el análisis en el espectrómetro y en la interfaz “JAGUE”:

**Tabla 7:**

*Especificaciones de muestras contaminadas*

Número de muestra	Aceite (3ml) + Cantidad de Agua (ml)
1	6
2	9
3	12
4	15

**Notas:** La tabla indica las diferentes cantidades de agua que se mezclaron con el aceite para las diferentes muestras usadas para la validación del equipo, Autor (Japa; Guerrero).

Las pruebas con las muestras y el espectrómetro se realizaron en el laboratorio de cromatología, en el área de ciencias de la vida, en la Universidad Politécnica Salesiana, como se puede observar en la figura 27.

### 3.2.3 Resultados

Una vez tomadas las muestras de aceite contaminado, éstas son analizadas con los dos equipos ya propuestos: Espectrómetro F TIR y la Interfaz JAGUE, para compararlos y verificar si existe similitud entre los datos obtenidos, y de ser el caso, cuantificar el margen de error de la interfaz.

La figura 28 muestra los resultados del análisis de aceite, sin fluido contaminante, dando como resultado datos dentro de los rangos establecidos a nivel industrial.

#### Figura 28

*Resultados del análisis del aceite*



**Fuente:** Autoría, (Japa; Guerrero)

Para el dato de la actividad de agua (%) se obtiene un valor 0 debido a que la cantidad de partículas por millón no representa un porcentaje superior al 1%, cabe recalcar que debido al modelo de la pantalla utilizada para la interfaz solo es posible mostrar valores enteros.

Para el dato la cantidad de agua (ppm) se tiene un valor de 345 ppm al ser esta una muestra de aceite nueva y sin contaminantes el valor se encuentra dentro de los rangos de tolerancia, que de acuerdo a (Martínez, 2005) los aceites industriales pueden tener de 200 a 600 ppm de agua disuelta de manera aislada, representando el 0.02% y 0.06% dependiendo de la edad del mismo.

Para el dato la temperatura (°C) se obtiene un valor de 22 °C, siendo un valor correcto ya que la muestra se encuentra a temperatura ambiente.

### **3.3. Conclusiones**

Se conoce la importancia de mantener un nivel por encima de lo regular en cuanto al nivel de pureza de los aceites usados en todos los ámbitos donde se tenga maquinaria, equipos y sistemas hidráulicos, es muy alta. La presencia de agua en el fluido puede acelerar la degradación de componentes, provocar corrosión y afectar el desempeño de dichos equipos.

En el marco de este proyecto, se alcanzó con éxito el cumplimiento de cada uno de los objetivos planteados, se elaboró principalmente una herramienta de estimación para la contaminación del aceite por partículas de agua. Esta herramienta representa un avance significativo para la industria al proporcionar una solución precisa y eficiente para monitorear la concentración de agua en el aceite lubricante.

De la mano de una investigación bibliográfica, se ha adquirido conocimiento sobre el sensor utilizado y su funcionamiento, sentando las bases para la correcta maniobrabilidad en proyectos futuros. Durante el proceso de experimentación, se han superado diferentes desafíos técnicos y gracias a ello se ha aprendido como calibrar y ajustar adecuadamente el dispositivo para lograr mediciones más precisas.

Con un enfoque minucioso se desarrolló un programa capaz de procesar las dos señales que el sensor envía a través del cable de conexión, este programa separa las señales y calcula los

valores para las tres variables que mide el sensor, como son: Actividad de agua, partículas por millón y temperatura, graficándolos en la pantalla Nextion, la cual está conectada a la tarjeta principal Arduino nano que es de donde recibirá la información a publicar en cada uno de los espacios destinados en la pantalla, Así mismo se desarrolló un programa para la pantalla utilizada para este proyecto, este cuenta con varias opciones para que el usuario pueda manejarlo sin ninguna dificultad.

Como parte final en la elaboración de la herramienta planteada, se obtiene el diseño del hardware mediante el uso de un software CAD; lo cual permite crear una estructura precisa y acorde que se adapta perfectamente al funcionamiento de la interfaz, además de brindar seguridad y estabilidad para los demás elementos externos de la misma. La mecanización de la interfaz a través de la impresión 3D representa una solución innovadora y versátil para la fabricación de componentes necesarios. Esta técnica ha permitido obtener piezas personalizadas, livianas y resistentes.

