



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

SEDE IBARRA

ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y AMBIENTALES

(ECAA)

INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN

TEMA:

“ANÁLISIS POR ESPECTROSCOPIA IR-FT DE LOS RECOBRADOS DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR Y ALTERNATIVA DE UTILIZACIÓN”

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN CIENCIAS AMBIENTALES Y ECODESARROLLO

Línea de investigación: líneas 1: desarrollo y sostenibilidad

Sublínea: Tecnologías bioenergéticas

AUTOR: CRISTHIAN ANDRÉS ANRANGO RUIZ

ASESOR: Ph.D. RUBÉN DEL TORO DÉNIZ

IBARRA, ABRIL – 2018



Ibarra, 25 de Abril 2018

PhD. Rubén del Toro Déniz

ASESOR DEL PROYECTO DE GRADO

CERTIFICA:

Haber revisado el presente informe final de investigación, el mismo que se ajusta a las normas vigentes en la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales (ECAA), de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra (PUCE-SI); en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.

(f).....

PhD. Rubén del Toro Déniz

C.C: 175754447-1



PÁGINA DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

El jurado examinador, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra (PUCESI):

(f): 
.....

PhD. Rubén del Toro Déniz

ASESOR DEL PROYECTO DE GRADO

C.C: 175754447-1

(f): 
.....

PhD. Paola Ordóñez

LECTOR DEL PROYECTO DE GRADO

C.C: 1103764872

(f): 
.....

PhD. Tomas Zaragoza

LECTOR DEL PROYECTO DE GRADO

C.C: 0009900151



ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS

Yo CRISTHIAN ANDRÉS ANRANGO RUIZ, declaro conocer y aceptar la disposición del Art.165 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, que manifiesta textualmente: “Se reconoce facultad de los autores y demás titulares de derechos de disponer de sus derechos o autorizar las utilizaciones de sus obras o prestaciones, a título gratuito u oneroso, según las condiciones que determinen. Esta facultad podrá ejercerse mediante licencias libres, abiertas y otros modelos alternativos de licenciamiento o la renuncia”

Ibarra, Abril de 2018

(f): 

CRISTHIAN ANDRÉS ANRANGO RUIZ

C.C: 100363395-3



AUTORÍA

Yo, CRISTHIAN ANDRÉS ANRAGO RUIZ, portador de la cédula de ciudadanía N° 100363395-3, declaro que la presente investigación es de total responsabilidad del autor, y eximo expresamente a la Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra de posibles reclamos o acciones legales.

(f) 

CRISTHIAN ANDRÉS ANRAGO RUIZ

C.C: 100363395-3



DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo: Cristhian Andrés Anrango Ruiz, con CC: 100363395-3, autor del trabajo de grado intitulado "ANÁLISIS POR ESPECTROSCOPIA IR-FT DE LOS RECOBRADOS DE ACEITE QUEMADO DE MOTOR Y ALTERNATIVA DE UTILIZACIÓN", previo a la obtención del título profesional de "Ingeniero en Ciencias Ambientales y Ecodesarrollo", en la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tiene la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede – Ibarra, de conformidad con el artículo 144 de la ley Orgánica de Educación Superior de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra a difundir a través de sitio web de la Biblioteca de la PUCESI el referido trabajo de graduación. Respetando las políticas de propiedad intelectual de Universidad.

Ibarra, 25, Abril, 2018

(f).....

CRISTHIAN ANDRÉS ANRANGO RUIZ



DEDICATORIA

Este proyecto de investigación previo a la obtención de mi título se lo quiero dedicar con humildad y gran afecto a Dios, a mis padres quienes siempre supieron guiarme en todo el transcurso de mi formación profesional, convirtiéndome en una persona con principios y valores.

Cristhian Anrango Ruiz



AGRADECIMIENTO

La presente investigación es el resultado de la dedicación y el esfuerzo de todos aquellos que supieron apoyarme ya sea de una manera u otra.

Un enorme agradecimiento a mi familia en especial a mis padres María Zoila Ruiz, Rodrigo Anrango, por darme la vida, y guiarme por el camino del bien por inculcarme principios y valores, a quienes durante toda esta etapa y a lo largo de mi vida me han sabido apoyar, motivar en todo momento y nunca dudar de mi persona.

Un agradecimiento muy especial a mi abuelito que en paz descanse Segundo Cornelio Ruiz quien gracias a sus consejos y a su apoyo pude continuar con mi preparación para ser un profesional.

A mis profesores y en especial al PhD. Rubén del Toro Déniz, quienes me han enseñado no solo materia sino también a enfrentar los problemas que nos da la vida, gracias por brindarme su sabiduría y tener mucha paciencia.

Un agradecimiento infinito a una persona especial que entró en mi vida, Nadia Suasti quien siempre conté con su apoyo incondicional durante todo este tiempo, en momentos difíciles y de alegría, gracias por estar junto a mi hasta altas horas de la noche cuando tenía que estudiar y realizar los análisis de laboratorio, por estar siempre pendiente de que no me falte nada y que llegue bien a mi destino, gracias por confiar en mí.

Por último agradecer a mis amigos y futuros colegas quienes supieron apoyarme de alguna manera u otra.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA	I
CERTIFICACIÓN DEL ASESOR	II
PÁGINA DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL	III
ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS	IV
AUTORÍA	V
DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN	VI
DEDICATORIA	VII
AGRADECIMIENTO	VIII
1. RESUMEN	1
2. ABSTRACT	2
3. INTRODUCCIÓN	3
OBJETIVOS	6
Objetivo General:	6
Objetivos Específicos:	6
HIPÓTESIS	6
4. ESTADO DEL ARTE	7
4.1 Aceites lubricantes	7
4.2 Aceites Usados	9
4.2.1 Contaminación del suelo	10
4.2.2 Contaminación del agua	11
4.2.3 Contaminación del aire	11
4.3 Proceso de destilación de aceites	11
4.3.1 Tipos de destilación	12
4.3.1.1 Destilación simple	12

4.3.1.2 Destilación fraccionada	12
4.4 Destilación Fraccionada.....	12
Uso de la destilación fraccionada	13
4.5 Destilación TBP	13
4.6 Destilación Simulada.....	16
4.7 Destilación a vacío	17
4.8 Espectroscopía Infrarroja	17
4.8.1 Usos y aplicaciones	18
4.9 Espectroscopía Infrarrojo por Transformada de Fourier	19
4.9.1 Manejo del espectrofotómetro FTIR	20
4.10 Análisis de espectros	21
4.11 Calibrado del Espectrofotómetro: espectro del poliestireno.....	21
4.12 Absorción Atómica.....	22
4.12.1 Componentes de un espectrofotómetro de absorción atómica	23
4.12.2 Atomizador por llama.....	24
4.12.2.1 Características de la llama	26
5. MATERIALES Y MÉTODOS	27
5.1 Ubicación del experimento	27
5.2 Materiales, Reactivos, Equipos e insumos	27
Materiales	27
Equipo.....	28
Reactivos	28
Insumos.....	28
5.3 MÉTODOS	29
5.3.1 Obtención del aceite lubricante de motor usado	29
5.3.2 Tratamiento de las muestras	29

5.3.2.1 Destilación	30
5.3.2.1.1. Destilación Simulada.....	30
5.3.2.1.2. Destilación fraccionada en el vacío	30
5.3.2.2 Espectrofotometría Infrarroja	31
5.3.2.3 Espectrometría de absorción atómica	32
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	33
6.1 Destilación Simulada.....	33
6.2 Destilación Fracciones (PILODIS PETRODIST 200S ASTM D-5236 SEMI AUTOMATIC OPERATION).....	36
6.3 Análisis comparativo de los lubricantes empleando metodología FTIR (Fourier Transform Infrared Spectrometer)	38
Comparaciones de las Muestras con el Diésel	48
6.4 Metales Pesados (Pb, Cr, Cu).....	52
Plomo (Pb).....	57
Cobre (Cu).....	57
Cromo (Cr).....	57
6.5 Socialización.....	58
7. CONCLUSIONES	59
8. RECOMENDACIONES	59
9. REFERENCIAS.....	60
10. ANEXOS.....	63

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipos de llama para la espectroscopia atómica.....	26
Tabla 2. Resultados de la destilación simulada	34
Tabla 3. Resultados de la Destilación Fraccionada en el vacío	36
Tabla 4. Agrupación de las fracciones según su temperatura de destilación.....	37
Tabla 5: Similitud del diésel con las muestras recuperada	40
Tabla 6: Compuestos del Diésel	42
Tabla 7. Compuestos de la Muestra 1 (Turbo Combustible).....	43
Tabla 8. Compuestos de la Muestra 2 (Diesel o Gasóleo).....	44
Tabla 9. Compuestos de la Muestra 3(Gasóleos de Vacío)	45
Tabla 10. Compuestos de la Muestra 4(Gasóleos Pesados de Vacío)	46
Tabla 11. Compuestos de la Muestra 5(Gasóleos pesados de asfalto)	47
Tabla 12. Límites permisibles de metales pesados en aceites recuperados	52
Tabla 13. Curva y Calibración del Plomo.....	53
Tabla 14. Curva y Calibración del Cobre	54
Tabla 15. Curva y Calibración del Cromo	56
Tabla 16. Resultados de los análisis de los tratamientos del aceite recuperado	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Destilación y refinación de un petróleo crudo asfáltico.....	8
Figura 2. Proceso de Destilación.	12
Figura 3. Tipos de Aceites según su punto de ebullición	15
Figura 4. Una curva de destilación TBP se muestra a continuación.	15
Figura 5. Curva de destilación de un crudo de Kuwait.....	16
Figura 6. Esquema de la disposición óptica de un espectrofotómetro FTIR.	20
Figura 7. Arriba: estructura del poliestireno (en realidad en los sólidos los anillos bencénicos están orientados aleatoriamente). Abajo: Espectros FTIR de una película de poliestireno. Con esto queda calibrado el equipo.	22
Figura 8. Cabeza del atomizador.	26
Figura 9. Recolección del aceite quemado de motor.....	29
Figura 10. Filtrado y envasado del aceite.	30
Figura 11. Equipo de destilación.	31
Figura 12. Resultado de la destilación simulada del aceite usado de motor.....	34
Figura 13. Referencia de la curva de distribución del aceite y punto de ebullición para una ASTM D7169.	35
Figura 14. Equipo de destilación simulada ANALYTICAL CONTROLS aC.	36
Figuras 15. Equipo de destilación fraccionada en el vacío..... ¡Error! Marcador no definido.	
Figura 16. Resultado final de la destilación fraccionada. ¡Error! Marcador no definido.	
Figura 17. Comparación de los espectros del diesel vs las muestras.....	39
Figura 18. Espectros IR Diésel	42
Figura 19. Espectros IR Muestra 1(Turbo Combustible)	43
Figura 20. Espectros IR Muestra 2(Diésel o Gasóleo)	44
Figura 21. Espectros IR Muestra 3(Gasóleos de Vacío).....	45
Figura 22. Espectros IR Muestra 4(Gasóleos Pesados de Vacío).....	46

Figura 23. Espectros IR Muestra 5(Gasóleos pesados de asfalto).....	47
Figura 24. Espectros IR Muestra 1 vs Diésel	48
Figura 25. Espectros IR Muestra 2 vs Diésel	48
Figura 26. Espectros IR Muestra 3 vs Diésel	49
Figura 27. Espectros IR Muestra 4 vs Diésel	49
Figura 28. Espectros IR Muestra 5 vs Diésel	50
Figura 29. Espectros IR Aceite Comercial vs Muestras	51
Figura 30. Espectros IR n-Hexano vs Muestras	51

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Procedimiento en laboratorios	63
Anexo 2: Oficio enviado para la Socialización	68
Anexo 3: Asistencia de la Socialización.	69
Anexo 4: Encuestas de la Socialización	70
Anexo 5: Resultados de las Encuestas de la Socialización	75

1. RESUMEN

La presente investigación se fundamenta en la necesidad de reducir el impacto que provocan los aceites quemados de motor, los que por su alto contenido de metales pesados y otras sustancias orgánicas tóxicas, son catalogados como residuos peligrosos, causando un gran daño a los recursos naturales que son indispensables para los seres vivos.

En el trabajo se emplean los aceites recuperados de motor con la finalidad de determinar la presencia de metales pesados que, además de contaminar el medio ambiente, disminuyen la calidad del producto obtenido a partir de destilaciones sucesivas (destilación fraccionada) del aceite quemado de motor. También se emplean estos recobrados para la identificación de compuestos orgánicos empleando las técnicas FTIR que tengan características similares a los aceites de motor virgen y combustibles comerciales, con la finalidad de que puedan ser reutilizados, tanto como nuevos aceites o como combustibles.

Como resultados de los procesos de destilación simulada se obtuvo (81%) y en la fraccionada (87%) del aceite quemado de motor. La cuantificación de metales pesados se realizó por espectrometría de absorción atómica a llama. Las concentraciones presentes en aceites quemados de motor son en Plomo (29ppm), Cobre (29ppm) y Cromo (9,7ppm). Una vez obtenido los recobrados del aceite quemado de motor se puede observar que existe una disminución de los metales presentes en plomo del 31,45% (de 29 a 19,88 ppm), Cobre 99,86% (de 29 a 0,040ppm) y Cromo 92% (de 9,7 a 0,77ppm), encontrándose que en sus valores están por debajo de las normas establecidas para ser usados como combustible. La identificación de los componentes orgánicos, similares a los aceites de motor virgen y combustibles comerciales, se realizó por Espectroscopía Infrarroja con Transformadas de Fourier (FT IR), demostrándose que el aceite recuperado características similares a los aceites de motor comerciales, n-hexano y diésel.

PALABRAS CLAVES

Lubricantes, destilación, infrarrojo, absorción atómica, estándar.

2. ABSTRACT

This research is based on the need to reduce the impact caused by engine burnt oils, which, due to their high content of heavy metals and other toxic organic substances, are classified as hazardous waste, causing great damage to natural resources. They are indispensable for living beings.

In the work, the engine recovered oils are used in order to determine the presence of heavy metals that, in addition to contaminating the environment, decrease the quality of the product obtained from successive distillations (fractional distillation) of the engine burnt oil. These recoveries are also used for the identification of organic compounds using FTIR techniques that have characteristics similar to virgin motor oils and commercial fuels, so that they can be reused, either as new oils or as fuels.

The results of the simulated distillation processes were obtained (81%) and the fractionated (87%) of the engine burned oil. The quantification of heavy metals was carried out by flame atomic absorption spectrometry. The concentrations present in burnt motor oils are in Lead (29ppm), Copper (29ppm) and Chrome (9.7ppm). Once obtained the recoveries of the burnt motor oil it can be observed that there is a decrease of the metals present in lead of 31.45% (from 29 to 19.88 ppm), Copper 99.86% (from 29 to 0.040 ppm) and Chrome 92% (from 9.7 to 0.77ppm), finding that their values are below the standards established to be used as fuel. The identification of organic components, similar to virgin motor oils and commercial fuels, was performed by Infrared Spectroscopy with Fourier Transforms (FT IR), demonstrating that the recovered oil features similar to commercial motor oils, n-hexane and diesel.

KEYWORDS

Lubricant, Distillation, Infrared, Atomic Absorption, Standard.

3. INTRODUCCIÓN

Los lubricantes, son sustancias que se interponen entre dos superficies, generalmente en movimiento, para reducir la fricción que tiene lugar entre ambas. Disminuir o reducir la fricción implica disminuir el desgaste de los materiales que están en contacto y a su vez reducir, también la energía que es necesaria para provocar la ejecución de dicho movimiento.

Los lubricantes no solo se emplean para la disminución de la fricción entre dos materiales si no también se utilizan para otra amplia variedad de funciones, como son, actuar como refrigerante, antioxidante, sellantes y como diluyentes de otros productos.

Se puede afirmar, que los lubricantes en general, están compuestos por una base que puede ser derivada del petróleo o base mineral y unos aditivos, donde ambos componentes aportan propiedades específicas al comportamiento del aceite que será empleado para lubricar.

Existen varias formas para clasificar los aceites lubricantes, entre ellas: por su estado físico (sólido, líquido y gaseoso), por su aplicación (automoción, industrias, etc.), por su composición química (orgánico e inorgánico), por su origen, etc. (Lluch, 2008)

El aceite lubricante en su vida útil mantiene sus características físicas, químicas casi sin alteración. Claro está que en la medida que se emplee se va contaminando con compuestos provenientes de la combustión, el desgaste del motor y de los combustibles con que entran en contacto por diferentes causas. Esto hace que sus propiedades se vean reducidas y en ese caso el aceite debe ser remplazado. (Nervo, 2011)

El lubricante una vez que haya cumplido con el ciclo de utilización y este convertido en un inadecuado material para el que fue diseñado, si no es recuperado o confinado adecuadamente se convierte en un material o residuo peligroso por su contenido de contaminantes, que van desde metales hasta sustancias orgánicas polinucleares de alto impacto negativo para la salud humana. (Nervo, 2011)

La regeneración de los lubricantes usados es una operación importante y quizás no tenida en cuenta por la mayoría de los usuarios de este producto, mediante la cual se obtienen

de los aceites usados un nuevo aceite base comercializable. Como el aceite usado sigue siendo en esencia un conjunto de hidrocarburos con una serie de agentes contaminantes, se podrá volver a refinar y reducir aquellos productos que lo convierten en un material peligroso y obtener un aceite base de igual o superior calidad que la del aceite virgen procedente del refinado original, con las implicaciones de ahorro de material fósil que conlleva la producción de un aceite lubricante (Montes, 2003)

El aceite utilizado como lubricante para hacer más larga y óptima la vida de los motores de los vehículos por su empleo, se convierte en un residuo excepcionalmente peligroso (Borrás, 2010).

El aceite de motor, es considerado un artículo excepcionalmente inseguro para la tierra y para las criaturas vivas. El aceite utilizado contiene una serie de sustancias venenosas, que dañan significativamente el ambiente, entre ellos: plomo, cadmio mezclas de organoclorados y otras sustancias naturales, entre ellas aromáticas de alto peligro y otras formadas en su utilización, que realmente contaminan, el aire y el agua. Su impacto contaminante se ve fortificado adicionalmente por la actividad de unas cuantas sustancias añadidas que se introducen al aceite para mejorar sus propiedades lubricantes, y que apoyan su infiltración en el suelo, pudiendo llegar hasta aguas subterráneas, reduciendo la posibilidad de utilización de estos recursos (Sánchez, 2012).

En el caso de que el aceite de motor ya utilizado se use con otros fines, ya sea mezclado, con otros combustibles, sin tratamiento previo y control adecuado, causa enormes problemas de contaminación, emanando gases excepcionalmente dañinos debido a la presencia de plomo, organoclorados, fosforo, azufre y mezclas de diferentes composiciones (Bajoelagua, 2004).

Las mezclas de hidrocarburos que existen en el aceite entran en los cuerpos de agua superficiales y se adhieren a pequeñas partículas suspendidas. Al final, se decantan en el fondo y ahí permanecen durante mucho tiempo. Estos hidrocarburos en el caso de aguas marinas pueden llegar hasta los habitantes acuáticos (fauna y flora) dañándolos (Agencia para Sustancias Tóxicas y Registro de Enfermedades, 2016) y convirtiéndose casi en elementos participantes en el modo natural de vida, aunque sean xenobióticos. Los metales encontrados en el aceite de cárter utilizado se quedan en el suelo durante mucho

tiempo. De esta manera, los metales encontrados en el aceite utilizado pueden acumularse en plantas, organismos vivos, suelo, lodo y en las aguas superficiales que se mantienen estancadas (Atsdr, 2016).

El deficiente almacenamiento, tratamiento y manejo de los aceites de motor acopiados en el Cantón Antonio Ante, Ciudad Atuntaqui, hace que su liberación al medio ambiente sin un estricto control influya en la naturaleza, la calidad de vida de las personas y en el medio ambiente de manera general.

Los aceites lubricantes son de importancia crucial para el desarrollo de la sociedad, ya que hace que el hombre disminuya el esfuerzo físico en la utilización de algunos de sus equipos (motores, grúas, etc). El daño inmenso causado por estos fluidos después del tiempo de utilidad, puede ser controlado a pesar de que estos sean excepcionalmente inseguros por su condición de altamente nocivos, debido a que influyen en la desintegración del suelo, la calidad del aire, el agua y el bienestar humano. Los agravantes distintivos de estos aceites pueden ser agrupados por la presencia en ellos de metales abundantes, compuestos orgánicos alifáticos, aromáticos y aromáticos polinucleares, además de los aditivos empleados para su mejoría.

El movimiento de recolección utilizado para confinar y manejar estos aceites, debido a su tendencia como desechos peligrosos, requiere una consideración poco común y una preparación suficiente por parte del personal encargado de la operación de recogida.

De esta manera es importante elaborar las estrategias fundamentales que deben ejecutar los encargados de la recolección, confinamiento y utilización de los aceites lubricantes, teniendo en cuenta como objetivo final de disminuir los peligros para el bienestar humano y la naturaleza, asegurando el objetivo principal de evitar los despilfarros de este residuo peligroso (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Colombia, 2016).