Al momento de poner en marcha la interfaz de análisis “JAGUE” con muestras de aceite limpias y contaminadas, los datos obtenidos se encuentran dentro de los rangos permitidos tanto en temperatura como en los parámetros de valores del fluido contaminante (Actividad de agua y cantidad de agua) cada una con sus respectivas unidades.



## **Bibliografía**

- 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, .*
- 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 .*
- Barrionuevo D., González J. (s.f.). Criterios generales para el diseño de cámaras anecóicas. . *Universidad Tecnológica Nacional. CP X5016ZAA. . Córdoba, Argentina.*
- 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 .*
- Everest Alton F. (200.). *The master handbook of acoustics. 4th Edition. . United States of America.: McGraw-Hill.*
- insler y Frey, A. R, . (1962). *L. E. K Fundamentals of Acoustics, 2nd ed.* New York: John Wiley & Sons, Inc.
- 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.
- 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, .
- 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.
- 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.
- 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. Pereira. (1990). *Manual de acústica, ruido y vibraciones*. Barcelona.
- 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.
- 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.
- 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.

T. Priede. (1960). *Relation between form of cylinder pressure diagram and noise in diesel engines*. Proc. Mech. Eng.

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.

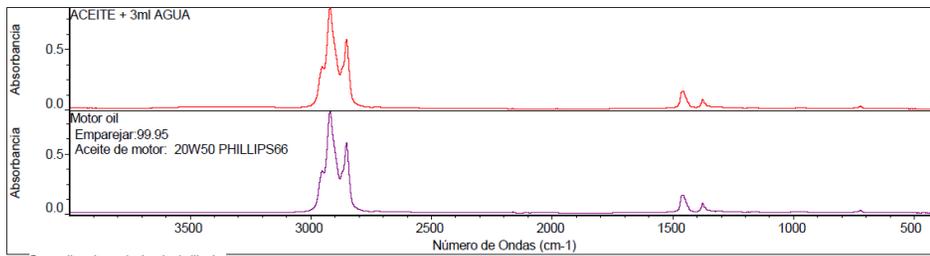
Van MUNSTER, B.J.P.M. (Abril de 2003). Beyond Control. Acoustics of sound recording control rooms - past, present and future. *Eindhoven University of Technology*. The Netherlands.

# Evidencias Adicionales

## Anexo 1

### Análisis de aceite + 3ml agua 1

Resultados de búsqueda para: ACEITE + 3ml AGUA  
Fecha: Mar Jul 11 17:25:46 2023 (GMT-05:00)  
Algoritmo de búsqueda: Correlación  
Regiones buscadas: 3999.64-400.00



Buscar lista de resultados de similitudes

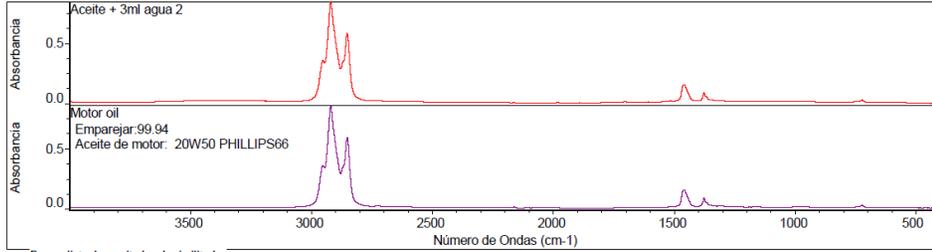
Índice	Comparar	Nombre del compuesto	Nombre de la biblioteca
1	1	99.95 Motor oil	Motor oil

**Fuente:** Autor, (Japa; Guerrero)

## Anexo 2

### Análisis de aceite+3ml agua 2

Resultados de búsqueda para: Aceite + 3ml agua 2  
Fecha: Mar Jul 11 17:28:33 2023 (GMT-05:00)  
Algoritmo de búsqueda: Correlación  
Regiones buscadas: 3999.64-400.00



Buscar lista de resultados de similitudes

Índice	Comparar	Nombre del compuesto
1	1	99.94 Motor oil

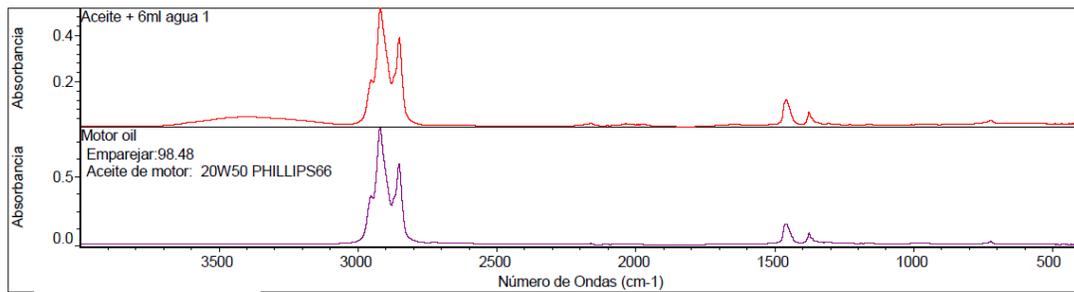
Nombre de la biblioteca  
Motor oil

**Fuente:** Autor, (Japa; Guerrero)

## Anexo 3

### Análisis de aceite +6ml agua 1

Resultados de búsqueda para: Aceite + 6ml agua 1  
Fecha: Mar Jul 11 17:46:48 2023 (GMT-05:00)  
Algoritmo de búsqueda: Correlación  
Regiones buscadas: 3999.64-400.00



Buscar lista de resultados de similitudes

Índice	Comparar	Nombre del compuesto
1	1	98.48 Motor oil

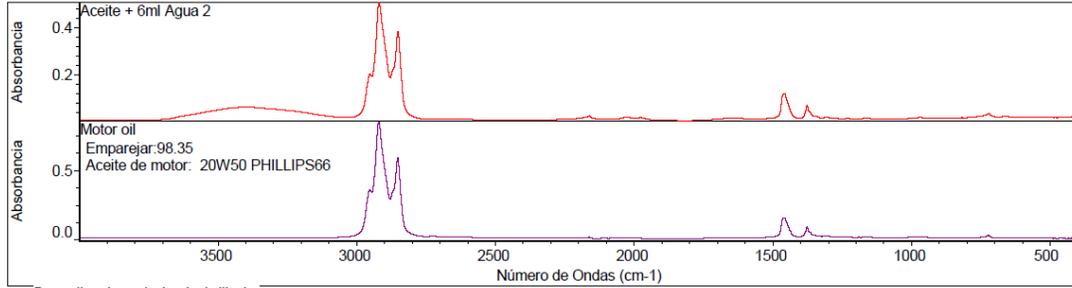
Nombre de la biblioteca  
Motor oil

**Fuente:** Autor, (Japa; Guerrero)

## Anexo 4

### Análisis de aceite +6ml agua 2

Resultados de búsqueda para: Aceite + 6ml Agua 2  
Fecha: Mar Jul 11 17:50:00 2023 (GMT-05:00)  
Algoritmo de búsqueda: Correlación  
Regiones buscadas: 3999.64-400.00



Índice	Comparar	Nombre del compuesto
1	1	98.35 Motor oil

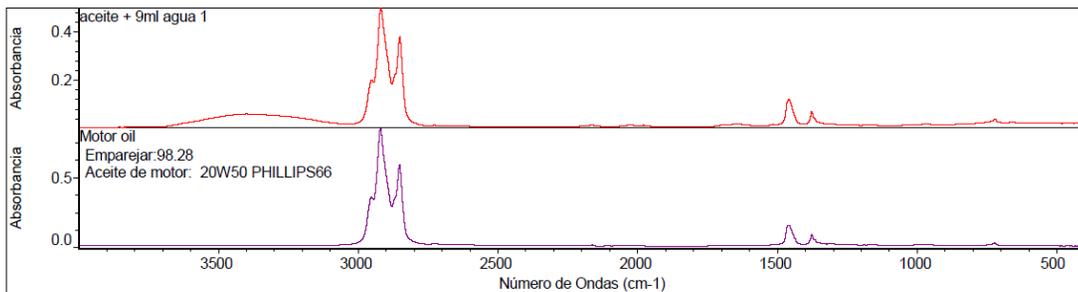
Nombre de la biblioteca  
Motor oil

**Fuente:** Autor, (Japa; Guerrero)

## Anexo 5

### Análisis de aceite +9ml agua 1

Resultados de búsqueda para: aceite + 9ml agua 1  
Fecha: Mar Jul 11 18:06:53 2023 (GMT-05:00)  
Algoritmo de búsqueda: Correlación  
Regiones buscadas: 3999.64-400.00