La elaboración de un diseño de administración desde el punto de vista ambiental daría una respuesta para institucionalizar la acumulación, recolección y recuperación de los aceites y, en consecuencia, añadir a la satisfacción pública la obligación social y natural evitar el descontrol en los generadores de este material peligroso. (González, 2014).

En Ecuador, se entregan grandes cantidades de aceites consumidos que no tienen un tratamiento satisfactorio, por lo que en esta investigación intentamos recuperar estos aceites para ser reutilizados. En consecuencia, es importante decidir las diversas opciones de tratamiento de forma tal que puedan ser empleadas estas mezclas de manera natural, excluida de metales y otros compuestos que pueden permanecer en la recuperación, que podrían influir y decidir en la calidad del aceite recuperado y en su utilización, disminuyendo sus efectos de manera menos inmediata en el medio ambiente. Las muestras de aceites a utilizar en este trabajo provendrán de lubricadoras ubicadas en el Cantón Antonio Ante de la Ciudad Atuntaqui.

OBJETIVOS

Objetivo General:

- Analizar por IR-FT los recobrados de los aceites quemados de motor para ser empleados en la recuperación de aceites como combustible.

Objetivos Específicos:

- Obtener los recobrados mediante destilación fraccionada en el vacío para el análisis de los constituyentes.
- Analizar los constituyentes de los recobrados para determinar los compuestos que posee por medio de espectroscopía IR-FT.
- Identificar la presencia de metales pesados por espectrometría de absorción atómica para determinar la cantidad de metales presentes en estos constituyentes.
- Socializar al Ministerio del Ambiente, GAD de Antonio Ante y Oxivida las posibles utilidades de los recobrados obtenidos.

HIPÓTESIS

¿La purificación del aceite quemado de motor, daría la posibilidad de ser reutilizado, comercializado y no vertido al ambiente?

4. ESTADO DEL ARTE

4.1 Aceites lubricantes

Los aceites lubricantes están compuestos de aceites básicos que surgen del refinado del petróleo, en los cuales se agregan aditivos para darles ciertas propiedades deseadas.

$$\text{Lubricante} = \text{Aceite básico (80 a 95\%)} + \text{aditivos (20 a 5\%)}$$

Las destilaciones de fracciones livianas del petróleo, nafta, kerosén y gas-oíl, se realizan en torres a presión atmosférica, trasladándose luego a otra torre que contiene los aceites pesados, donde la última destilación tiene lugar a bajo vacío o destilación primaria. La destilación a presión reducida permite en lo posible reducir las temperaturas de destilación, para evitar el (cracking) del mismo. Ese mismo principio es el que se mantiene en el proceso de recuperación de los aceites quemados de motor.

La figura N° 1 corresponde al proceso de destilación y refinación de petróleo crudo asfáltico o de crudo nafténico prácticamente libre de parafina.

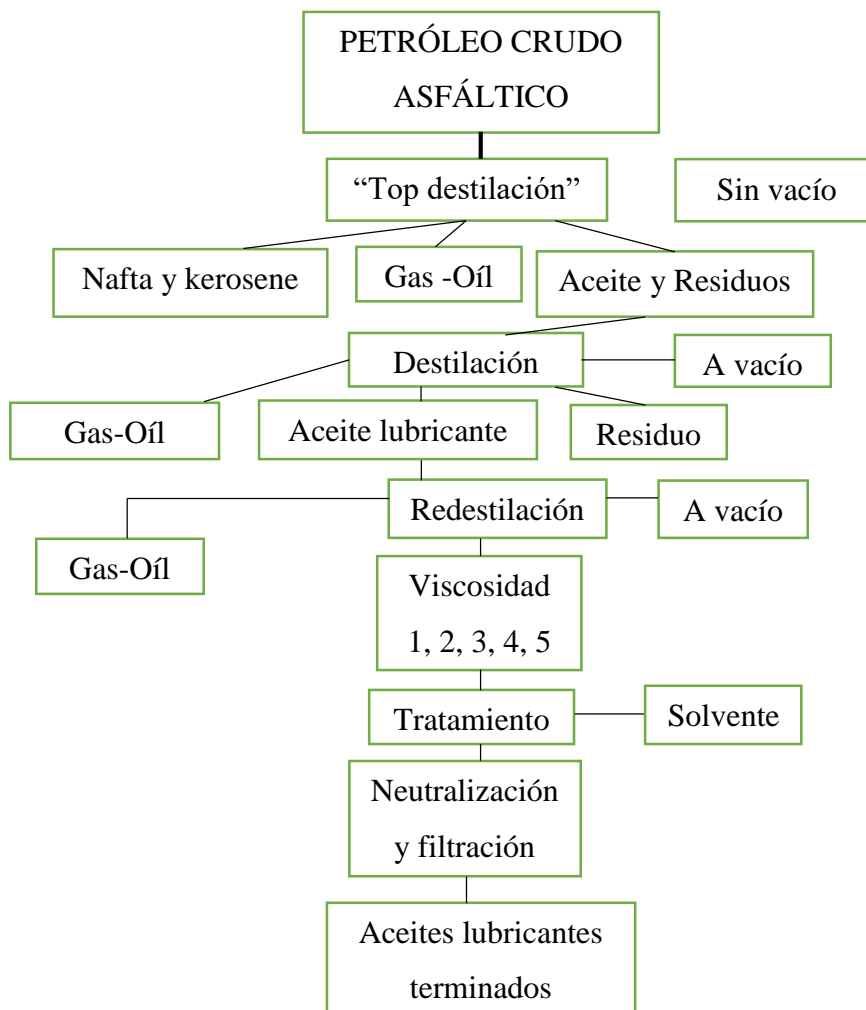


Figura 1. Destilación y refinación de un petróleo crudo asfáltico.
Fuente: (Jones, 2007).

El destilado contenido en los aceites lubricantes, es redestinado nuevamente y siempre bajo alto vacío, en cuya operación (Redestilación), se lo divide en varias fracciones de viscosidades diferentes: después de los 150° C, turbo combustible (150-260°C), diésel o gasóleo (260-350°C), gasóleo de vacío (350-425°C), etc. Esta nueva destilación permite al mismo tiempo eliminar alguna fracción de la primera destilación. Los aceites lubricantes no son suficientemente purificados ni poseen la necesaria estabilidad química para servicios determinados por esta razón son sometidas a purificaciones químicas, obteniendo así el aceite refinado. (Jones, 2007).

Los aceites lubricantes permiten disminuir la fricción entre dos superficies estos son usados en el interior de los motores, donde la operación hace que exista un desgaste cuyas características no permiten ser utilizados pasado un tiempo de uso del aceite.

Las funciones de los lubricantes entre otras son:

- Evitar la elaboración de residuos gomosos
- Evitar la formación de lodos
- Conservar limpias las piezas del motor
- Permitir la salida del calor

El aceite lubricante utilizado en los automóviles e industrias está compuesto por una base orgánica y aditivos, dichos compuestos sirven para aumentar su rendimiento, eficiencia y vida útil.

La composición de las bases orgánicas está formada por una gran cantidad de compuestos orgánicos, siendo la gran mayoría compuestos aromáticos polinucleares. Estos compuestos polinucleares, además de facilitar el fenómeno de la lubricación, constituyen un grupo de sustancias de alto impacto ambiental, algunos de ellos son cancerígenos y otros combustibles con concentraciones de aromáticos polinucleares bajas, por lo que los PNA (Polynuclear Aromatic Hydrocarbons) en aceites vírgenes como usados no son de mayor preocupación. Estas bases orgánicas pueden constituir un 30% en volumen del aceite virgen, contienen constituyentes inorgánicos como azufre, nitrógeno, compuestos halogenados y trazas de metal. (Jiménez, 2011)

4.2 Aceites Usados

El aceite usado es un desecho que se genera frecuentemente en industrias, mineras y en el sector transporte, una vez cumplido con el ciclo de vida, el cual debe ser dispuesto de manera adecuada para evitar problemas a la salud de la población y al medio ambiente.

Los aceites usados contienen una gran cantidad de contaminantes: ácido de batería, PCB's, metales pesados, líquidos de freno, pinturas, líquidos refrigerantes, gasolina, diésel, además de otras impurezas que se producen por la contaminación física y las

reacciones químicas que causan durante el uso de estos. (Bvsde, sf). También sirven para ocultar otros productos que requieren de un tratamiento costoso y son altamente contaminantes, como las sustancias empleadas en los transformadores de electricidad.

Los contaminantes que provienen del aire (polvo y humedad) ingresan por medio de respiraderos, sellos y empaquetaduras defectuosas y en general por el contacto del lubricante con el medio circundante.

Los contaminantes originados en las máquinas son partículas de carbonos provenientes del motor de combustión interna, de la mala combustión de los aditivos de este aceites lubricante y de las partículas que vienen a desgastarse de las piezas metálicas. (Jones, 2007).

Investigaciones recientes demuestran los impactos negativos sobre el medio ambiente y la salud, provocados por el mal manejo de los aceites usados, aunque los efectos se producen por las características y el volumen de los mismos, las prácticas ambientales de las Compañías, y los procesos que realizan los individuos descargando al medio ambiente, lo que continúa siendo un serio riesgo no solo para las personas, si no para los ecosistemas.

Aparte de los gases tóxicos, ruidos etc., la contaminación en el ambiente por el transporte automotor que produce una gran cantidad de aceites usados, los que, sin un adecuado tratamiento y por su mal manejo, contaminan fuertemente los recursos hídricos, suelo y aire cuando estos se emplean como combustibles sin previo tratamiento.

4.2.1 Contaminación del suelo: El aceite usado llega al suelo por descuido o de una manera intencionada como sustituir el asfalto y evitar el polvo etc.

La acumulación de los aceites en el suelo presenta un peligro para la vida de los micro-organismos y las plantas, debido a que impide el intercambio de oxígeno y la libre germinación de las plantas., por infiltración puede llegar a los reservorios subterráneos de agua potable.

4.2.2 Contaminación del agua: Los aceites al ser mezclados con el agua conllevan a problemas ecológicos, como impedir el uso del agua como potable, tampoco para riego, por la toxicidad de los aditivos y además, por el sabor y el olor del agua. Un litro de aceite vertido al agua contamina un millón de litros de agua.

4.2.3 Contaminación del aire: El aceite en relación a otros hidrocarburos tiene una presión de vapor reducida, es por eso que la contaminación es menor en el aire, si este no es quemado. Cuando se quema, se incrementa exponencialmente sus efectos tóxicos. De todos modos, el aceite es un hidrocarburo con sus efectos negativos a la salud humana. Los aceites en las zonas altas se evaporizan más rápido que en las zonas bajas y frías, con sus respectivas consecuencias en el aire. Los metales que se encuentran en estos aceites queden en el polvo del suelo y por medio de escorrentías, turbulencias se trasladan a suelos agrícolas, entrando a la cadena alimentaria (Plomo en las hortalizas). (Bvsde, sf)

4.3 Proceso de destilación de aceites

Es un proceso de ingeniería química que consiste en el calentamiento de una muestra o sustancia hasta que sus compuestos más volátiles pasan a un estado de vapor para luego enfriarse y recuperar los componentes en estado líquido por condensación, con el propósito de separar las diferentes mezclas líquidas que estas sustancias contienen. (Lozano, sf).

La técnica aplicada consiste en tratar de calentar la mezcla hasta que entre a su punto de ebullición.

Los vapores en equilibrio con el líquido son enriquecidos en el componente de la mezcla más volátil en esta ocasión los que tienen un menor punto de ebullición son los que salen, estos vapores pasan hacia un condensador que lo enfría y se transforma al estado líquido nuevamente, con este proceso podemos conseguir enriquecer el líquido destilado con el componente más volátil, (Figura 2) el residuo sobrante en el recipiente de destilación contendrá más de los componentes menos volátiles. (Unizar, sf).

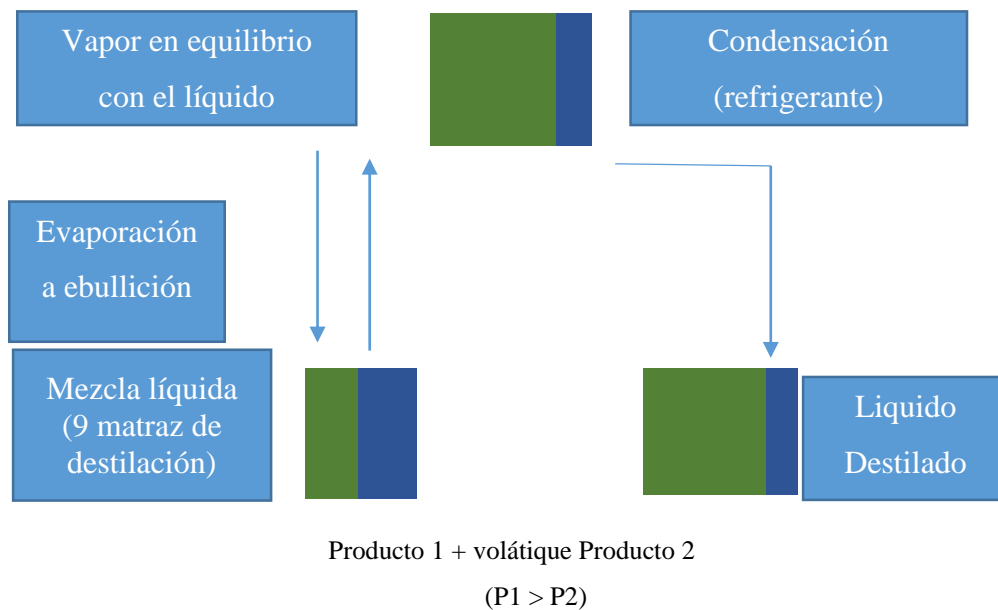


Figura 2. Proceso de Destilación.
Fuente:(Unizar, sf)

4.3.1 Tipos de destilación

4.3.1.1 Destilación simple: se utiliza cuando el contraste entre los puntos de ebullición de las partes a destilar es lo suficientemente amplia como para que puedan destilarse independientemente o cuando las influencias contaminantes son sólidos desintegrados en el fluido a purgar.

4.3.1.2 Destilación fraccionada: en el caso de que el contraste entre los puntos de ebullición de los componentes en la mezcla, sea demasiado pequeño para que el refinado sea competente, es importante depender del refinado repetitivo. En la práctica, se utiliza una columna de fraccionamiento, donde la fase de vapor y la fase densa fluyen de manera inversa. Vamos a ampliar este concepto.

4.4 Destilación Fraccionada

Es un procedimiento físico utilizado para separar mezclas de sustancias líquidas con puntos de ebullición próximos (normalmente la mezcla en cuestión es homogénea) aplicando calor, y con una amplia masa e intercambio calórico entre vapores y fluidos.

Esto se aplica cuando es importante aislar mezclas de sustancias con varios puntos de ruptura cercanos. Los ejemplos más evidentes son la destilación de petróleo y etanol (mezcla azeotrópica de agua y alcohol).

En contraste fundamental con el refinado básico del petróleo u otra mezcla es la utilización de una sección o columna de fraccionamiento, permitiendo un contacto más notable entre vapores elevados con el fluido condensado que desciende, mediante la utilización de varias “placas” o platos en la columna, provocando el intercambio entre vapor y fluido con una posibilidad de intercambio masivo. Este intercambio ofrece la posibilidad, en el que los fluidos con sus puntos de ruptura menos elevados se transforman notablemente en vapor y los vapores de sustancias con mayores puntos de ruptura (punto de ebullición) al estado de fluido, saliendo por la parte más elevada de la columna, aquellos de menores puntos de ruptura.

Uso de la destilación fraccionada

- Es utilizada para la separación de componentes del fluido que se diferencian en menos de 25°C en el punto de ruptura.
- Cada uno de los diferentes componentes se les denomina fracciones. Cada segmento se denomina fracción, conjunto comparable al refinamiento del petróleo en el que se ha intercalado entre el matraz y el producto destilado una sección que puede separar en fracciones la mezcla original. Al calentar la mezcla el vapor será más rico en el componente más volátil ya que se eleva en la sección de la columna.

4.5 Destilación TBP

La destilación TBP (True Boiling Point), también llamada destilación simulada permite una composición casi exacta de un crudo por la temperatura de ebullición en los constituyentes que poseen. Para llevar a cabo la destilación se utiliza una columna de relleno que equivale de 10 a 20 platos teóricamente con una relación de reflujo de orden cinco.

El conjunto está compuesto de un matraz con calefacción eléctrica y dotado de un par termoeléctrico, una columna de relleno con un reflujo de cabeza con toma de temperatura. Debe poder trabajar a presión atmosférica y a cierto vacío y no debe alcanzarse más de 600°C para minimizar el craqueo.

Con una mínima cantidad de petróleo crudo, se recoge en cabeza de fracciones, anotando las temperaturas de inicio y final del paso de cada una de las fracciones y con la utilización de estos datos se puede trazar la curva de destilación T.B.P. El caso concreto de la destilación simulada, se adaptará como detector a la columna un equipo de cromatografía gaseosa, que sigue el proceso de destilación en correspondencia con sus puntos de ebullición.

En la destilación TBP primeramente salen los gases disueltos en el petróleo crudo los cuales se recogen para analizarlos ya sea por cromatografía o espectrografía. En esta destilación es difícil sobrepasar la temperatura de 250 °C en la cabeza de la columna pues la temperatura correspondiente en el matraz estaría aproximadamente a 400°C a presión atmosférica, con un riesgo en el residuo del cracking, modificando las composiciones de las fracciones pesadas. Es preciso recurrir a una destilación al vacío. Se toma de nuevo el residuo atmosférico a una presión de 50 a 100 mm de Hg, destilándolo a una temperatura en el matraz de 350 a 400 °C, si se obtiene un residuo del 30 % se realiza una tercera destilación en el vacío en algunos mm de Hg, con uno o dos platos teóricos, obteniendo un residuo espeso y viscoso, más o menos importantes según el crudo.

El esquema de destilación es el siguiente:

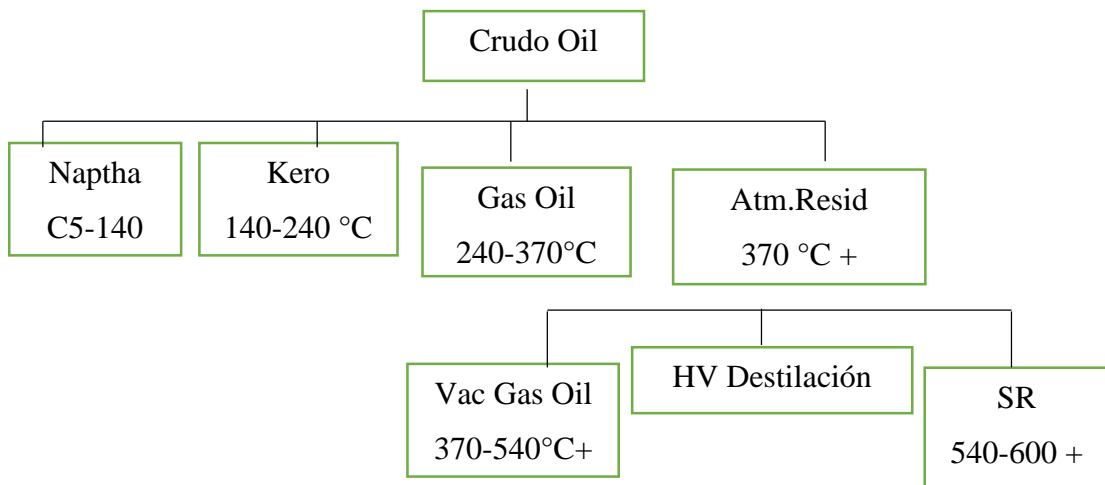


Figura 3. Tipos de Aceites según su punto de ebullición.

Fuente:(Ssecoconsulting, sf).

Curvas Destilacion Petróleo Crudo y sus fracciones vs. "True Boiling Point" in °C & °F

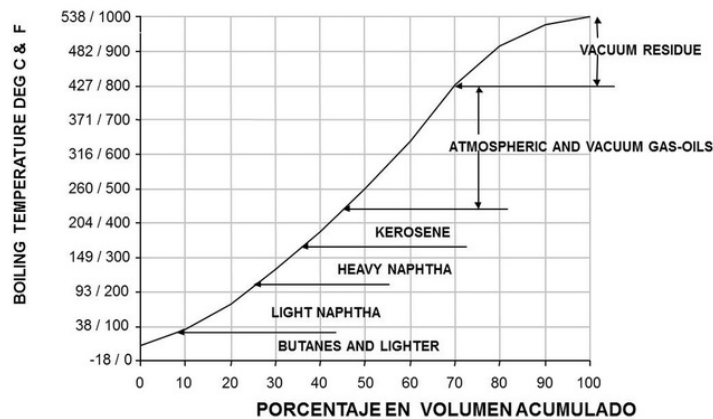


Figura 4. Una curva de destilación TBP se muestra a continuación.

Fuente:(Ssecoconsulting, sf).

En la figura 4 se observa que cada tipo de crudo tiene una curva True Boiling Point (TBP) que lo caracteriza, la información de los cortes que se tiene en la destilación TBP se los llama ASSAY del crudo. Este método resulta muy efectivo para la destilación del aceite quemado de motor.

Los datos del ASSAY de la destilación TBP se usan para:

- Evaluar la calidad global de un crudo.
- Indicar las dificultades potenciales al refinar o transportar el petróleo crudo y sus productos.
- Proveer datos para planteamiento y diseño de procesos.
- Proveer datos de calidades y rendimientos para los productos primarios de la destilación del crudo. (Ssecoconsulting, sf).

Comparación entre la destilación TBP y la destilación Simulada

Las ventajas de la destilación simulada vs la destilación TBP son: la rapidez del método (tiene un máximo de 70 minutos), poca cantidad de muestra necesaria (μl) y su fácil automatización. La destilación simulada por cromatografía en fase gaseosa es utilizada generalmente para:

- Regulación de destilaciones TBP, evaluando el volumen de cada fracción obtenida.
- Estimación rápida del rendimiento.

Un ejemplo de la correlación entre TBP y destilación simulada se refleja en la figura 5, en la cual consta que un 71% del crudo Kuwait destila antes de los 535°C . (Torres, 2013)

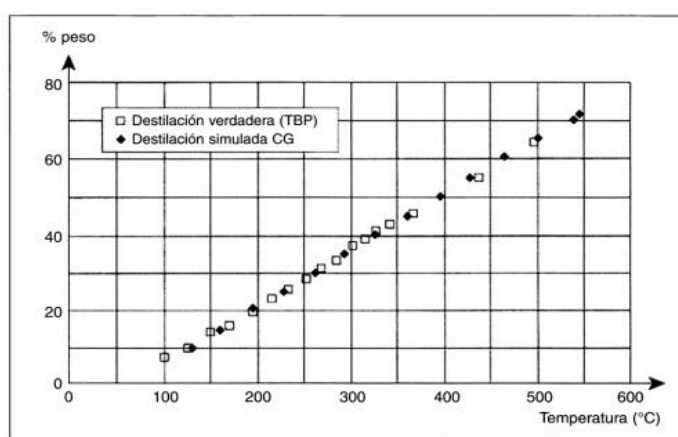


Figura 5. Curva de destilación de un crudo de Kuwait.

Fuente: (Torres, 2013)

4.6 Destilación Simulada

La destilación simulada es la que utiliza cromatografía de gases para caracterizar las fracciones del petróleo y productos, que permiten predecir una distribución de sus rangos de ebullición. Las muestras son analizadas en una columna de cromatografía no polar, que separa los hidrocarburos en función de sus puntos de ebullición. Es una técnica analítica rápida que permite remplazar los métodos convencionales de destilación aplicados a las fracciones de petróleo. (Gonzales, 2008)

La destilación simulada por cromatografía en fase gaseosa, método reproducible para analizar cortes de petróleo: es aplicable a fracciones con punto final inferior a 500 y donde el punto de ebullición (Boiling Range) es superior a 50. Los resultados se presentan en forma de una cara de temperatura en función del % destilado en masa, equivalente a una TBP atmosférica. (Wauquier, 1994)

4.7 Destilación a vacío

El líquido comienza en ebullición cuando al calentarlo, su presión de vapor se iguala a la presión atmosférica. En una destilación en el vacío la presión en el interior del equipo se hace menor a la atmosférica con el objeto de que los componentes de la mezcla a separar destilan a una temperatura inferior a su punto de ebullición normal. Esta destilación se puede realizar en un equipo de destilación sencilla como en una destilación fraccionada, es por eso, que los dos equipos se conectan herméticamente a un sistema de vacío-Trompa de agua o bomba de vacío de membrana o aceite- a través de la salida lateral del tubo colector acodado. La destilación a vacío se utiliza en destilaciones a una temperatura baja, productos muy pocos volátiles o para destilar sustancias que al calentarse se descomponen a temperaturas cercanas a su punto de ebullición normal. La destilación en vacío utilizado en los laboratorios es la evaporación rotatoria. Este tipo de destilación se realiza en equipos compactos comerciales denominados genéricamente rota vapores y se los utiliza para la eliminación rápida del disolvente de una disolución en la que encontramos presente un soluto poco volátil habitualmente a temperaturas cercanas al ambiente, con esto se minimiza el riesgo de descomposición del producto de interés que queda en el matraz de destilación. (Unizar, sf)

4.8 Espectroscopía Infrarroja

La espectrometría infrarroja vibracional fue una de las primeras técnicas espectroscópicas con un amplio uso, este nombre lo recibe por la región del espectro electromagnético implicado. La región IR del espectro electromagnético se encuentra entre un rango de longitud de onda de $12800 - 10\text{cm}^{-1}$. Tanto desde el punto de vista de las aplicaciones como de los aparatos se puede dividir en tres zonas:

- IR cercano (NR): $12800 - 4000\text{ cm}^{-1}$
- IR medio: $4000 - 400\text{ cm}^{-1}$
- IR lejano: $400 - 10\text{ cm}^{-1}$

Siendo en el IR medio donde aparecen la mayoría de las aplicaciones analíticas tradicionales, en la época de los 80 la utilización del NIR ha experimentado un innegable auge. El NIR necesita una mínima cantidad de muestra para la obtención de análisis cuantitativos, sin alteración alguna en la muestra. A menudo se combinan espectros Visibles-Ultravioleta y dispositivos de fibra óptica para análisis remoto con un interés en el proceso.

El IR lejano requiere para su uso, fuentes y material óptico especiales para el análisis de compuestos orgánicos, inorgánicos u organometálicos con una masa superior a 19 con estudios estructurales beneficiosos. En los IR medios se comercializan espectrofotómetros desde 1940, aunque no tardo en el desarrollo del instrumento que incorporan el método de transformada de Fourier (FTIR), con una mejora en la calidad de los espectros y con menor tiempo de obtención de datos. En la actualidad los equipos de espectroscopia infrarroja están equipados con un sistema de análisis utilizando transformadas de Fourier de haz sencillo.

Las ventajas que tiene la espectroscopia IR es su versatilidad, debido a que se puede analizar todo tipo de muestra sin importar el estado de la muestra ya sea sólida, líquida, pasta, polvo, fibra, films, gases. (Serrano, sf).

4.8.1 Usos y aplicaciones

La espectroscopía infrarroja es utilizada en investigaciones científicas por ser una técnica rápida y fiable para medidas, calidad y análisis dinámicos. Los instrumentos en estos días son pequeños y fácil de transportarlos, incluso para trabajos en campo,

su avance tecnológico de filtrado computacional y la manipulación de los resultados, las muestras sólidas pueden ser medidas con gran precisión, algunos equipos detectan con facilidad el tipo de muestra debido a que una gran cantidad de espectros de referencia se encuentran en la librería.

4.9 Espectroscopía Infrarrojo por Transformada de Fourier

La Espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) es una técnica que tiene una mayor rapidez en la obtención de los espectros. En lugar de registrar los datos variando la frecuencia de luz infrarroja o monocromática, se guía la luz IR a través de un interferómetro.

Los espectrofotómetros FTIR tienen un valor económico en comparación de los convencionales, debido a que es más simple construir un interferómetro que un monocromador. La medida de un solo espectro es mucho más rápida en esta técnica, debido que al mismo tiempo se toman la información de todas las frecuencias lo que permite repetir los espectros varias veces de una sola muestra y sacar un promedio, aumentando la sensibilidad del análisis debido a que las ventajas del equipo moderno son significativas. (Espectrometría.com, sf).

Los espectros IR convencionales están compuestos de una fuente de luz infrarroja, componentes ópticos (espejos, lentes, divisores de haz, haz, etc.) elaborados con materiales adecuados no absorbentes en el IR (sales como KBr o NaCl) y con un fotodetector sensible a la luz IR. La fuente de la luz IR, es un filamento que se encuentra al rojo vivo por el paso de la corriente eléctrica.

Los espectrofotómetros infrarrojos más modernos son los FTIR (Infrarrojo por Transformada de Fourier). En la figura 3 se muestra el sistema óptico de un espectrómetro FTIR, cuyo componente esencial es un interferómetro de Michelson que está formado por un divisor de haz y dos espejos, uno fijo y otro móvil. El objetivo de dividir el haz es conseguir la interferencia de 2 rayos de luz infrarroja que recorren distancias distintas. Esta diferencia de distancia se regula con la posición del espejo móvil. Es posible demostrar que FTIR del correspondiente interferograma es el espectro de absorción IR de la muestra.

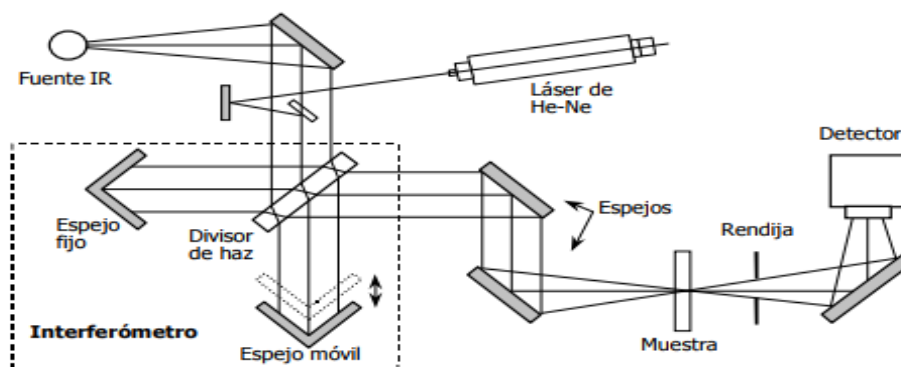


Figura 6. Esquema de la disposición óptica de un espectrofotómetro FTIR.

Fuente: (Upo, sf)

La ventaja en la técnica FTIR frente al IR convencional es la rapidez en la adquisición del espectro debido a que evita variar la longitud de onda en el tiempo para medir espectros individuales. En FTIR se adquiere todos los componentes de frecuencia del espectro, lo que permite acumular un gran número de espectros en poco tiempo, mejorando en la relación señal/ruido. Esto es especialmente importante en las relaciones del espectro infrarrojo, donde la fuente tiene una emisión débil y el detector es poco sensible.

4.9.1 Manejo del espectrofotómetro FTIR

El equipo como parte de la instalación en el proceso de estudio de los aceites recuperados, es el equipo Jasco FT/IRV-6200, controlado por un ordenador en un paquete de información de control (Spectra Manager) que permite seleccionar el tipo de experimento, las condiciones de trabajo como también visualizar y analizar los espectros obtenidos.

Con el programa Spectra Measurement se accede a la ventana de medida de espectros. Antes de comenzar con las medidas de los espectros es necesario realizar un Background que es una medida de referencia con el porta muestras vacío, eliminado la absorción del aire, se puede colocar el porta muestras lleno del disolvente que va a contener el analito.

Las condiciones con la que se realizan los espectros en la muestra como también de la referencia, se selecciona en la ventana Parameters activada con el menú Measure/Parameters. Las condiciones necesarias para realizar los espectros son los que aparecen en la carpeta Estándar, es decir con el número de barrido 20, resolución de 0.5 cm^{-1} eje vertical para la referencia en single. Los parámetros de las otras carpetas de las ventanas serán fijados por el investigador y no serán modificadas. Para no contar con un espectro de referencia sin alterar los parámetros fijados, se selecciona el menú Measure/ Backgroup. Hecha la medida de referencia se puede realizar los espectros en el menú Measure / Sample.

4.10 Análisis de espectros

El programa Spectra Analysis se utiliza para el análisis de los espectros recogidos, el programa se utiliza para hacer zoom de las distintas regiones de cada espectro, así como para imprimir y exportar los ficheros de datos. Los espectros de Spectra Measurement son pasados automáticamente al Spectra analysis, el programa tiene una herramienta de búsqueda de picos (Peak Find), que analizan con una intensidad mayor que un nivel proporcionado por el usuario (noise level), herramienta para establecer de forma precisa las frecuencias a las que aparecen los picos de absorción.

4.11 Calibrado del Espectrofotómetro: espectro del poliestireno

Antes de realizar una medición cuantitativa de bandas en los espectros es importante proceder a un calibrado de frecuencia del espectrofotómetro, que se realiza por medio de la medida del espectro de una película de poliestireno de espesor conocido. Para tal propósito se debe proceder como se describe a continuación:

- 1) En el soporte de la muestra colocar la película de poliestireno y registrarlo a la máxima resolución posible.
- 2) Identificar las bandas principales del espectro obtenido con las frecuencias numeradas.
- 3) Una vez obtenido el espectro del poliestireno, se procede a comparar con la información incluida en el apéndice. Por ejemplo: las bandas del espectro asociadas con los modos vibraciones de estiramiento de los enlaces C-H y C-C del anillo bencénico. (Upo, sf)

Banda	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$\tilde{\nu}$ (cm ⁻¹)	699	907	1029	1155	1181	1494	1601	1801	1943	2850	3027

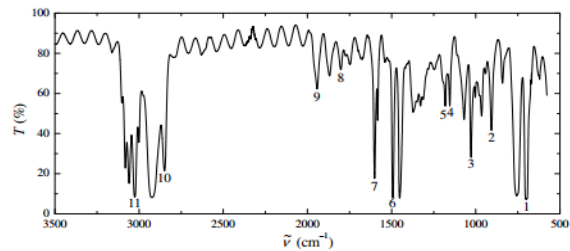
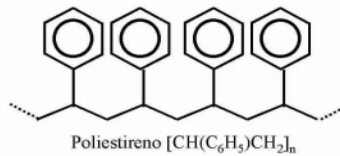


Figura 7. Arriba: estructura del poliestireno (en realidad en los sólidos los anillos bencénicos están orientados aleatoriamente). Abajo: Espectros FTIR de una película de poliestireno. Con esto queda calibrado el equipo.

Fuente: (Upo, sf)

4.12 Absorción Atómica

La absorción atómica es capaz de detectar y determinar los elementos del Sistema Periódico, por lo que tiene un amplio campo de aplicación, Los que se puede usar en la determinación de metales pesados como son antimonio, cadmio, calcio, cesio, cromo, cobalto, oro, plomo, níquel, entre otros, análisis que pueden ser empleados en aguas, suelo, bioquímica, toxicología, medicina, industria farmacéutica, industria alimenticia, industria petroquímica, etc.

El método trata de medir especies atómicas por su absorción a una longitud de onda particular que se logra por atomización de la muestra, procesos utilizados para llegar al estado fundamental del átomo, diferenciando las técnicas y accesorios utilizados.

La técnica de atomización que más se utiliza es la absorción atómica con llama, que nebuliza y disemina a la muestra en forma de aerosol dentro de la llama producida por la combustión del aire acetileno u óxido nitroso. (Morrall, 2003) citado por (Catarina, sf)

En la obtención de espectros atómicos y espectros de masa atómica, los componentes de las muestras se deben transformar en átomos o iones gaseosos que se puedan determinar por mediciones espectrales de emisión, absorción, fluorescencia o masa. La precisión y exactitud de este método depende del proceso de atomización y del método para introducir la muestra en la región de la atomización.

La introducción de la muestra se denomina el talón de Aquiles de la espectrometría atómica por que limita la exactitud, precisión y los límites de detección de las mediciones espectrométricas atómicas, cuyo objetivo principal es transferir una porción representativa y reproducible de una muestra al atomizador. (Fquim, sf)

La EAA (Espectrometría de Absorción Atómica) se utiliza con o sin llama para generar átomos libres de metal en el haz de las radiaciones. El atomizador con llama está compuesto de un quemador y un nebulizador lo que se pretende con la muestra es convertirla en aerosol para llevarla a la llama para dar energía suficiente para evaporar el solvente y también descomponer los compuestos químicos obtenidos en átomos libres en su estado fundamental. Los gases que se utilizan para la producción de la llama son: aire/propano, aire /acetileno, y óxido nitroso/acetileno. Esto dependerá de la temperatura que se requiere para la disolución de los compuestos y las características químicas del elemento en el atomizador sin llama-atomizador electrotérmica con horno de grafito, el vapor se produce en el tubo de grafito con una calefacción eléctrica, donde está la muestra.

Los atomizadores tienen puntos focales, como, por ejemplo: alta productividad en la generación de vapor atómica, que permite la utilización de pequeños volúmenes de muestras y la investigación directa de muestras sólidas. (Razmilic, sf)

4.12.1 Componentes de un espectrofotómetro de absorción atómica

1. Fuente de radiación que emita una línea específica para efectuar una transición en los átomos del elemento a analizar.
2. Un nebulizador que forme pequeñas gotas para la atomización por medio de la aspiración de una muestra líquida.
3. Un quemador para alcanzar una temperatura, que permita la formación de átomos a partir de los componentes que se encuentran en la solución.

4. Sistema óptico que separa la radiación de longitud de onda de interés de todas las radiaciones que entran en el sistema.
5. Detector o transductor que transforma en proporción las señales de intensidad de radiación electromagnética, en señal eléctrica o de intensidad de corriente.
6. Amplificador o sistema eléctrico que amplifica la señal eléctrica para que luego pueda ser procesado con circuitos y sistemas electrónicos comunes.
7. Se requiere de un sistema de lectura donde la señal de intensidad de la corriente, pueda ser interpretado por el operario (ejemplo: transmitancia absorbancia). Este sistema puede ser en escala de dígitos o agujas, una serie de datos que pueden ser procesados por una computadora.

La EAA la llama es la técnica más utilizada, hoy en día está siendo remplazada por EEP (Espectroscopia de Emisión por Plasma) para la determinación de elementos metálicos y metaloides, unas de las ventajas de esta técnica es el costo debido a que es relativamente bajo , lo que permite aplicarlo a una serie de muestras. (Fcq. Uach, sf)

Los dos métodos más utilizados para realizar una atomización en las muestras es la de llama (empleada en la absorción atómica con llama, FAAS). el equipo proporciona una técnica de espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito, también denominada atomización electrotérmica, técnica que permite bajar los límites de detección a partes por billón (ppb), de una manera simple sin pérdida de tiempo que llevan las técnicas de extracción previa.(Mañay, Clavijo & Diaz, sf)

4.12.2 Atomizador por llama

La técnica por llama es de gran importancia y la primera empleada en absorción atómica.

Sistema de muestreo

La introducción de la muestra líquida se procede de los siguientes pasos:

- 1) **Capilar:** permite la absorción de la muestra líquida para el análisis en la absorción atómica; la muestra no debe tener partículas pequeñas, debido a que obstruye el paso de la muestra y la obtención de datos erróneos.
- 2) **Nebulizador:** la muestra es transformada en una niebla de gotas pequeñas, el tamaño de las gotas debe ser muy pequeño para que se mezclen con el oxidante y el combustible para alcanzar la llama. La llama es absorbida por el efecto Venturi, por el gas que circula a alta velocidad alrededor del capilar, la mayoría de las veces el gas circundante es el oxidante.

El tamaño de la gota es muy importante ya que disminuye el tiempo de vaporización y evita la formación de residuos sólidos por la evaporación del solvente, lo que origina el efecto y la distorsión de la luz cuando inicia la radiación de la lámpara, a menor tamaño de las gotas más entra la muestra a la llama, lo sobrante de la muestra se drena fuera del equipo.

- 3) **Cámara de pre mezcla:** dispositivo que ayuda a la mezcla del oxidante y el combustible, aumentando la dispersión por el choque con una esfera de impacto o un spoiler, obteniendo una niebla fina que va hacia la cabeza del mechero, donde ocurre la atomización.

La mayoría de las cámaras de premezclado están elaboradas de polipropileno que es inerte y resistente a los disolventes orgánicos.

- 4) **Modificados de aerosol:** conocida también como cámara de rocío, que saca gotitas más grandes de la corriente para que solo pasen las de menor tamaño. La niebla fina, se combina con la mezcla oxidante /combustible y es transportada hacia el quemador. Las gotas grandes son atrapadas en la cámara de rocío y se van por el desagüe
- 5) **Quemador:** se coloca en la premezcladora, donde se forma la llama, construida con titanio y proporcionando un camino óptico de 10cm, si se utiliza la mezcla óxido nitroso /acetileno, como oxidante y combustible respectivamente, es necesario utilizar mecheros con la ranura más estrecha y un camino óptico de 5cm, prevenir que la llama retroceda y evitar que se produzca una explosión el interior del equipo.

6) **La llama o el atomizador:** convierte el analito en átomos libres. La llama aporta energía para que se produzca la atomización. El oxidante y combustible más utilizados son el aire y acetileno, si es necesario la llama de mayor temperatura para analizar silicio, aluminio o titanio se sustituye el aire por óxido nitroso.

En un atomizador de llama, la disolución de la muestra se nebuliza mediante un flujo de gas oxidante mezclado con el gas combustible, en la espectroscopía de llama es preciso controlar los oxidantes y combustibles por medio de reguladores de presión de doble diafragma seguidos de válvulas de aguja localizadas en el instrumento.

Al generar la llama es de vital importancia la velocidad de combustión y el caudal combustible/oxidante empleado, tal sea el caso si es demasiado bajo la llama se propagaría hacia dentro provocando un gran fuego al interior de la cámara de premezcla (por esta razón existe dispositivos de seguridad para prevenir esta posible incidencia) y por el contrario, si el caudal fuera demasiado alto, la llama subirá hasta separarse del quemador.