Índice	Comparar	Nombre del compuesto
1	1	98.28 Motor oil

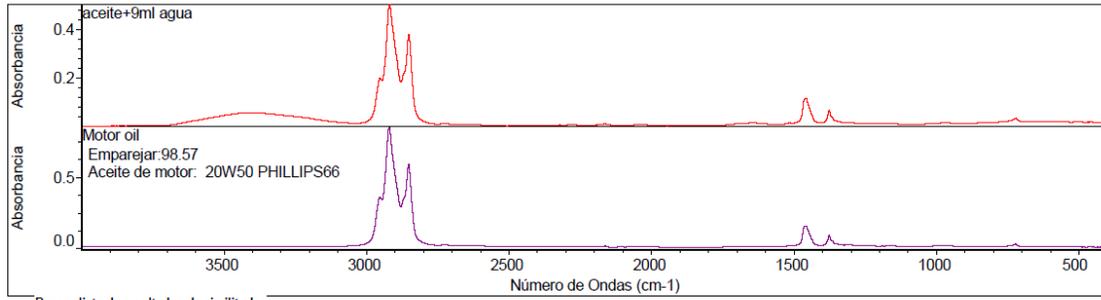
Nombre de la biblioteca  
Motor oil

**Fuente:** Autor, (Japa; Guerrero)

## Anexo 6

### Análisis de aceite +9ml agua 2

Resultados de búsqueda para: aceite+9ml agua  
Fecha: Mar Jul 11 18:11:23 2023 (GMT-05:00)  
Algoritmo de búsqueda: Correlación  
Regiones buscadas: 3999.64-400.00



Buscar lista de resultados de similitudes

Índice	Comparar	Nombre del compuesto
1	1	98.57 Motor oil

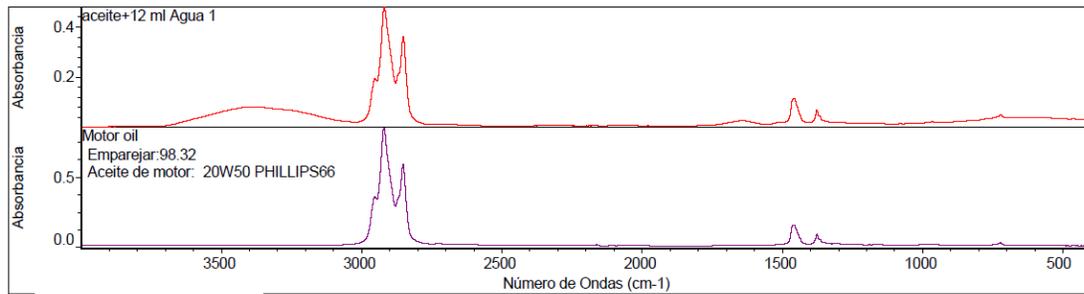
Nombre de la biblioteca  
Motor oil

**Fuente:** Autor, (Japa; Guerrero)

## Anexo 7

### Análisis de aceite +12ml de agua 1

Resultados de búsqueda para: aceite+12 ml Agua 1  
Fecha: Mar Jul 11 18:21:56 2023 (GMT-05:00)  
Algoritmo de búsqueda: Correlación  
Regiones buscadas: 3999.64-400.00



Buscar lista de resultados de similitudes

Índice	Comparar	Nombre del compuesto
1	1	98.32 Motor oil

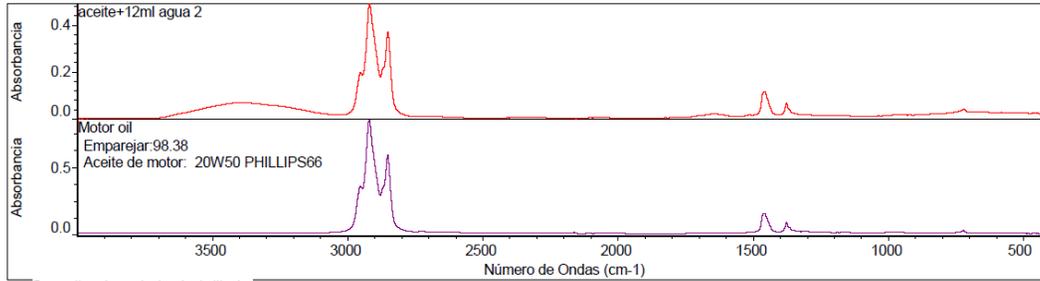
Nombre de la biblioteca  
Motor oil

**Fuente:** Autor, (Japa; Guerrero)

## Anexo 8

### Análisis de aceite + 12ml de agua 2

Resultados de búsqueda para: aceite+12ml agua 2  
Fecha: Mar Jul 11 18:23:47 2023 (GMT-05:00)  
Algoritmo de búsqueda: Correlación  
Regiones buscadas: 3999.64-400.00



Buscar lista de resultados de similitudes

Índice	Comparar	Nombre del compuesto
1	1	98.38 Motor oil

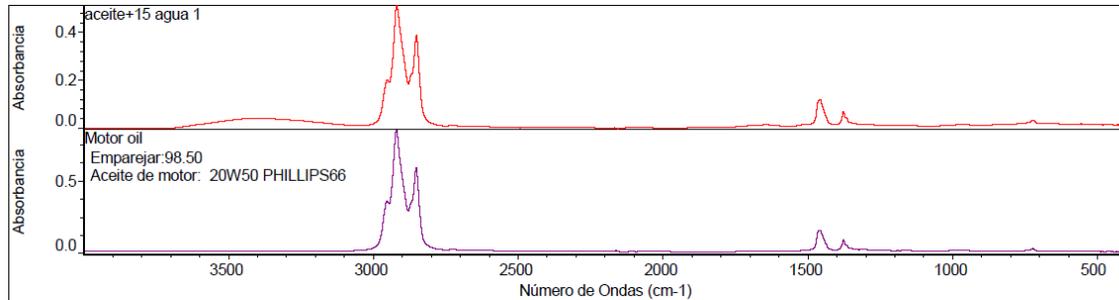
Nombre de la biblioteca  
Motor oil

**Fuente:** Autor, (Japa; Guerrero)

## Anexo 9

### Análisis de aceite + 15ml de agua 1

Resultados de búsqueda para: aceite+15 agua 1  
Fecha: Mar Jul 11 18:32:16 2023 (GMT-05:00)  
Algoritmo de búsqueda: Correlación  
Regiones buscadas: 3999.64-400.00



Buscar lista de resultados de similitudes

Índice	Comparar	Nombre del compuesto
1	1	98.50 Motor oil

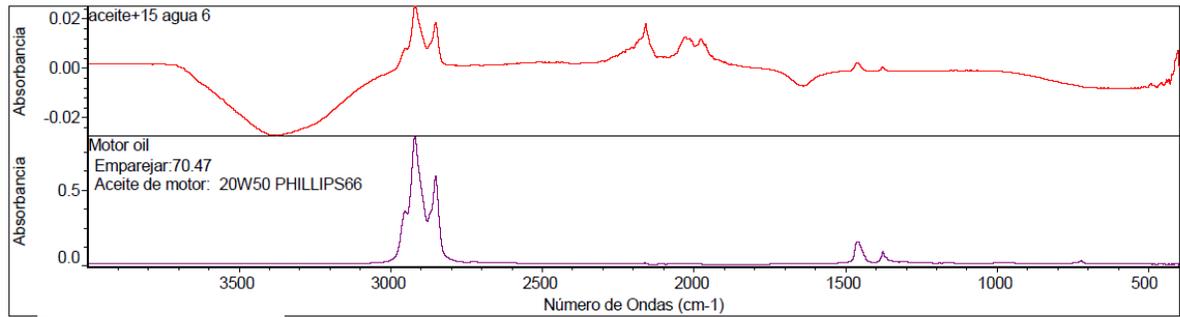
Nombre de la biblioteca  
Motor oil

**Fuente:** Autor, (Japa; Guerrero)

## Anexo 10

### Análisis de aceite + 15ml de agua 2

Resultados de búsqueda para: aceite+15 agua 6  
Fecha: Mar Jul 11 18:49:25 2023 (GMT-05:00)  
Algoritmo de búsqueda: Correlación  
Regiones buscadas: 3999.64-400.00



Índice	Comparar	Nombre del compuesto
1	1	70.47 Motor oil

Nombre de la biblioteca  
Motor oil

**Fuente:** Autor, (Japa; Guerrero)

## Anexo 11

### Armado final de la interfaz



**Fuente:** Autor, (Japa; Guerrero)