Figura 8. Cabeza del atomizador.
Fuente: El Autor

4.12.2.1 Características de la llama

La principal incertidumbre en las técnicas de espectroscopía de llama es la característica de la llama. Para los cuales existen varios tipos.

Tabla 1. *Tipos de llama para la espectroscopía atómica*

COMBUSTIBLE	OXIDANTE	TEMPERATURA
-------------	----------	-------------

Gas Natural	Aire	1700-1900
Gas Natural	Oxígeno	2740
Metano	Aire	1875
Hidrógeno	Aire	2000-2050
Hidrógeno	Oxígeno	2550-2700
Acetileno	Óxido nitroso	2600-2800
Acetileno	Oxígeno	3060-3135
Acetileno	Aire	2125-2400
Cianógeno	Oxígeno	4500

Fuente: (Jiménez, 2011)

Las temperaturas producidas por el quemador en el aire -gas natural son tan bajas que solo los metales alcalinos o alcalinotérreos, con una energía de excitación muy baja producen espectros útiles. Es importante tomar en cuenta la velocidad de combustión por que la llama es estable en ciertos intervalos de caudal. (Jiménez, 2011)

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Ubicación del experimento

Las muestras que se emplearon para el estudio fueron recolectadas de las lubricadoras ubicadas en el Cantón Antonio Ante de la Ciudad Atuntaqui. Una vez obtenidas las muestras fueron trasportadas al laboratorio de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra (PUCE-SI), donde se realizaron los respectivos análisis para la purificación y la recuperación del lubricante.

5.2 Materiales, Reactivos, Equipos e insumos

Materiales

- Vaso de precipitación de 1000ml
- Kitasato 1000 ml
- Embudo Buchner
- Guantes quirúrgicos

- Baldes de plásticos de 8000 ml
- Olla de 4000 ml
- Tela para filtrar
- Galones de plástico de 4000 ml
- Guaípe (desperdicio del tejido de la tela)
- Botellas de plástico de 1000 ml

Equipo

- Extractor de gases
- Balanza analítica (ADAM)
- Espectrofotómetro infrarrojo (JASCO FT/IR-6200 Fourier Transform Infrared Spectrometry)(Serie:AO17061O022)
- Absorción Atómica (Modelo SensAA GBC Scientific Equipment Dual)(Serie:12367)
- PILODIS PETRODIST 200S ASTM D-5236 SEMI AUTOMATIC OPERATION)
- SIMDIS HT750 ASTM 7169(Equipo de Destilación Simulada ANALYTICAL CONTROLS aC)

Reactivos

- (n-Hexano) (p.a.)
- Sulfuro de sodio Na_2S (p.a.)
- Hidróxido de sodio NaOH (Pellets for Analysis)
- Ethylene Glycol Monobutyl Ether(p.a.)
- Hielo seco

Insumos

- Aceite lubricante de motor usado
- Diésel

5.3 MÉTODOS

5.3.1 Obtención del aceite lubricante de motor usado

Las muestras se tomaron directamente de la lubricadora de aceites en galones de 4 litros. Luego se trasladaron los laboratorios de la PUCE-SI, para posteriormente realizar el tratamiento de las muestras.



Figura 9. Recolección del aceite quemado de motor.

Fuente: El Autor

5.3.2 Tratamiento de las muestras

El tratamiento se realizó de acuerdo a lo planteado en la tesis “Producción de bases minerales con tecnología SENER a partir del aceite usado de motor a gasolina, a escala de laboratorio, en el cantón Antonio Ante, ciudad Atuntaqui”. (Chiran, 2017)

1. Se procedió a emplear 8 litros (8000ml) del aceite quemado de motor.
2. Se añadió a los 8L del aceite un litro de n-hexano.
3. Se trató con sulfuro de sodio (Na_2S) e hidróxido de sodio (NaOH) diluido en 250 ml de agua destilada.
4. La disolución con los componentes antes mencionados se mezcló manualmente.
5. Filtrada la muestra se trasvasó a los recipientes que permitirían llevar la muestra a la ciudad de Quito para realizar la destilación.



Figura 10. Filtrado y envasado del aceite.

Fuente: El Autor

5.3.2.1 Destilación

5.3.2.1.1. Destilación Simulada

El proceso de destilación simulada se la realizó en la Universidad Central del Ecuador en la Facultad de Ingeniería Química. Para proceder con la destilación fue necesario el equipo SIMDIS HT750 ASTM 7169(Equipo de Destilación Simulada ANALYTICAL CONTROLS aC), con la utilización de 0.2g de muestra y de 0.5g de solvente nos facilitó el comportamiento que obtendría nuestra muestra antes de proceder con la destilación fraccionada en el vacío.

5.3.2.1.2. Destilación fraccionada en el vacío

La destilación se realizó en la Universidad Central del Ecuador en la Facultad de Ingeniería Química. Para este proceso se utilizó el equipo de destilación en el vacío, (figura 11) PILODIS PETRODIST 200S ASTM D-5236 SEMI AUTOMATIC OPERATION “el equipo generalmente es utilizado para la destilación de mezclas de hidrocarburos pesados, método conocido como Pot still al vacío, los cortes se tomaron según el punto de ebullición, constan con 9 receptores que se cambian automáticamente cuando están llenos y su volumen es según su él tamaños del matraz y el calentamiento del mismo se produce de forma isotérmica o por la diferencia de la temperatura del baño calefactor y el matraz”. (Pilodist Laboratory & Process Technology, sf).

Para la destilación fraccionada en el vacío fue necesario contar con un refrigerante: Ethylene Glycol Monobutyl Ether, hielo seco y trapos, debido a que ayudan a reducir los fuertes olores que se produce en este proceso.



Figura 11. Equipo de destilación.

Fuente: El Autor

5.3.2.2 Espectrofotometría Infrarroja

La técnica de utilización de este instrumento de espectroscopía infrarroja es muy sencilla ya que nos permite tener espectros de muestra sólidos, líquidos como también de gases, utilizando respectivamente las celdas o soportes adecuados para cada una de estas muestras que se va analizar.

En comparación con otras técnicas instrumentales, las muestras que se va a analizar requieren poca o ninguna preparación debido a las celdas que el instrumento nos brinda.

El equipo Jasco FT/IRV-6200, consta de un ordenador con varios paquetes de control (Spectra Manager), mediante este ordenador nos permite elegir el tipo de ensayo, condiciones de trabajo como también investigar los espectros obtenidos.

Para iniciar con la lectura de las muestras es necesario abrir el programa de Spectra Measurement, llegando a la ventana, posteriormente es importante adquirir una medición de referencia en este caso es el aire haciendo clic en el icono (Background), posteriormente se elimina el espectro realizado del aire para luego realizar el calibrado de frecuencia del espectro. Esta calibración se realiza mediante el espectro de una película de poliestireno, implemento adquirido en el mismo instrumento, se coloca en el soporte mandando a correr el poliestireno y comparando los picos de la lectura obtenida en el computador con los picos que poseen la envoltura de la película de poliestireno.

Una vez realizada la calibración se procede con la lectura de la celda para líquidos haciendo clic en el icono (Sample), sin ninguna muestra, luego se elimina el espectro y se procede con las lecturas de cada una de las muestras. Es importante guardar los espectros realizados debido a que nos permite un análisis de ello, para esto nos dirigimos al programa Spectra Measurement haciendo clic en Spectra Analysis, en esta ventana permite cargar los espectros realizados, colocar la enumeración de cada pico de las lecturas, hacer una comparación entre espectro y espectro y si se cuenta con la licencia se puede identificar cada uno de los picos obtenidos.

5.3.2.3 Espectrometría de absorción atómica

La espectrometría de absorción atómica es una técnica para determinar la concentración de metales pesados presentes en una muestra, este de última generación es compacta, versátil y programable para los parámetros críticos a fin de tener resultados precisos y exactos. Tiene un diseño modular con un computador incorporado y pantalla LCD, consta también con un software basado en el entorno Windows. (Arellano Limitada, 2014)

Para el manejo del equipo es necesario verificar que los gases a utilizar poseen la presión necesaria caso contrario no se procede con las lecturas de las muestras, también es importante seguir algunos pasos para la utilización del equipo como son:

Llama

- Encender el equipo y verificar que las piezas para llama estén conectados correctamente.
- Encender los gases que se van a utilizar en la lectura de las muestras, el Gas Acetileno (Inerte) y el Aire (Auxiliar).
- Ejecutar el programa GBS SavantAA versión 3.02 software de control.
- Verificar que la lámpara correspondiente al elemento que se quiere medir este acoplado con el equipo.
- Limpiar las piezas de llama, debido a que se puede arrojar resultados erróneos.
- Encender la llama y proceder a la calibración de los estándares del elemento a ser analizado.
- Concluido con la calibración se procede a la lectura de las muestras.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se presentarán los resultados de los diferentes tratamientos y análisis Físicos- Químicos.

Para confirmar que el tratamiento tuvo éxito, se realizaron lecturas espectrofotométricas infrarrojas y de absorción atómica, comparando con las diferentes fracciones que se obtuvo mediante destilación fraccionada en el vacío.

6.1 Destilación Simulada

En la figura 12 se observa los datos obtenidos por medio de la destilación simulada, datos que ayudaron a saber el comportamiento de nuestra muestra antes de realizar la destilación fraccionada.

SIMDIS HT750 ASTM D 7169		1
Sample name	: ACEITE 2017-06-27	
Acquired on	: 6/26/2017 3:15:41 PM	Vial : 101
Processed on	: 6/26/2017 4:25:17 PM	Injection : 1
Sample type	: Resid	Sample (g) : 0.22830
Method name	: ASTM D7169A-7890	Solvent (g) : 5.04020
Operator	: FIQ	ISID (g) : 0.00000
Sequence name	: C:\Chem32\2\DATA\ACEITE 2017-06-27\ACEITE 2017-06-27 2017-06-26 15-10	
Data File	: ACEITE 2017-06-27\ACEITE 2017-06-27 2017-06-26 15-10-27\101F0101.D\	

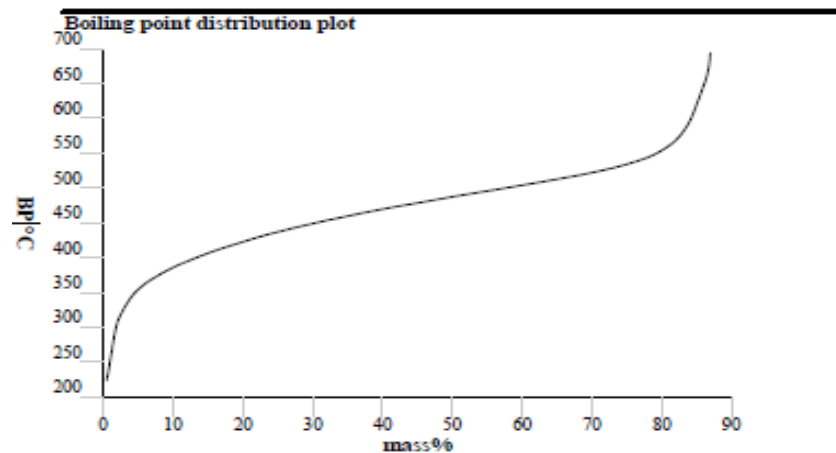


Figura 12. Resultado de la destilación simulada del aceite usado de motor.

Fuente: El Autor

Tabla 2. Resultados de la destilación simulada

Masa Recuperada	BP (°C)	Masa recuperada	BP (°C)	Masa recuperada	BP (°C)	Masa recuperada	BP (°C)
IBP	223,32	25,0	436,78	50,0	487,18	75,0	533,74
5,0	354,09	30,0	448,82	55,0	495,53	80,0	553,48
10,0	385,51	35,0	459,53	60,0	503,88	85,0	618,76
15,0	406,29	40,0	469,42	65,0	512,43	87,0	701,38
20,0	422,75	45,0	478,41	70,0	522,02		

Fuente: El Autor

Para la destilación se usaron 0,2283g de muestra y 5,0402g de solvente. El resultado se representa en la Fig. 12 que es la gráfica de las temperaturas de ebullición y los porcentajes de muestra recuperada. La primera fracción se obtiene a 223,32 °C y la última a 701,28 °C. Se recuperó el 87% de la muestra de aceite de motor empleada.

Sample name : ACEITE 2017-06-27
Acquired on : 6/26/2017 3:15:41 PM Vial : 101
Processed on : 6/26/2017 4:25:17 PM Injection : 1
Data File : ACEITE 2017-06-27\ACEITE 2017-06-27 2017-06-26 15-10-27\101F0101.D\

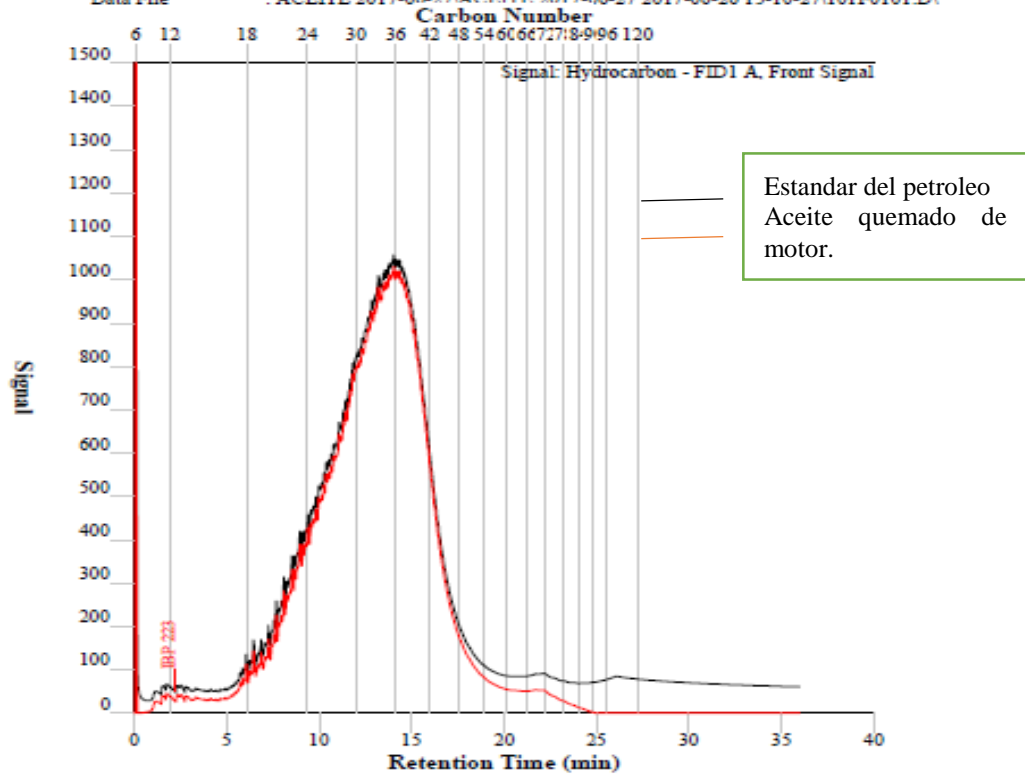


Figura 13. Referencia de la curva de distribución del aceite y punto de ebullición para una ASTM D7169.

Fuente: El Autor

La figura 13 muestra la curva obtenida de aceite quemado de motor utilizando el método de ASTM D7169 junto con curva de distribución de puntos de ebullición asociada del modelo teórico.

Al realizar el análisis utilizando un blanco de muestra y un aceite de referencia estándar en varias rampas de calentamiento del horno, se observó el efecto en la curva de distribución del punto de ebullición para este método.



Figura 14. Equipo de destilación simulada ANALYTICAL CONTROLS aC.

Fuente: El Autor

6.2 Destilación Fracciones (PILODIS PETRODIST 200S ASTM D-5236 SEMI AUTOMATIC OPERATION)

En la Tabla 2 se muestra el número de fracciones que se obtienen en la destilación fraccionada con su respectiva temperatura de cabeza, temperatura corregida al vacío que es la temperatura de ebullición de la muestra que destila y el volumen que se obtuvo en cada una de las fracciones.

Tabla 3. Resultados de la Destilación Fraccionada en el vacío

# de Fracciones	T° de Cabeza(°C)	T° Corregida (°C)	Vacío (Torr)	Volumen (ml)	
1 ^{era}	44,3	178,3	4	59	
2 ^{da}	102,9	253,7	4	167	
3 ^{ra}	164,7	329,1	4	333	
4 ^{ta}	209,5	384,3	3,98	730	
5 ^{ta}	227,5	405,8	3,99	679	
6 ^{ta}	241,3	422,2	4	1026	
7 ^{ma}	262,8	447,1	3,98	995	
8 ^{va}	283,6	471,4	3,99	1000	
9 ^{na}	303,6	494,3	4	1000	
10 ^{ma}	321,5	514,6	3,99	500	
	333,7	523,9	4,65	6489	TOTAL

Fuente: El Autor

En esta destilación fraccionada (figura 15) se obtuvo un porcentaje del 81,11% equivalente a 6489 ml de aceite recuperado de 8000 ml de aceite quemado de motor sometido al proceso de destilación fraccionada al vacío, con diez fracciones (figura

16) envasadas en diferentes recipientes por sus características y a la temperatura de destilación que cada una de ellas posee.



Figura 16. Resultado final de la destilación fraccionada.

Fuente: El Autor

Fuente: El Autor

En la Tabla 4 se indican las fracciones que se seleccionan para la realización de los análisis de los aceites recuperados, según su punto de ebullición, de acuerdo con la clasificación que se emplea en la destilación fraccionada del crudo del petróleo, obteniéndose como resultado 5 muestras a ser analizadas. La muestra 1 es la unión de las fracciones 1 y 2, muestra 2 (fracción 3), muestra 3 (fracciones 4+5+6), muestra 4 (fracciones 7+8+9), muestra 5 (fracción 10).

Tabla 4. Agrupación de las fracciones según su temperatura de destilación

# Muestras	# Unión Fracciones	Tipos De Recobrado
Muestra 1	Fracciones (1+2)	Turbo Combustible
Muestra 2	Fracción (3)	Diésel o Gasóleo
Muestra 3	Fracciones (4+5+6)	Gasóleos de Vacío
Muestra 4	Fracciones (7+8+9)	Gasóleos Pesados de Vacío
Muestra 5	Fracción (10)	Gasóleos pesados para asfaltado

Fuente: El Autor

Los resultados del método de la destilación simulada acoplado a cromatografía gaseosa como detector final, con la utilización de una mínima cantidad de muestras, es muy semejante a la destilación fraccionada en el vacío con una cantidad más grande de muestras. (Ramada, 2010) afirma que los puntos de ebullición de la destilación simulada, utilizando el método de la norma ASTM D 5307-07 son similares a los verdaderos puntos de ebullición ASTM D-05, método que puede ser implementado en un laboratorio, para determinar las diferentes fracciones que cada muestra nos puede proporcionar.

6.3 Análisis comparativo de los lubricantes empleando metodología FTIR (Fourier Transformed Infrared Spectrometry)

Para el análisis de los aceites recuperados fue necesaria la realización de lecturas de infrarrojo, debido a que facilita la información específica de las características de los lubricantes y sobre todo los componentes que estos aceites poseen luego de su proceso de recuperación.

En las lecturas se tuvo en cuenta la limpieza de los porta muestras debido a que puede ocurrir un resultado erróneo por una anterior utilización, con la aparición de picos no pertenecientes a las muestras a analizar o huellas dactilares que se adhirieron al porta muestras.

Los espectros obtenidos, se corresponden con las 5 muestras preparadas con antelación: la unión de las fracciones obtenidas en la destilación en el vacío según sus puntos de ebullición. Las 5 muestras se procedieron a comparar con un patrón original de diésel para ver la similitud que tienen luego de su recuperación. En las lecturas se utilizó una longitud de onda de 600 a 3500 cm^{-1} para evitar la aparición de huellas dactilares como también un %T para facilitar con la comparación y tener en cuenta la similitud en los picos que poseen estos recobrados con la muestra a comparar

A continuación, se presentan la unión de IR del diésel y de las 5 muestras obtenidas, como también los espectros de cada uno de ellos con sus respectivas compuestos que estos presentan.

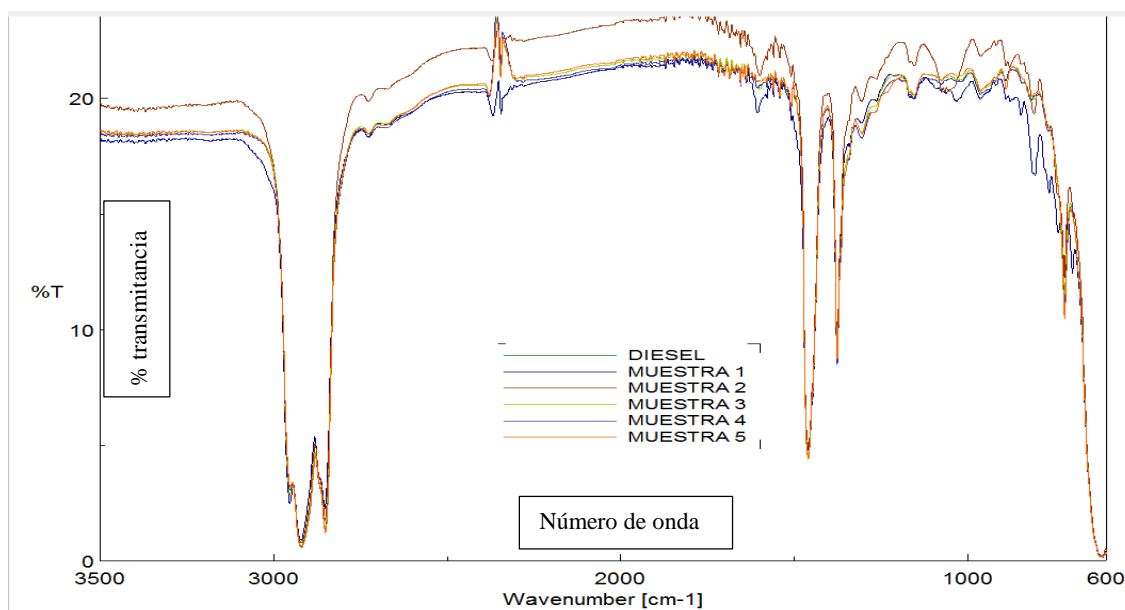


Figura 17. Comparación de los espectros del diésel vs las muestras.

Fuente: El Autor

En la figura 17 se puede observar la similitud entre las muestras y el diésel en el rango de longitud de onda 3500 cm^{-1} hasta 1825 cm^{-1} y desde $1490 - 1255\text{ cm}^{-1}$, luego se observan variaciones en el rango de longitud de onda desde $1625 - 1490\text{ cm}^{-1}$ y desde $1255 - 730\text{ cm}^{-1}$ esto es debido al desgaste y transformación de los aditivos que tiene lugar durante el uso del aceite. En la longitud de onda perteneciente al rango $730 - 600\text{ cm}^{-1}$ se presenta una gran similitud entre estos espectros.

Diésel		Muestra 1		Muestra 2		Muestra 3		Muestra 4		Muestra 5	
Rango espectral (cm ⁻¹)	Compuesto	Rango espectral (cm ⁻¹)	Compuesto	Rango espectral (cm ⁻¹)	Compuesto	Rango espectral (cm ⁻¹)	Compuesto	Rango espectral (cm ⁻¹)	Compuesto	Rango espectral (cm ⁻¹)	Compuesto
2953,45	Etano	2955,38	Etano	2953,45	Etano	2953,45	Etano	2953,45	Etano	2953,45	Etano
2921,63	Butano	2922,59	Butano, Propino	2921,63	Butano	2920,66	Butano	2920,66	Butano	2920	Butano
2853,17	Ciclohexano	2854,13	Butano, Ciclohexano	2853,17	Butano, Ciclohexano	2852,2	Butano, Ciclohexano	2853,2	Butano, Ciclohexano	2853,2	Butano, Ciclohexano
1457,92	Ciclohexano, Isobutano	1457,92	Ciclohexano, Isobutano	1457,92	Ciclohexano, Isobutano	1457,92	Ciclohexano, Isobutano	1457,92	Ciclohexano, Isobutano	1457,92	Ciclohexano, Isobutano
1376,93	Propano	1376,93	Propano, Butano	1376,93	Propano	1376,93	Propano	1376,93	Propano	1376,93	Propano
1156,12	Ciclohexano, Propano	1267	Ciclohexano	1155,15	Ciclohexano	1154,19	Ciclohexano, Metano, Diclorometano	1154,19	Metano, Ciclohexano, Diclorometano	1154,19	Metano, Ciclohexano, Diclorometano
1031,73	Eteno	723,175	2-Butino	809,956	Etano, 1-Propino	808,992	Etano, 1-Propino	721,247	2-Butino	964,233	Butano, Bromoetano
965,198	Butano, Bromoetano	698,105	Eteno	722,211	2-Butino	722,211	2-Butino	722,211	2-Butino	721,247	2-Butino
806,099	Etano			697,141	Eteno						
766,566	Eteno										
722,211	2-Butino										
698,105	Eteno										

Tabla 5: *Similitud del diésel con las muestras recuperadas*

Fuente: El Autor

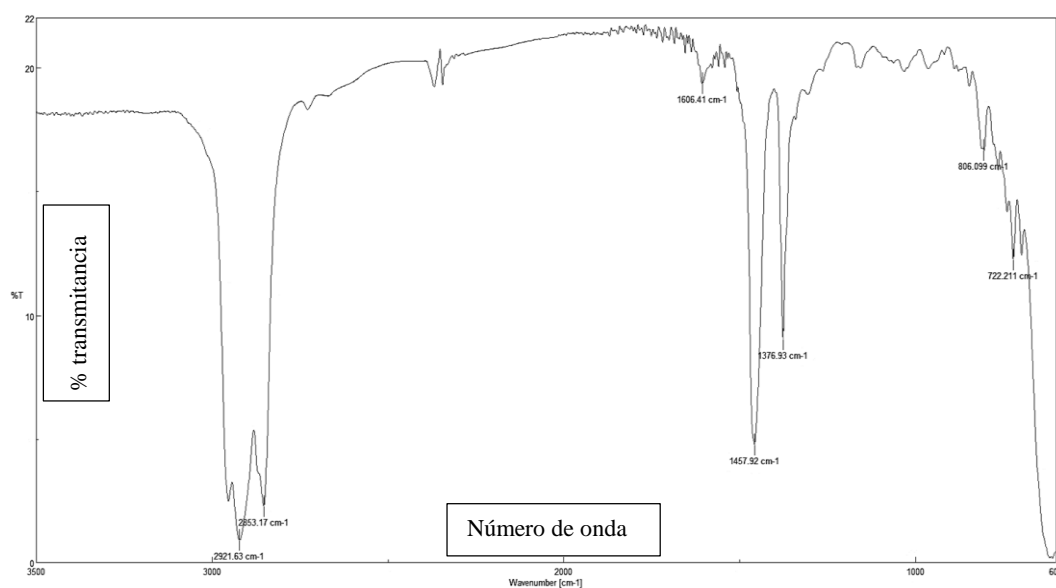


Figura 18. Espectros IR Diésel

Fuente: El Autor

Tabla 6: *Compuestos del Diésel*

Rango espectral (cm ⁻¹)	Nombre de compuestos	Tipo de hidrocarburo
2953,45	Etano	Alcano
2921,63	Butano	Alcano
2853,17	Ciclohexano o Butano	Alcano
1457,92	Ciclohexano, Isobutano	Alcano
1376,93	Propano	Alcano
1156,12	Ciclohexano , Propano	Alcano
1031,73	Eteno	Alqueno
965,198	Butano ,Bromoetano	Alcano
806,099	Etano	Alcano
766,566	Eteno	Alcano
722,211	2-Butino	Alquino
698,105	Eteno	Alqueno

Fuente: El Autor

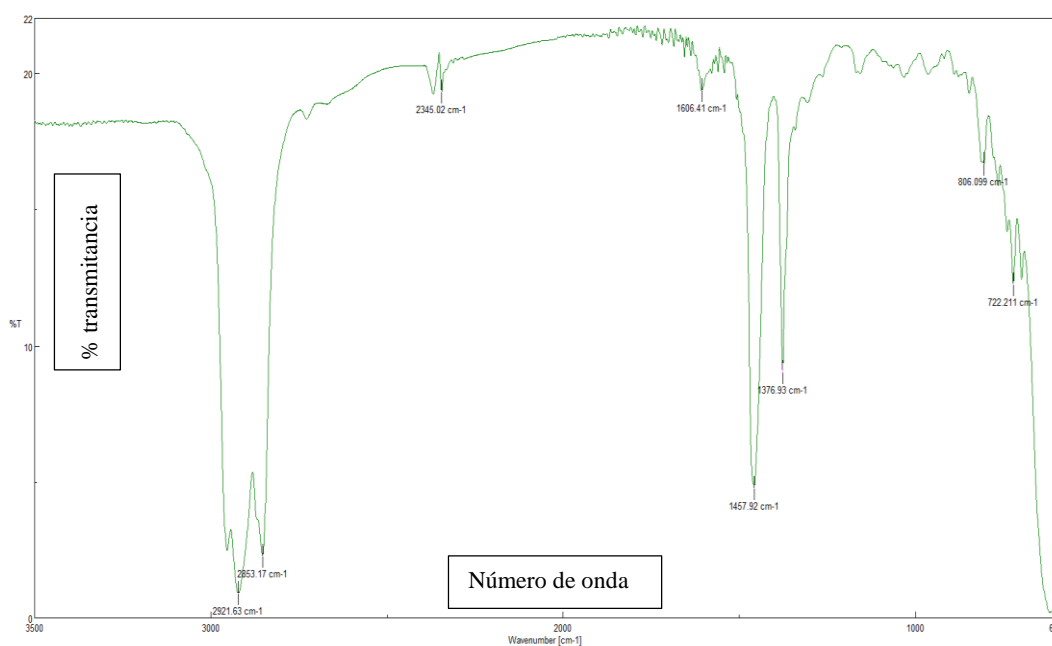


Figura 19. Espectros IR Muestra 1(Turbo Combustible)

Fuente: El Autor

Tabla 7. Compuestos de la Muestra 1 (Turbo Combustible)

MUESTRA 1		
Rango espectral (cm⁻¹)	Nombre de compuestos	Tipo de hidrocarburo
2955,38	Etano	Alcano
2922,59	Butano, Propino	Alcano
2854,13	Butano, Ciclohexano	Alcano
1457,92	Ciclohexano, Isobuteno	Alcano, Alqueno
1376,93	Propano, Butano	Alcano
1267	Ciclohexano	Alcano
1156,12	Ciclohexano, Propano	Alcano
1037,52	Benzeno	Alqueno
958,448	1-Propino	Alquino
866,846	1-Propino, Ciclopropano	Alcano, Alquino
847,561	Metano	Alcano
808,992	Etano, 1-Propino	Alcano, Alquino
781,993	Metano	Alcano
769,458	Bromoetano, 1,3Butadieno	Alcano, Alqueno
739,567	Ciclopropano	Alcano
723,175	2-Butino	Alquino
698,105	Eteno	Alqueno

Fuente El Autor

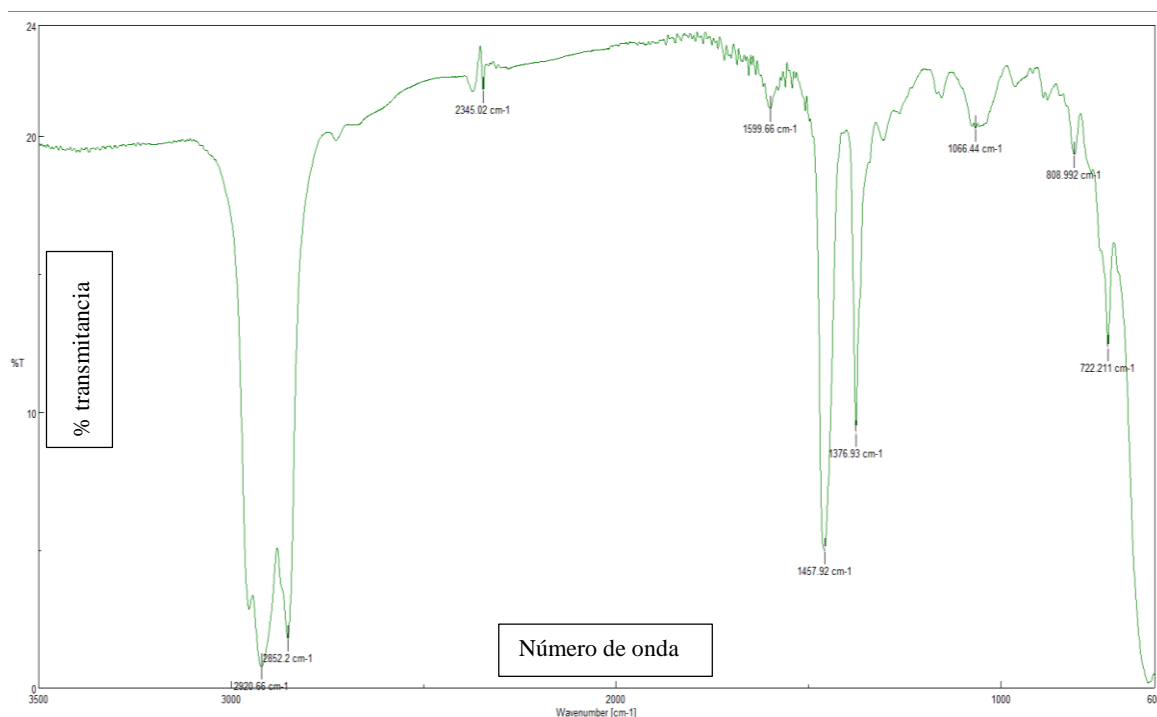


Figura 20. Espectros IR Muestra 2(Diésel o Gasóleo)

Fuente: El Autor

Tabla 8. Compuestos de la Muestra 2 (Diésel o Gasóleo)

MUESTRA 2		
Rango espectral (cm⁻¹)	Nombre de compuestos	Tipo de hidrocarburo
2953,45	Etano	Alcano
2921,63	Butano	Alcano
2853,17	Butano, Ciclohexano	Alcano
1457,92	Ciclohexano, Isobuteno	Alcano o Alqueno
1376,93	Propano	Alcano
1250,61	Etano	Alcano
1155,15	Ciclohexano	Alcano
1065,48	Isobuteno	Alqueno
878,417	Etileno Oxido, Etano	Alcano
809,956	Etano,1-Propine	Alcano o Alquino
770,423	1,3Butadieno,Bromoetano	Alqueno o Alcano
740,531	Ciclopropano	Alcano
722,211	2-Butino	Alquino
697,141	Eteno	Alqueno

Fuente: El Autor

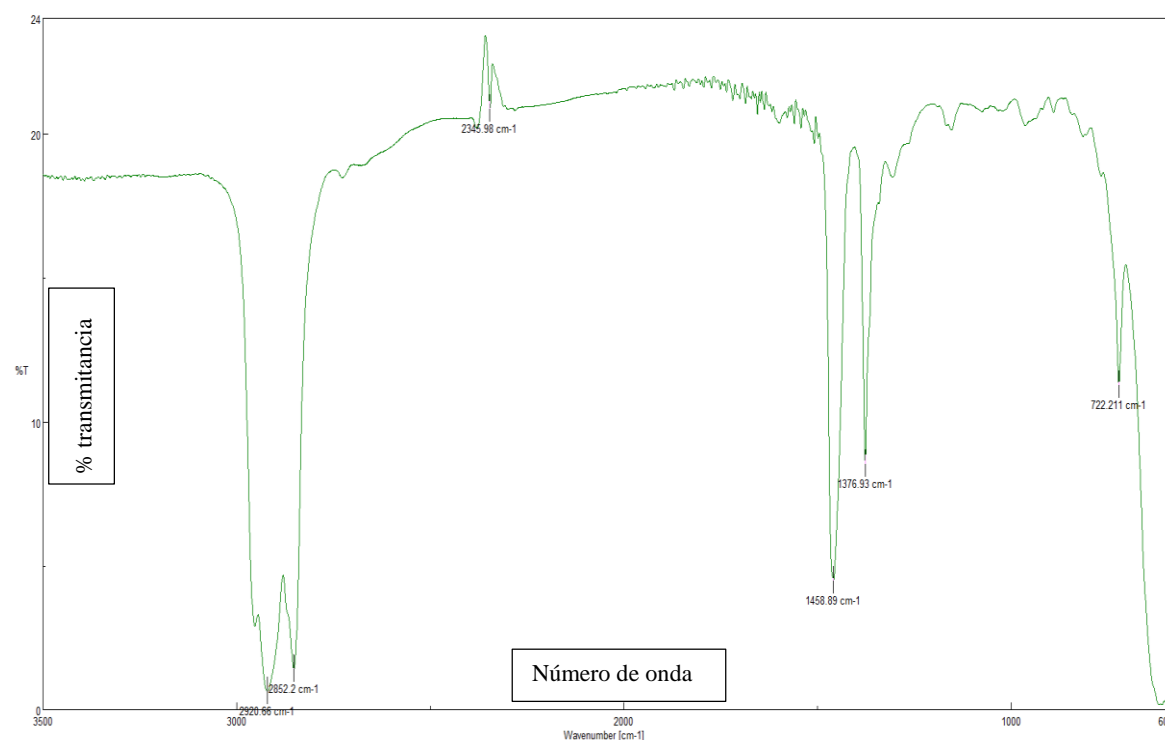


Figura 21. Espectros IR MUESTRA 3(Gasóleos de Vacío)

Fuente: El Autor

Tabla 9. Compuestos de la Muestra 3(Gasóleos de Vacío)

MUESTRA 3		
Rango espectral (cm ⁻¹)	Nombre de compuestos	Tipo de hidrocarburo
2953,45	Etano	Alcano
2920,66	Butano	Alcano
2852,2	Butano, Ciclohexano	Alcano
1599,66	Benzeno, Butadieno	Alqueno
1457,92	Ciclohexano, Isobuteno	Alcano o Alqueno
1376,93	Propano	Alcano
1154,19	Ciclohexano, Metano, Diclorometano	Alcano
1066,44	Acetona, Isobuteno	Alqueno
808,992	Etano,1-Propino	Alqueno o Alquino
722,211	2-Butino	Alquino

Fuente: El Autor

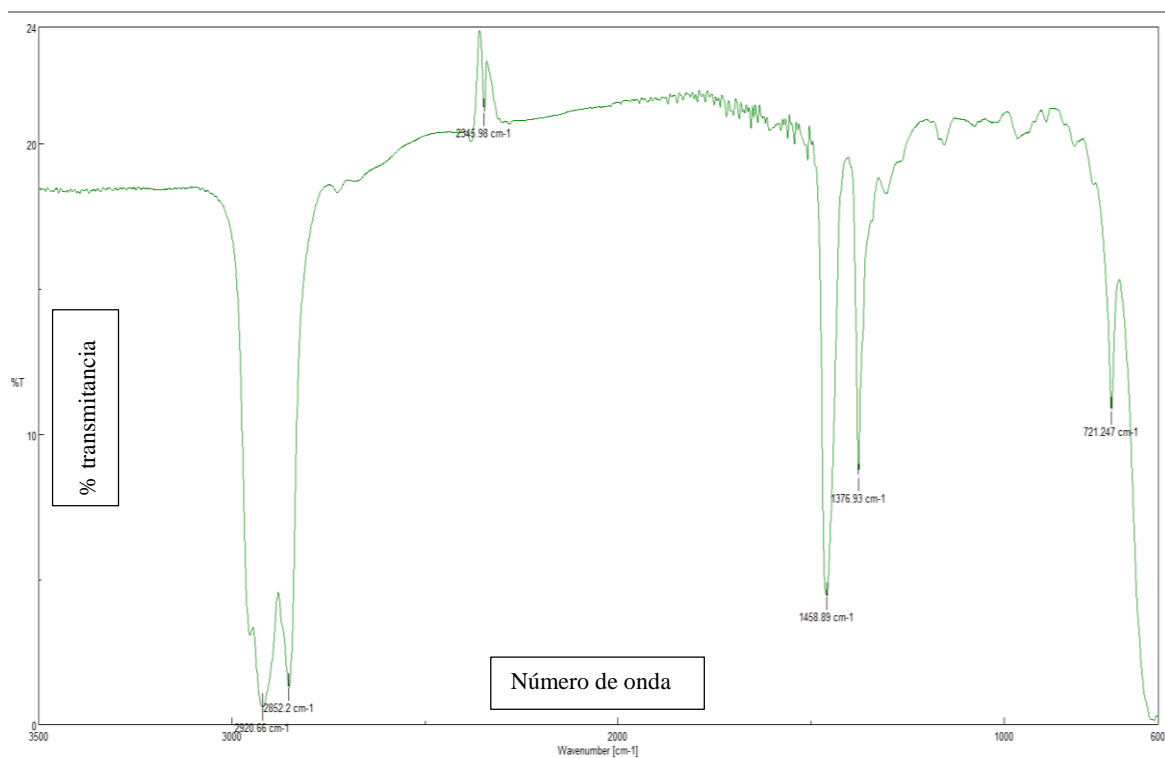


Figura 22. Espectros IR Muestra 4(Gasóleos Pesados de Vacío)

Fuente: El Autor

Tabla 10. Compuestos de la Muestra 4(Gasóleos Pesados de Vacío)

MUESTRA 4		
Rango espectral (cm⁻¹)	Nombre de compuestos	Tipo de hidrocarburo
2953,45	Etano	Alcano
2920,66	Butano	Alcano
2853,2	Butano,Ciclihexano	Alcano
1598,7	1,3Butadieno y Benzeno	Alqueno
1457,92	Ciclohexano, Isobuteno	Alqueno o Alcano
1376,93	Propano	Alcano
1154,19	Metano,Ciclohexano,Diclorometano	Alcano
1066,44	Isobuteno,Acetona	Alqueno o Alcano
721,247	2-Butino	Alquino

Fuente: El Autor

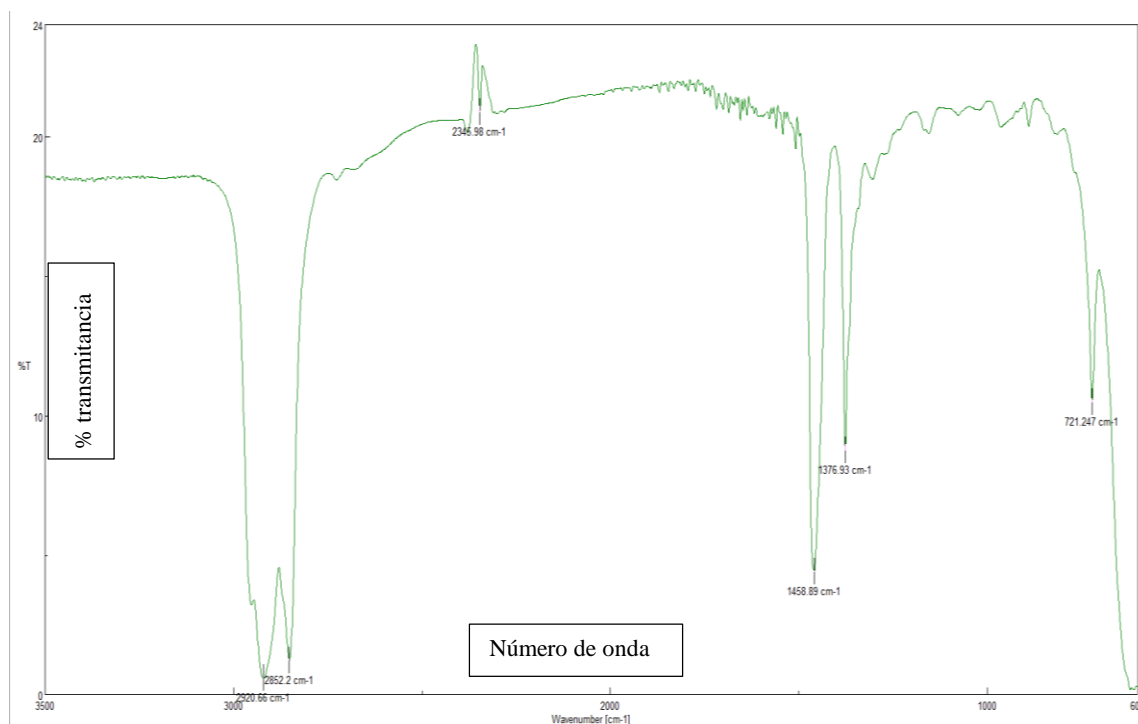


Figura 23. Espectros IR Muestra 5(Gasóleos pesados de asfalto)

Fuente: El Autor

Tabla 11. Compuestos de la Muestra 5(Gasóleos pesados de asfalto)

MUESTRA 5		
Rango espectral (cm⁻¹)	Nombre de compuestos	Tipo de hidrocarburo
2953,45	Etano	Alcano
2920,66	Butano	Alcano
2853,2	Butano, Ciclohexano	Alcano
1457,92	Ciclohexano, Isobuteno	Alcano o Alqueno
1376,93	Propano,	Alcano
1154,19	Metano,Ciclohexano,Diclorometano	Alcano
1066,44	Isobuteno,Acetona	Alqueno o Alcano
964,233	Butano,Bromoetano	Alcano
721,247	2-Butino	Alquino

Fuente: El Autor

Comparaciones de las Muestras con el Diésel

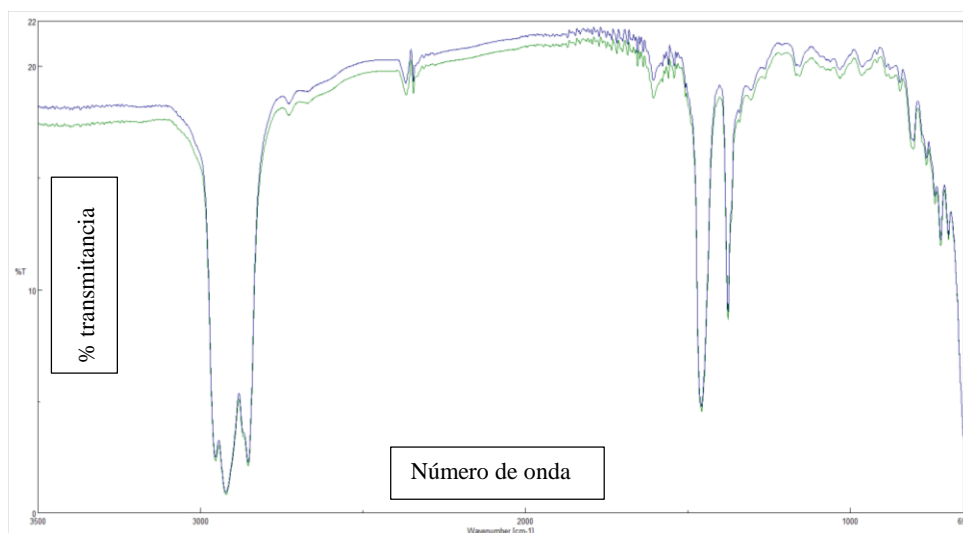


Figura 24. Espectros IR Muestra 1 vs Diésel
Fuente: El Autor

En la figura 24 muestra la comparación que existe entre la muestra 1 con el Diésel tienen una similitud perfecta debido a que todos los compuestos que los dos poseen, absorben exactamente en las mismas longitudes de onda.

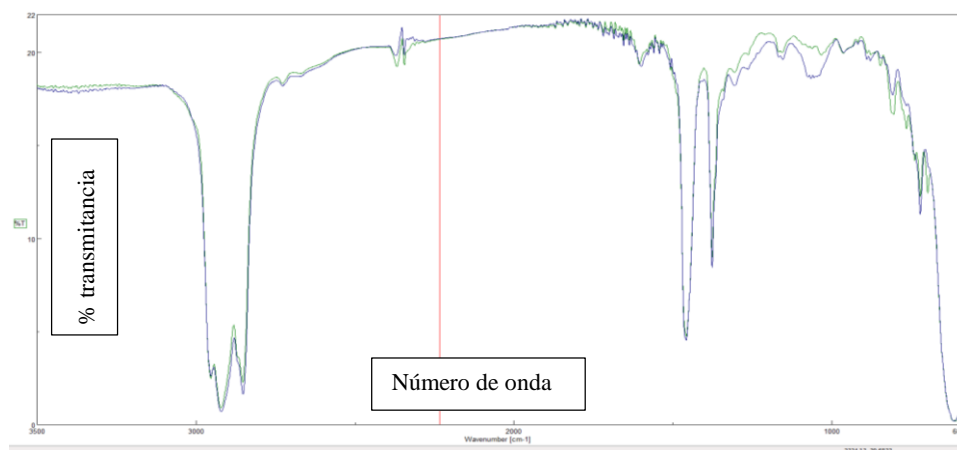


Figura 25. Espectros IR Muestra 2 vs Diésel
Fuente: El Autor

En la figura 25 muestra la comparación de la muestra 2 con el diésel. Los picos que absorben desde 3500cm^{-1} hasta la 1450 cm^{-1} son similares, y la absorbancia desde 14500 cm^{-1} hasta 600 cm^{-1} no presentan los mismos picos debido a que en la muestra 2 aparecen sustancias propias de los aditivos de los aceites y del desgaste propio del uso, que destilan junto con el Diésel y que, aunque mantienen cierta similitud como combustible hidrocarbonado, se diferencian entre uno y otro debido a los aspectos ya

señalados. Este fenómeno no siempre se presenta en los procesos de destilación, motivados quizás por la calidad del aceite.

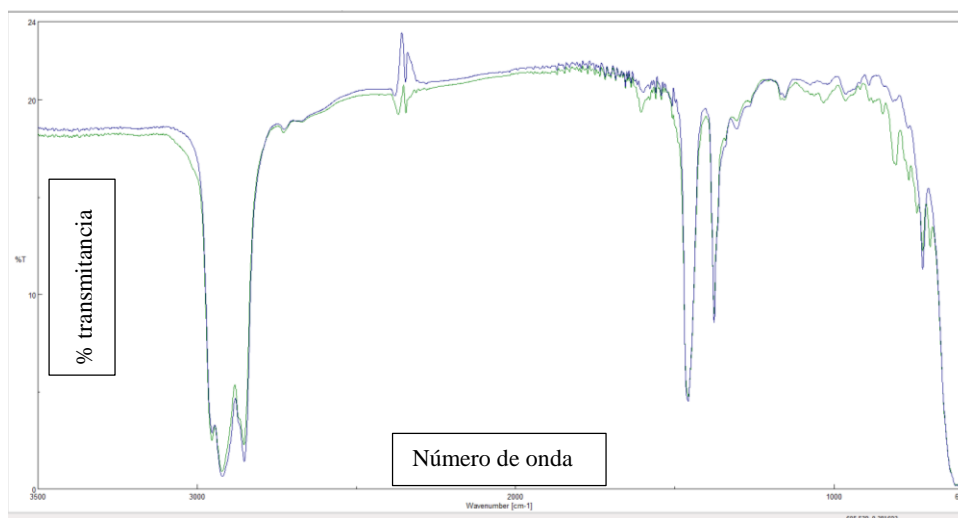


Figura 26. Espectros IR Muestra 3 vs Diésel
Fuente: El Autor

En la figura 26 indica la comparación que existe entre la muestras 3 con el diésel presentan una similitud casi exacta en los picos que corresponden al rango de la longitud de onda de desde 3500cm^{-1} hasta la 1450 cm^{-1} , pero tal es el caso que en los picos del rango de la longitud de onda 1450 cm^{-1} hasta 600 cm^{-1} presentan cambios motivado por lo explicado en el caso anterior.

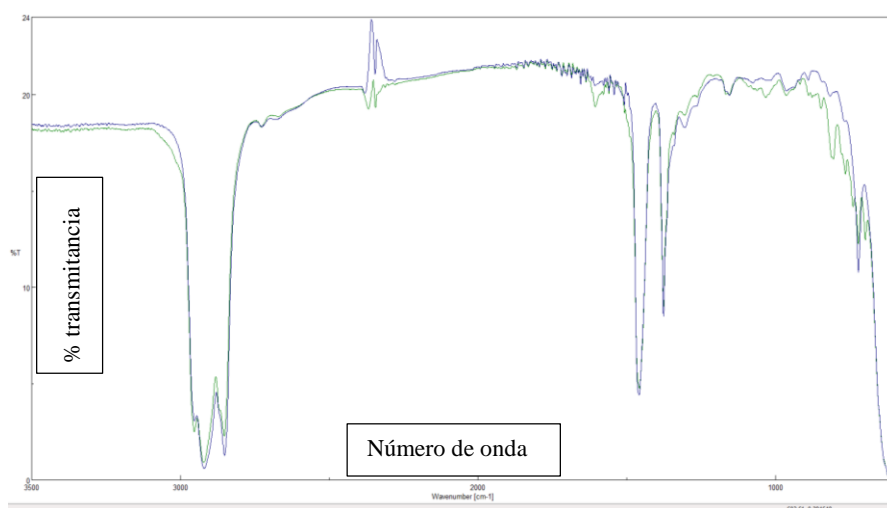


Figura 27. Espectros IR Muestra 4 vs Diésel
Fuente: El Autor

En la figura 27 muestra la comparación de la muestra 4 y el diésel ocurre lo mismo que en las anteriores muestras 2,3 presentando en los últimos picos de las muestras.

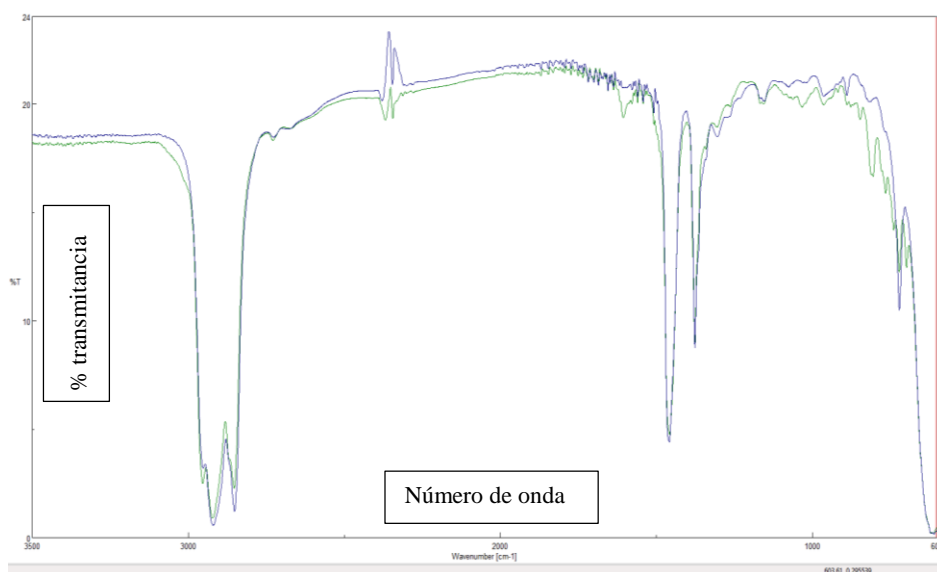


Figura 28. Espectros IR Muestra 5 vs Diésel

Fuente: El Autor

En la figura 28 muestra la comparación de la muestra 5 con el diésel se observa una mayor diferencia debido a los arrastres de compuestos que destilan a una temperatura superior y que presentan características estructurales diferentes, aunque mantienen la estructura de combustibles y del aceite virgen, existen picos muy débiles de compuestos que pueden ser analizados con mayor precisión, mediante HPLC (Compuestos poliaromáticos).

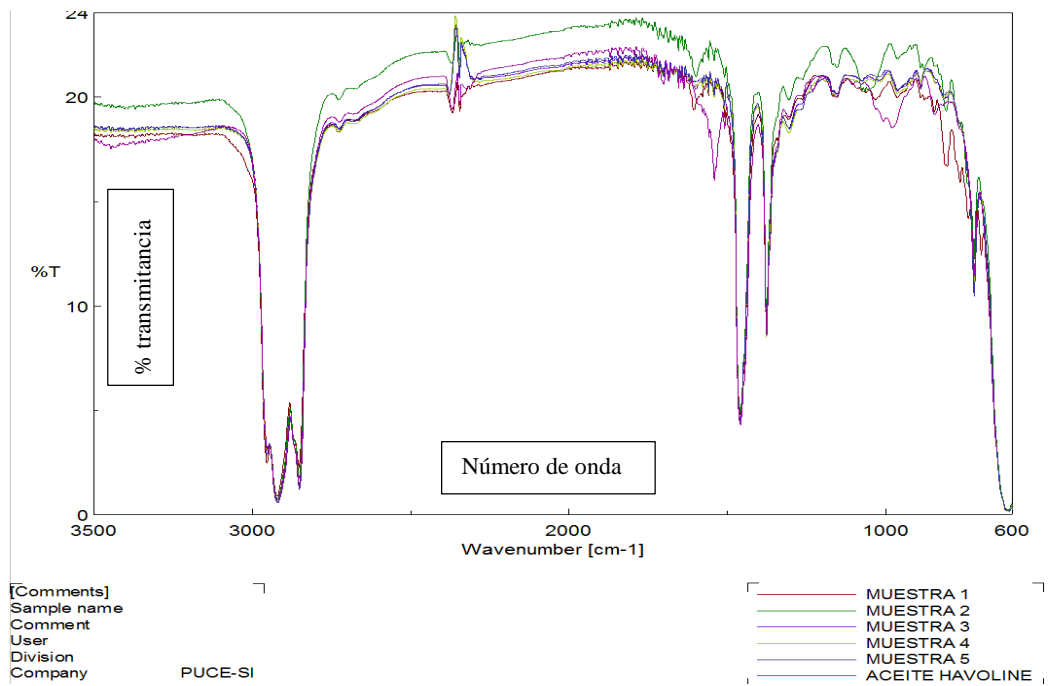


Figura 29. Espectros IR Aceite Comercial vs Muestras

Fuente: El Autor

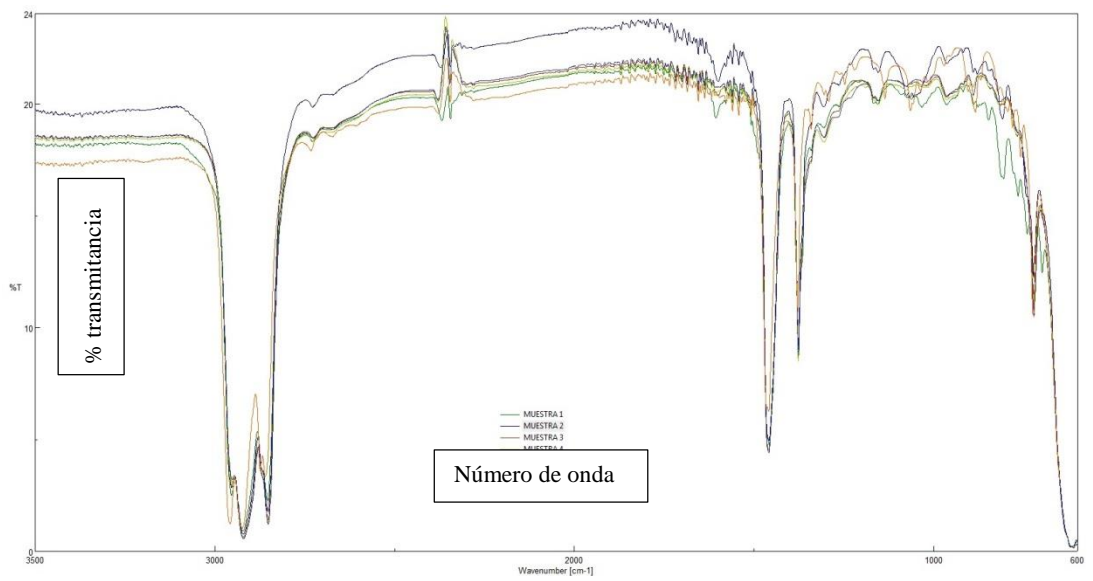


Figura 30. Espectros IR n-Hexano vs Muestras

Fuente: El Autor

En las figura 29 y 30 observamos los espectros de las muestras 1, 2, 3, 4, 5 y el aceite comercial que indica la similitud entre estas, y el aceite comercial y con respecto también al n-Hexano en los rangos de longitud de onda 3500 hasta 1625 cm^{-1} y desde 1490 -1255 cm^{-1} , luego hay una variabilidad en el rango de longitud de onda 1625 - 1490 cm^{-1} y desde 1255 – 730 cm^{-1} esto es debido al desgaste y transformación de los aditivos que se adquiere durante la combustión. En las longitudes de onda pertenecientes al rango 730 -600 cm^{-1} se presenta una gran similitud entre los espectros de los recobrados y el aceite comercial de motor.

Según Leal, 2014, los análisis de muestras de lubricantes usados de motor pueden llegar a ser muy complejos y los cambios producidos por la clarificación de la estructura son difíciles de interpretar. El análisis realizado por espectrometría infrarroja, corrobora la recuperación de los aceites quemados debido a la comparación de estas con el diésel y n-Hexano obteniendo un alto porcentaje de similitud.

6.4 Metales Pesados (Pb, Cr, Cu)

La concentración de metales pesados es un parámetro muy esencial a evaluar en los recobrados de aceites, para esto se tomó muy en cuenta el Plomo, Cromo, Cobre, que son contaminantes perjudiciales para la salud de los seres vivos, además de definir la calidad del aceite de motor y estar presentes debido al fenómeno de desgaste. Los análisis de EEA fueron realizados a las 5 muestras de aceite recuperado.

La tabla 10 se muestran los valores permisibles de concentración de metales pesados en un aceite lubricante recuperado (Viteri, 2011).

Tabla 12. *Límites permisibles de metales pesados en aceites recuperados*

Propiedades	Método ASTM	Valor Permissible
--------------------	--------------------	--------------------------

		(ppm)
Pb	Espectrometría de absorción	100
Cr	atómica	40
Cu		15

Fuente. (Viteri ,2011)
Elaborado por el Autor

6.4 .1Condiciones del equipo de absorción atómica para el análisis de los metales pesados (Pb, Cr, Cu)

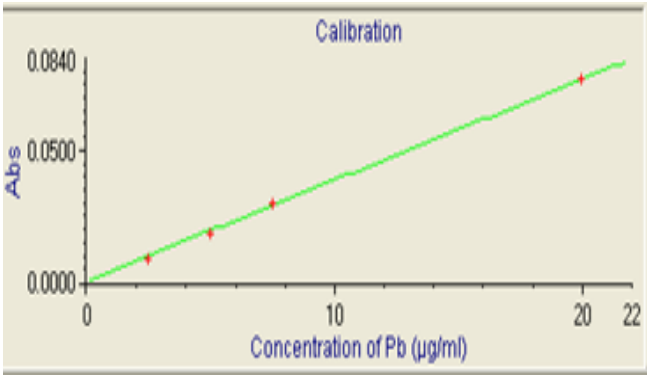
En la tabla 11 se presentan las condiciones en las que se trabajó en el equipo de absorción atómica con en el elemento plomo (Pb), podemos también apreciar la curva de calibración que fue obtenida utilizando 4 estándares, cada estándar con diferente concentración. El primer estándar corresponde a una concentración de 2.5 ppm, el segundo 5 ppm, el tercero 7,5 ppm y el cuarto 20 ppm, para los resultados obtenidos en la curva de calibración con un rango de error de 0,004.

En la tabla 12 se presentan las condiciones en la que se trabajó con el equipo de absorción atómica para el elemento cobre (Cu), podemos también apreciar la curva de calibración que fue obtenida utilizando 4 estándares, cada estándar con diferente concentración. El primer estándar corresponde a una concentración de 1 ppm, el segundo 2 ppm, el tercero 3 ppm y el cuarto 4 ppm, obteniendo en la curva de calibración un rango de error de 0,0049.

En la tabla 13 se presentan las condiciones con la que se trabajó en el equipo de absorción atómica con el elemento cromo (Cr), podemos también apreciar la curva de calibración que obtenida utilizando 5 estándares, cada estándar con diferente concentración. El primer estándar corresponde a una concentración de 3 ppm, el segundo 4,5 ppm, el tercero 6 ppm, el cuarto 7,5 ppm y el quinto 9 ppm, obteniendo así la curva de calibración con un rango de error de 0,0014.

Tabla 13. Curva y Calibración del Plomo

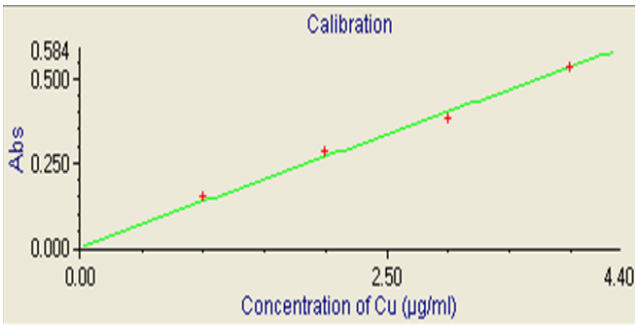
DESCRIPTION	ELEMENT	Pb
INSTRUMENT	Matrix	

	Lamp Current(Ma)	5.00																									
	Wavelength(nm)	217.00																									
	Slit Width(nm)	1.00																									
	Slit Height	Reduced																									
MEASUREMENT	Measurement Mode	Peak Height																									
	Time Constant	1.00																									
	Replicates	1																									
CALIBRACIÓN	Calibration Mode	Linear LS Through Zero																									
	Conc: Units	ng/ml																									
	Conc.Decimal Places	3																									
CALIBRATION MODE LINEAR LS THROUGH ZERO	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Label</th> <th>Conc.</th> <th>Abs.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Black</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Std 1</td> <td>Standard 1</td> <td>2,500</td> <td>0,009</td> </tr> <tr> <td>Std 2</td> <td>Standard 2</td> <td>5,000</td> <td>0,018</td> </tr> <tr> <td>Std 3</td> <td>Standard 3</td> <td>7,500</td> <td>0,029</td> </tr> <tr> <td>Std 4</td> <td>Standard 4</td> <td>20,00</td> <td>0,076</td> </tr> </tbody> </table>				Label	Conc.	Abs.	Black				Std 1	Standard 1	2,500	0,009	Std 2	Standard 2	5,000	0,018	Std 3	Standard 3	7,500	0,029	Std 4	Standard 4	20,00	0,076
		Label	Conc.	Abs.																							
	Black																										
	Std 1	Standard 1	2,500	0,009																							
	Std 2	Standard 2	5,000	0,018																							
	Std 3	Standard 3	7,500	0,029																							
Std 4	Standard 4	20,00	0,076																								
CURVE CALIBRATION																											
	Max error = 0,2770	$R^2 = 0,9990$	$R=0,995$																								
Concentration	$262,3365 * Abs$																										

Fuente: El Autor

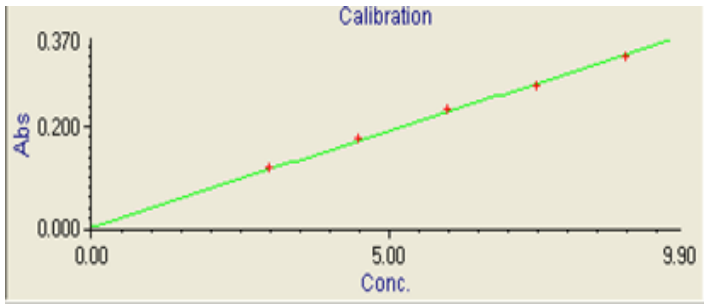
Tabla 14. Curva y Calibración del Cobre

DESCRIPTION	ELEMENT	Cu
-------------	---------	----

INSTRUMENT	Matrix	-----		
	Lamp Current (Ma)	3.00		
	Wavelength (nm)	324,70		
	Slit Width (nm)	0.050		
	Slit heigth	Normal		
MEASUREMENT	Measurement Mode	Integration		
	Time constant	0.00		
	Replicates	3		
CALIBRATION	Calibration Mode	Linear LS Through Zero		
	Conc: Units	ug\ml		
	Conc.Decimal Places	3		
CALIBRATION MODE LINEAR LS THROUGH ZERO		Label	Conc.	Abs.
	Black			
	Std 1	Standard 1	1,000	0,147
	Std 2	Standard 2	2,000	0,282
	Std 3	Standard 3	3,000	0,381
	Std 4	Standard 4	4,000	0,531
CURVE CALIBRATION				
	Max error = 0,1267	$R^2 = 0,9902$	$R=0,9951$	
Concentration	$7.5415 * Abs$			

Fuente: El Autor

Tabla 15. Curva y Calibración del Cromo

DESCRIPTION	ELEMENT	Cr		
INSTRUMENT	Matrix	-----		
	Lamp Current (Ma)	6.00		
	Wavelength (nm)	357.9		
	Slit Width (nm)	0.2		
	Slit heigth	Normal		
MEASUREMENT	Measurement Mode	Integration		
	Time constant	0		
	Replicates	3		
CALIBRATION	Calibration Mode	Linear LS Through Zero		
	Conc: Units	ug\ml		
	Conc.Decimal Places	3		
CALIBRATION MODE LINEAR LS THROUGH ZERO		Label	Conc.	Abs.
	Black			
	Std 1	Standard 1	3,000	0,117
	Std 2	Standard 2	4,500	0,175
	Std 3	Standard 3	6,000	0,232
	Std 4	Standard 4	7,500	0,280
	Std 5	Standard 5	9,000	0.337
CURVE CALIBRATION	 <p>The graph displays a linear calibration curve for Chromium. The y-axis is labeled 'Abs' and ranges from 0.000 to 0.370. The x-axis is labeled 'Conc.' and ranges from 0.00 to 9.90. Five data points are plotted as red triangles, and a green line of best fit is drawn through them. The data points correspond to the standards listed in the table above.</p>			
	Max error = 0,1356	$R^2 = 0,9971$	$R=0,9985$	
Concentration	$26.4257 * Abs$			

Fuente: El Autor

Tabla 16. Resultados de los análisis de los tratamientos del aceite recuperado

Metal	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Concentración permisible (mg/kg-ppm)
Pb	19,729	20,063	19,889	19,777	19,981	100
Cu	0,058	0,0465	0,0339	0,0347	0,0308	15
Cr	0,825	0,7717	0,78435	0,73915	0,7385	40

Fuente: El Autor

En la tabla 14 se representa los resultados de reducción de los metales pesados realizados luego de la destilación fraccionada en el vacío con el tratamiento Físico Químico efectuados en el laboratorio de la PUCESI.

Plomo (Pb) Según la fuente Ideam, si los índices de contaminación de plomo en los aceites lubricantes usados por los automotores es de 29 ppm. Luego del tratamiento que se realizó en este estudio se produjo una disminución, presentando en la muestra 1 (19,72 ppm), muestra 2 (20,06 ppm), muestra 3 (19,88 ppm), muestra 4 (19,77 ppm), muestra 5 (19,98 ppm), obteniendo un promedio de (19,88 ppm), valor aceptable en la concentración permisible de plomo, (tabla 14).

Cobre (Cu) Según Moya, 2010 los índices que se generan en los aceites lubricantes de motor luego de su uso es de 29 ppm. Una vez aplicado el tratamiento realizado en este estudio los resultados que se obtuvieron en la muestra 1 (0,058 ppm), muestra 2(0,0465 ppm), muestra 3 (0,0339 ppm), muestra 4 (0,0347 ppm), muestra 5 (0,0308 ppm), con un promedio entre las muestras de 0,04068 ppm, valor aceptable en la concentración permisible del cobre, (tabla 14).

Cromo (Cr) Según la fuente (Ideam, sf) los índices que se generan luego de la utilización del aceite en los automotores, en autos a diésel tienen un valor de 2 ppm y a gasolina es de 9,7 ppm. En el cambio del aceite las lubricadoras mezclan estos dos tipos de aceites cambiando el contenido de cobre. Una vez realizado el tratamiento a las muestras en esta estudio, los resultados en la muestra 1 (0,825 ppm), muestra 2 (0,7717 ppm), muestra 3 (0,78435 ppm), muestra 4 (0,73915 ppm),

muestra 5 (0,7385 ppm), obteniendo un promedio entre las muestras de 0,7717 ppm, valor aceptables en el índice permisible del Cromo, (tabla 14).

Según Ideam, sf, se señala que los aceites usados de motor a gasolina poseen mucha más cantidad de metales en comparación con los aceites quemados de motor a diesel, sin embargo los aceites usados en las industrias contienen mayor cantidad de Cromo (Cr) y Cobre (Cu). El análisis realizado por espectrometría de absorción atómica de las muestras de los aceites recuperados demuestra que pueden ser utilizados como combustible o como aceite de automotor.

6.5 Socialización

La socialización del trabajo de investigación se realizó en la sala de eventos del GAD Municipal de Antonio Ante, con la presencia de Ing., Edwin Ortiz encargado del Departamento Ambiental de mismo Municipio, contamos con la presencia del encargado de la maquinaria del Municipio de Antonio Ante, el asesor de la investigación PhD. Rubén del Toro Déniz y el equipo de trabajo del Proyecto, entre otras entidades de mismo GAD municipal, docentes como también alumnos de la PUCE-SI dándonos un total de 14 personas.

La socialización se realizó el lunes 05 de febrero del 2018. Estuvo planeada en el orden siguiente una breve explicación antes de dar el nombre del proyecto continuando con la introducción, problemática, justificación, metodología, resultados, conclusión, recomendación. Luego de la socialización de procedió con una encuesta a los asistentes (ver anexo 4). Durante la exposición se realizaron preguntas que ayudaron a perfeccionar el trabajo de esta investigación, su tabulación se muestra en el anexo 5.

7. CONCLUSIONES

- Con la utilización de una mínima cantidad de muestra de aceites usado mediante la destilación simulada (SimDis) proporcionó un resultado de recuperación del 87%, en comparación con la destilación fraccionada (Destilación a escala piloto) al vacío donde se obtuvo un 81% de aceite recuperado.
- Las comparaciones de las 5 muestras de recobrados de aceite por espectroscopia infrarroja, muestra gran similitud de su estructura con el aceite virgen, diesel y n-hexano.
- Los análisis realizados mediante la espectrometría de absorción atómica demostraron que el tratamiento dado a la muestra antes de realizar la destilación fraccionada en el vacío produjo una alta disminución de metales pesados como Plomo (Pb), Cobre (Cobre), Cromo (Cr), según Viteri, 2011 están dentro de los rangos permisibles para estos metales.
- En la socialización realizada en el Municipio de Antonio Ante con la presencia del Jefe del Departamento del Ambiente y Jefe de Obras Públicas y demás personas se valoró la importancia de la investigación, la cual puede ser objeto de aplicación en el futuro.

8. RECOMENDACIONES

- Establecer controles en las lubricadoras sobre el manejo en los cambios de los aceites y cuál es su disposición final
- Para disminuir el riesgo del aceite usado se debe plantear esta técnica a gran escala debido a que se obtuvieron resultados muy aceptables lo cual puede derivar en la construcción de una planta piloto para el tratamiento y recuperación de los aceites quemados
- Proponer el uso de aceites recuperados a industrias interesadas en la utilización de un combustible menos contaminante que el aceite quemado sin tratar.

9. REFERENCIAS

- Atsdr. (2016). *Aceite usado de carácter (Crankcase Motor Oil)*. Recuperado de http://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs102.html
- Arellano (2014). *Espectros de absorción Atómica*. Recuperado de www.arellanolimitada.com.bo/tipo/espectrofotometro-de-absorcion-atmica
- Bajoelagua.(2004). Peligro el ambiente por mal desecho del aceite. Recuperado de <http://www.bajoelagua.com/articulos/reportajes-buceo/630.htm>
- Borrás,C.(2010). *Contaminantes del aceite usado de los coches*. Recuperado de <https://www.ecologiaverde.com/contaminación-del-aceite.usado-de-los-coches—101.html>
- Bvsde (sf). *Manejo de los aceites usados*. Recuperado de http://www.bvsde.org.ni/Web_textos/MARENA/MARENA0295/MANEJO_DE_LOS_ACEITES_USADOS.pdf
- Catarina (sf). *Espectrofotometría Absorción Atómica*. Recuperado de http://Catarna.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/leia/choussy_c_d/apendiceC.pdf
- Chiran, A. (2017). *Producción de bases minerales con tecnología SENER a partir del aceite usado de motor a gasolina, a escala de laboratorio, en el Cantón Antonio Ante, ciudad Atuntaqui*. Tesis.
- Espectrometria.com. (sf). *Espectrometría infrarroja*. Recuperado de https://www.espectrometria.com/espéctrometra_infrarroja
- Fcq, Uach. (sf). *Espectroscopia de Absorción Atómica*. Recuperado de <http://fcq.uach.mx/index.php/docencia/columna-2/material.../15-analisis-instrumental?>...
- Fquim. (sf). *Espectrometría de Absorción Atómica*. Recuperado de http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/Apuntes9_18597.pdf
- Gonzales, Y. (2008). *Características de las corrientes del reactor del proceso de hidrot ratamiento de gasóleos para su aplicación a un nuevo modelo cinético predictivo MODELO CONETICO PREDICTIVO*. Recuperado de oa.upm.es/1320/1/YRIS_KENELMA_GONZALEZ_TRIANA.pdf

- Gonzáles,C.(2014).Propuesta de un plan de manejo de aceites lubricantes usados de automóviles para el estado de Carabobo. Recuperado de <http://mriuc.bc.uc.edu.ve/bitstream/handle/123456789/494/cgonzales.pdf?sequence=3>
- Ideam (sf).*Aceites Lubricantes*. Recuperado de [documentación.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/021246/marco Teorico.pdf](http://documentación.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/021246/marco%20Teorico.pdf)
- Jiménez. M (2011). *Análisis de Metales en Aceite Lubricante Automotrices Usados por Espectroscopia de Absorción Atómica* .Recuperado de [itzamna.bnct.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/.../JIMENEZ%20MACIAS.pdf? ...1](http://itzamna.bnct.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/.../JIMENEZ%20MACIAS.pdf?...1)
- Jones (2007). *Diseño de un sistema de reciclaje de aceites lubricantes usados*. Recuperado de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2007/bmfcij.78d/doc/bmfcij.78d.pdf>
- Leal. B (2014). *Metodología para la caracterización de aceites usados en aviación basada en técnicas espectroscópicas*. Recuperado de <https://riunet.upv.es/.../LEAL%20-%20Metodologia%20para%20caracterizacio...>
- Lozano (sf). *Métodos de separación por destilación*. Recuperado de https://ocw.unizar.es/ocw/ciencias-experimentales/técnicas.../destilación_teoria.pdf
- Lluch,J.(2008).*Tecnología y margen de refino del petróleo*.España:Diaz de Santos
- Mañay, N. (sf).Absorción Atómica con horno de grafito. Recuperado de riquim.fq.edu.uy/archive/files/02ba23e6cc083af03bfc55ac63a98a0c.pdf
- Ministerio de Ambiente,Vivienda y desarrollo territorial de Colombia.(2016).*Manual Tecnico para el Manejp de Aceites Lubricantes Usados*.Recuperado de <http://www.uis.edu.co/webUIS/es/gestionAmbiental/documententos/manuales/Manejo%20de%20Aceites%20Lubricantes%20Usados.pdf>
- Moya, L. (2010). *Desde el Aceite Lubricante, Usado hasta su puesta en el mercado tras su regeneración*. Recuperado de <https://static.eoi.es/savia/documents/componente67312.pdf>
- Pilodist Laboratory & Process Technology.(2012).*Crude oil distillation systems according to ASTM- standards for fractionation and boiling analysis*. Recuperado de <http://www.tusnovics.pl/wp-content/uploads/PILODIST-katalog.pdf>

- Nervo. (2011). *Reproceso y Comercialización de Aceites Lubricantes Usados*. Recuperado de https://www.ucema.edu.ar/posgrado-download/tesinas2012/Tesina_MBA_UCEMA_Montero.pdf
- Ramada. M (2010). *Determinación de las fracciones del petróleo crudo con el empleo de la destilación simulada por cromatografía gaseosa como método alternativo*. Recuperado de www.redalyc.org/articulo.oa?id=181620526004
- Razmillic. (sf). *Espectroscopia de Absorción Atómica*. Recuperado de www.fao.org/docrep/field/003/ab482s/AB482S04.htm
- Sanchez,E.(2012)Contaminacion del suelo.Recuperado de <https://es.slideshare.net/jonathan2626/contaminacion-del-suelo-por-aceites>
- Serrano. J (sf). *Espectroscopia infrarroja*. Recuperado de http://www.upct.es/~minaees/espectroscopia_infrarroja.pdf
- Ssecoconsulting (sf). *Propiedades del petroleo crudo carga –Educacion en Ingenieria Quimica*. Recuperado de www.ssecoconsulting.com/propiedades-del-petroacuteteleo-crudo.html
- Torres (2013). *Caracterizacion y Evaluacion del crudo cargade la Refineria*. Recuperado de www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/2500/1988/1/T-UCE-0017-46.pdf
- Unizar (sf). *Destilacion*. Recuperado de https://ocw.unizar.es/ocw7ciencias-experimentales/tecnicas-basicas-de-laboratorio-quimico/teoria/Destilacin_teoria.pdf
- Upo.(sf). *Practica 2 deteccion de contaminantes atmosfericos*. Recuperado de https://www.upo.es/depa/webdex/quimfis/docencia/CA/Pract/PracticaCA_IR.pdf
- Viteri, G . (2011). *Análisis de la degradación de aceites lubricantes y Propuestas de planes de mejora para el mantenimiento del equipo pesado de ilustre municipio de Archidona*. Recuperado de dspace.esepoch.edu.ec/bitstream/123456789/947/1/65T00018.pdf
- Wauquier.(1994). *El refino del petróleo: Petróleo crudo, producto petrolífero, esquemas de fabricación*. Recuperado de <https://Books.google.com.ec/books?isbn=847978623x>

10.-ANEXOS

Anexo 1.- Procedimiento en laboratorios

(a)Recolección del aceite lubricante usado



Foto 1. Traslado del aceite quemado



Foto2. Recipiente del aceite quemado

(b)Pretratamiento



Foto3. Mezcla de las sustancias



Foto 4. Calentamiento del aceite quemado

(c) Filtración



Foto 5. Filtrado de la muestra



Foto 6. Producto del filtrado

(d) Destilación Simulada



Foto 7. Tratado de la muestra para la destilación simulada



Foto 8. Equipo de Destilación Simulada

(f) Destilación Fraccionada



Foto 9. Equipo Piloto de Destilación Fraccionada

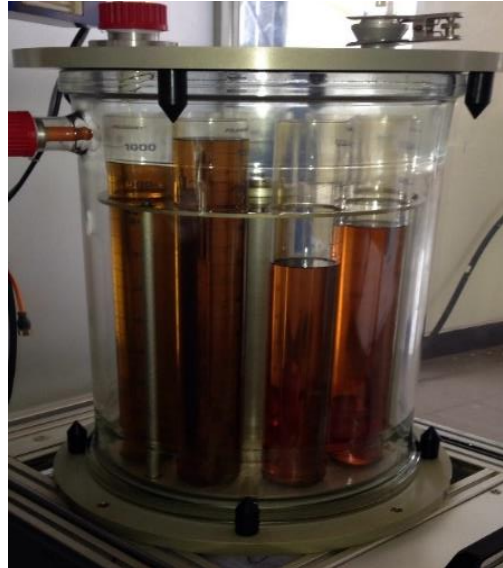


Foto 10. Producto de la Destilación Fraccionada

(g) Recobrados de la destilación fraccionada



Foto 11. Envasado del producto de la Destilación Fraccionada



Foto 12. Envasado del producto de la Destilación Fraccionada

(h) Espectroscopia infrarroja IR-FT



Foto 13. Manejo del equipo espectroscopia infrarroja



Foto 14. Equipo de espectroscopia infrarroja

(i) Espectrometría de Absorción Atómica



Foto 15. Equipo de espectrometría de absorción atómica



Foto 16. PC acoplada al equipo de espectrometría de absorción atómica

(j) Socialización



Foto 17. Socialización GAD Antonio Ante



Foto 18. Participantes de la Socialización

Anexo 2: Oficio enviado para la Socialización



Ibarra, 25 de enero de 2018
Oficio No. 037 – DIR-ECAA

Magister
Fabián Pozo
ALCALDE DEL GAD MUNICIPAL DE ANTONIO ANTE.
Presente. –

De mi consideración:

A nombre de la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales reciba un saludo cordial y los mejores deseos de éxito en las funciones que Usted acertadamente lo desempeña.

Acogiéndonos al convenio existente con nuestra Institución, muy comedidamente solicito a usted las instalaciones del GAD Municipal para poder socializar el trabajo de titulación denominado: **“Análisis por Espectroscopia Infrarroja con Transformadas de Fourier (IR-FT) de los recobrados de aceite quemado de motor y alternativas de utilización”**, desarrollado por el Sr. Cristhian Anrango estudiantes de la Carrera de Ciencias Ambientales y Ecodesarrollo y como director de la misma el Ph.D. Rubén Del Toro docente de la Escuela de Ciencias Ambientales y Ecodesarrollo, éste evento está previsto realizar el día lunes 29 de enero del año en curso a las 15h00, de antemano queda cordialmente invitado a participar.

En la seguridad de contar con su apoyo y presencia, anticipo mi debido agradecimiento.

Atentamente,

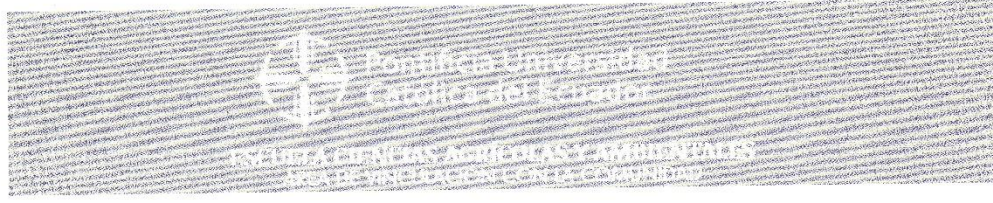


Ph.D. Yadira Ordoñez
DIRECTORA ECAA
/c

Av. Jorge Guzmán Rueda y Av. Aurelio
Espinosa Pólit, Ctda "La Victoria"
Código postal: 100112
Telf.: (+593) 06 2615 500 / 2615 453
Ibarra – Ecuador www.pucesi.edu.ec



Anexo 3: Asistencia de la Socialización.



LISTA DE ASISTENCIA A SOCIALIZACIÓN DE INVESTIGACIÓN

NOMBRE DEL EXPOSITOR: CRISTHIAN ANDRES ANRANGO RUIZ
 CARRERA: INGENIERIA EN CIENCIAS AMBIENTALES Y ECODesarrollo
 FECHA: 05 DE FEBRERO 2018

NOMBRE ASISTENTE	NUMERO DE CÉDULA	INSTITUCION A LA QUE REPRESENTA	FIRMA
Rubén del Pozo	175754447-1	PUCE SI	
BENJAMIN BARRA	175639376-3	PUCE SI	
Orlando Guevara	100299907-4	PUCE SI	
Maria Pail Marcano	172481425-4	PUCE - SI	
Graciela Naranjo	210092529-2	PUCE - SI	
Nadia Suasti	100402081-2	PUCE - SI	
Adrián Méndez	100365888-5		
Diana Santellán	1002985446		
Jonathan Alcazar	100396288-1		
Mario Becerra	100274330-8	GADMAA	
FRUIN ORTIZ	0101166740	GADMAA	
César Zuleta	100103754-0	PUCE SI	
Elsia Peña	020100431-U	ALCOA	
Fabio Cabrera	0401084156	GADMAA	

Anexo 4: Encuestas de la Socialización



PROCESO DE SOCIALIZACIÓN DE INVESTIGACIÓN

El siguiente cuestionario nos permitirá implementar mejoras constantes en los procesos de socialización de trabajos de investigación por favor háganos llegar sus comentarios y sugerencias:

FECHA	05 - 09 - 2017		
EXPOSITOR			
LUGAR	DENTRO PUCESI	FUERA PUCESI	X

NOTA IMPORTANTE: Por favor conteste las preguntas según la siguiente escala:

5. MUY ALTO / 4. ALTO / 3. MEDIO / 2. BAJO / 1. NULO

DETALLE DE VALORACIÓN	1	2	3	4	5
ORGANIZACIÓN DEL EVENTO DE SOCIALIZACIÓN					
1. ¿Considera Usted que la sala donde se desarrolló este evento brindó las comodidades necesarias?					X
2. ¿Considera Usted que el material audiovisual utilizado en la presentación fue adecuado?					X
DESARROLLO DEL EVENTO POR PARTE DEL EXPOSITOR					
3. ¿Considera Usted que el expositor mostró dominio del tema?				X	
4. ¿Estima Usted que el manejo del auditorio por parte del expositor fue adecuado?				X	X
5. ¿Considera Usted que el Expositor demostró facilidad de expresión?				X	X
MENSAJE DE IMPACTO DE LA INVESTIGACIÓN					
6. ¿Considera Usted que el tema investigado posee relevancia para algún actor y/o sector de la sociedad?					X
7. ¿Considera Usted que esta investigación posee perspectivas para estudios complementarios posteriores?					X
8. ¿Considera Usted que el lema investigado genera actualmente o a futuro un beneficio concreto para alguna organización, empresa pública o privada, comunidad o institución?					X
9. ¿En función de los objetivos planteados expuestos en la investigación, considera Usted que éstos se cumplieron?				X	X
RESULTOS DE COMPROMISO CON EL TEMA					
Exponer mas sobre el resultado, en que no pudo ser o sea exacto					
OPINIONES SOBRE OTROS PROBLEMAS QUE A SU PARECER PODRIAN SER INVESTIGADOS Y QUE PODRIAN SER IMPORTANTES PARA ALGUN ACTOR Y/O SECTOR DE NUESTRA COLECTIVIDAD					
Que se podria hacer con los licenciados					
INSTITUCIÓN U ORGANIZACIÓN A LA QUE PERTENECE EL ENCUESTADO					
God Antonio Anto					



PROCESO DE SOCIALIZACIÓN DE INVESTIGACIÓN

El siguiente cuestionario nos permitirá implementar mejoras constantes en los procesos de socialización de trabajos de investigación por favor nóganos llegar sus comentarios y sugerencias:

FECHA:	05-02-2018		
EXPOSITOR:			
LUGAR:	DENTRO PUCESI	FUERA PUCESI	GDOMPA

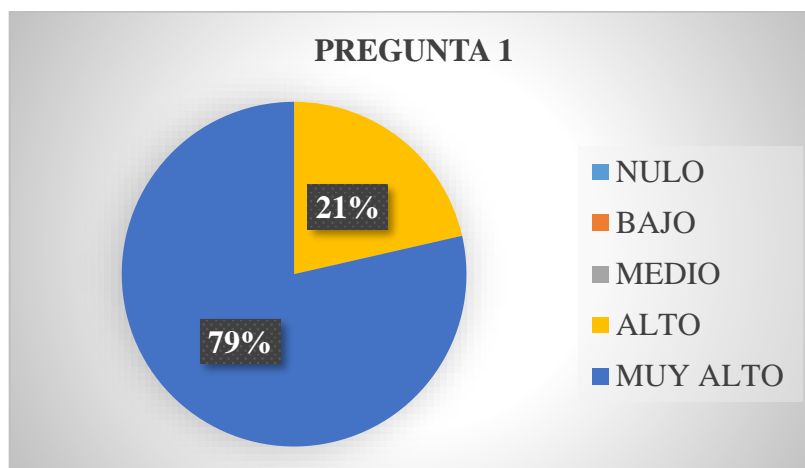
NOTA IMPORTANTE: Por favor conteste las preguntas según la siguiente escala:

5. MUY ALTO / 4. ALTO / 3. MEDIO / 2. BAJO / 1. NULO

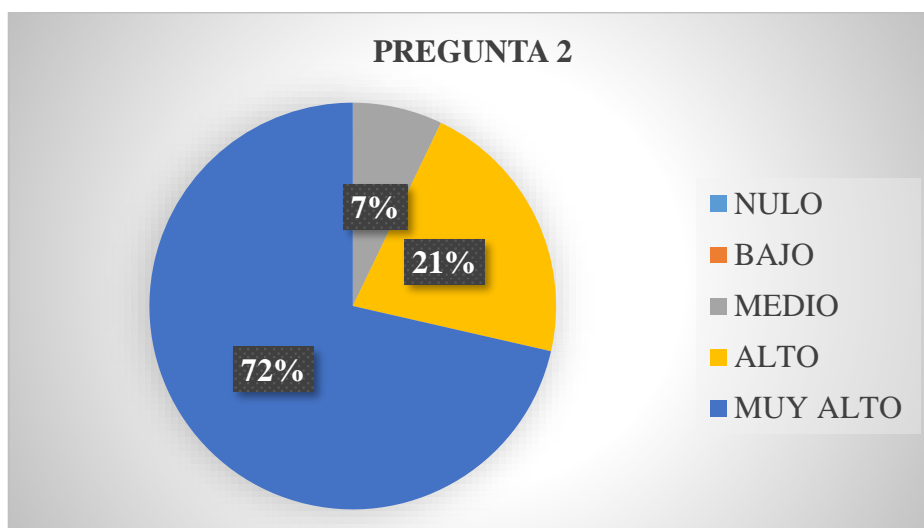
DETALLE DE VALORACIÓN	1	2	3	4	5
DESCRIPCIÓN DEL EVENTO DE SOCIALIZACIÓN					
1. ¿Considera Usted que la sala donde se desarrolló este evento brindó las comodidades necesarias?					✓
2. ¿Considera Usted que el material audiovisual utilizado en la presentación fue adecuado?					✓
EVALUACIÓN DEL EXPOSITOR Y DEL CONTENIDO					
3. ¿Considera Usted que el expositor mostró dominio del tema?					✓
4. ¿Estima Usted que el manejo del auditorio por parte del expositor fue adecuado?					✓
5. ¿Considera Usted que el Expositor demostró facilidad de expresión?					✓
RELEVANCIA DE LOS TEMAS DE LA INVESTIGACIÓN					
6. ¿Considera Usted que el tema investigado posee relevancia para algún actor y/o sector de la sociedad?					✓
7. ¿Considera Usted que esta investigación posee perspectivas para estudios complementarios posteriores?					✓
8. ¿Considera Usted que el tema investigado genera actualmente o a futuro un beneficio concreto para alguna organización, empresa pública o privada, comunidad o institución?					✓
9. ¿En función de los objetivos planteados expuestos en la investigación, considera Usted que éstos se cumplieron?					✓
<p>Quisiera más investigación sobre los temas tratados en el auditorio</p>					
<p>INSTITUCIÓN U ORGANIZACIÓN A LA QUE PERTENECE EL ENCUESTADO</p>					
<p>GDOMPA</p>					

Anexo 5: Resultados de las Encuestas de la Socialización

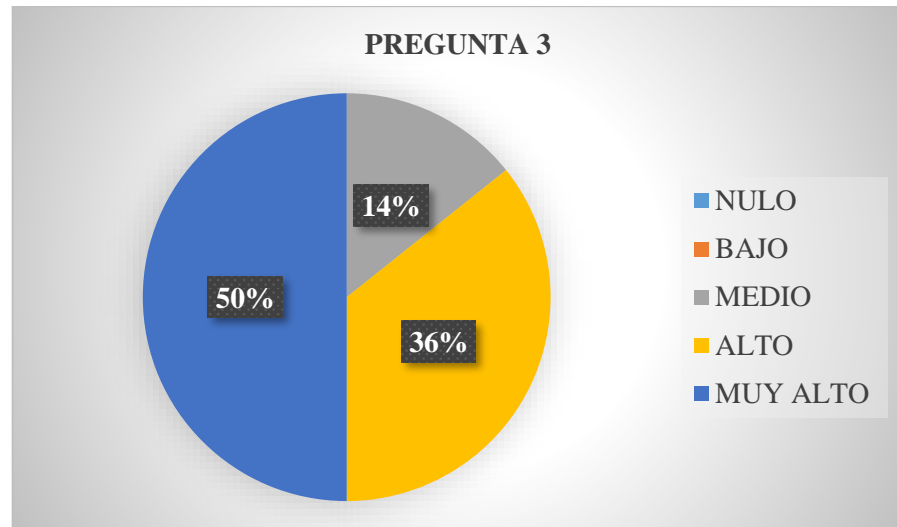
1. ¿Considera usted que la sala donde se desarrolló este evento brindo las comodidades necesarias?



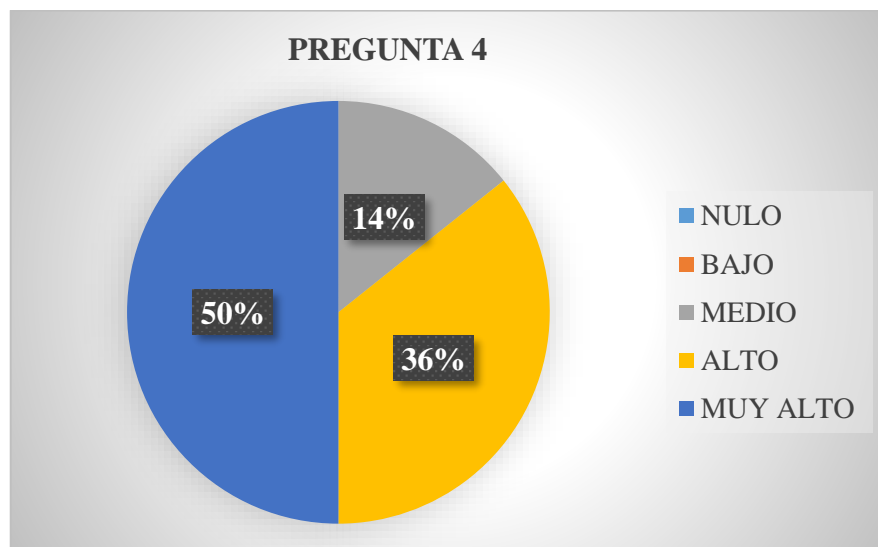
2. ¿Considera usted que el material audiovisual utilizado en la presentación fue adecuado?



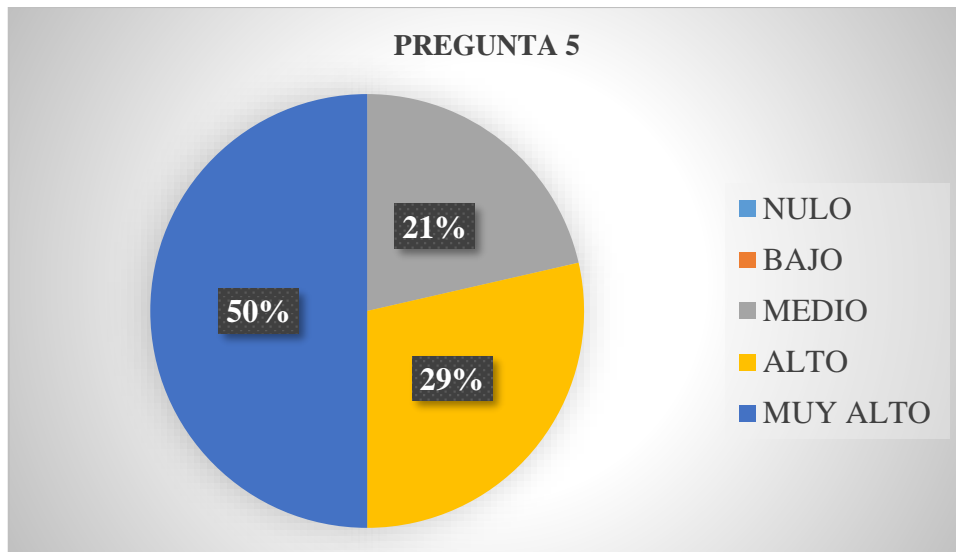
3. ¿Considera usted que el expositor mostro dominio del tema?



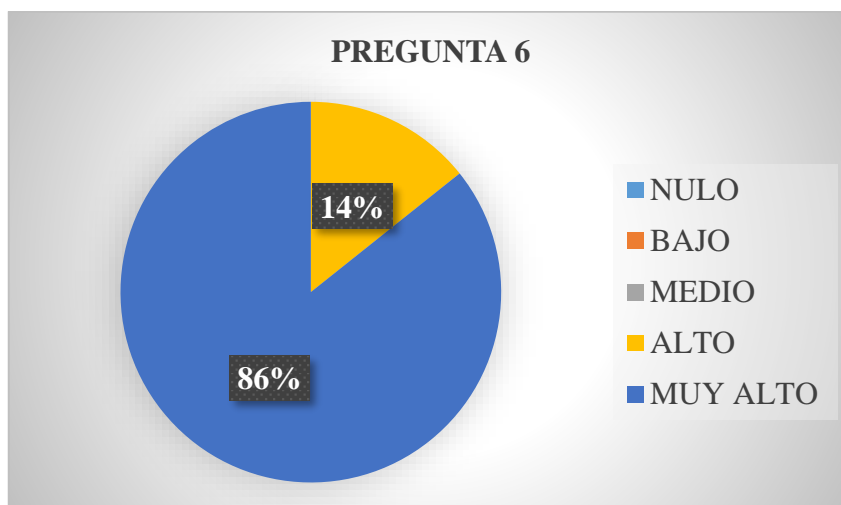
4. ¿Estima usted que el manejo del auditorio por parte del expositor fue adecuado?



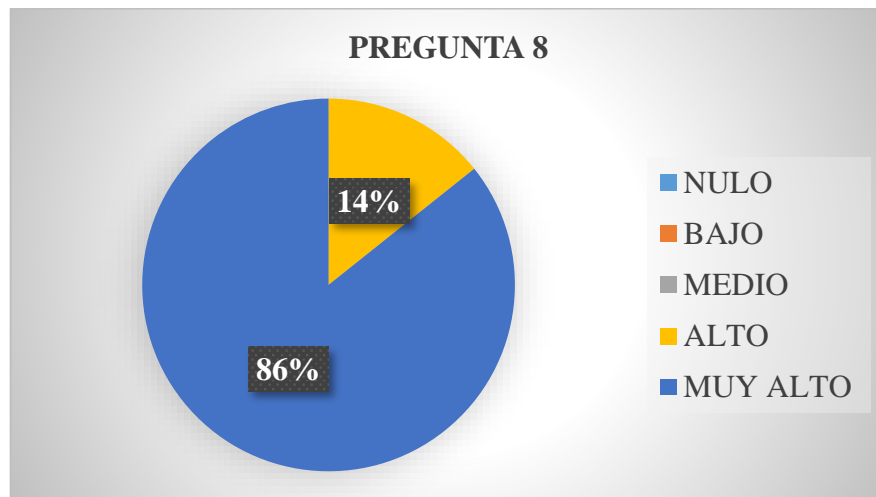
5. ¿Considera usted que el expositor demostró facilidad de expresión?



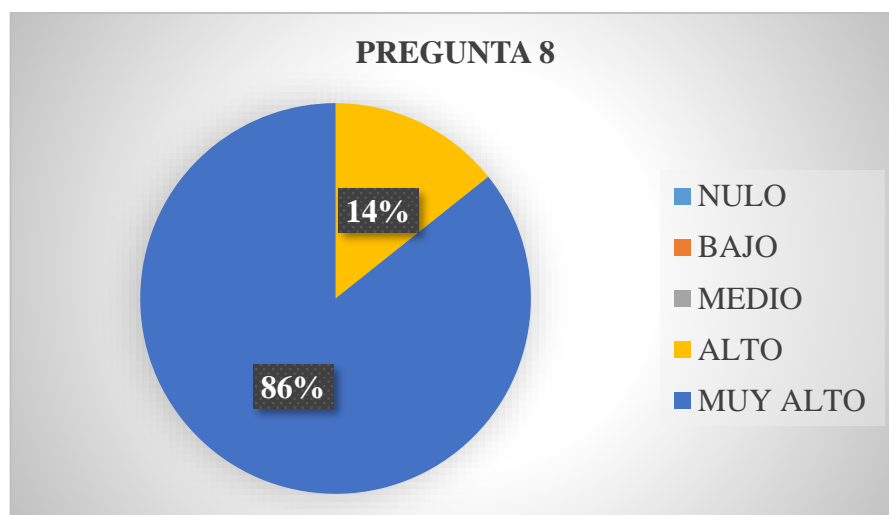
6. ¿Considera usted que el tema investigado posee relevancia para algún actor y/o sector de la sociedad?



7. **¿Considera usted que esta investigación posee perspectiva para estudios complementarios posteriores?**



8. **¿Considera usted que el tema investigado genera actualmente o a futuro un beneficio concreto para alguna organización, empresa pública o privada, comunidad o institución?**



9. ¿En función de los objetivos planteados expuestos en la investigación, considera usted que estos se cumplieron?

