

Universidad Internacional del Ecuador



Facultad de Ingeniería Mecánica Automotriz

**Artículo Investigación para la obtención del Título de Ingeniera en Mecánica
Automotriz**

**Evaluación de la incidencia de contaminación de elementos sólidos al utilizar
procesos estandarizados en los filtros de aceite de motores a gasolina**

Mateo Nicolás Vásquez Barzallo

Director: Ing. Álvaro Remache, MSc.

Quito, agosto 2020

Certificación y Acuerdo de Confidencialidad

Yo, Mateo Nicolás Vásquez Barzal, declaro bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de mi autoría, que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

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

A handwritten signature in black ink that reads "Mateo Vásquez B." The signature is written in a cursive style and is underlined.

MATEO NICOLÁS VÁSQUEZ BARZALLO

CERTIFICADO

MSc. Álvaro Remache

CERTIFICA

Que el trabajo de "EVALUACIÓN DE LA INCIDENCIA DE CONTAMINACIÓN DE ELEMENTOS SÓLIDOS AL UTILIZAR PROCESOS ESTANDARIZADOS EN LOS FILTROS DE ACEITE DE MOTORES A GASOLINA." realizado por el estudiante: Mateo Nicolás Vásquez Barzallo ha sido guiado y revisado periódicamente, cumpliendo las normas estatutarias establecidas por las Universidad Internacional del Ecuador, en el Reglamento de Estudiantes. Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que coadyuvará a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional, si recomiendo su publicación. Este trabajo consta de un empastado que contiene toda la información de este trabajo. Autoriza el señor: Mateo Nicolás Vásquez Barzallo que lo entregue a la biblioteca de la facultad, en calidad de custodia de recursos y materiales bibliográficos.

Quito, Marzo del 2021



MSc. Álvaro Remache

Docente de catedra

Dedicatoria

Está dedicado a mis padres Patricio y Lorena que con mucho esfuerzo, amor y sacrificio me han permitido culminar esta etapa. Tengan presente siempre que ustedes son mi principal motor y motivación para cumplir mis metas. A mi hermano Sebastián por ser el mejor ejemplo de disciplina y perseverancia.

A mis abuelas Lila y Yolanda por todo el cariño y apoyo que me han demostrado siempre. A mi abuelito Miguel que desde el cielo sé que me ha acompañado cada día de mi vida.

Al resto de mi familia por haber estado siempre presentes durante este proceso.

Agradecimiento

En primer lugar agradezco a Dios por haber bendecido siempre mi camino y permitirme terminar esta importante etapa de mi vida.

Gracias a la Universidad Internacional del Ecuador por haber sido mi fuente de aprendizaje y convertirme en un buen profesional. Agradezco al cuerpo docente de la Escuela de Ingeniería Automotriz por brindarme siempre su apoyo y respaldo a lo largo de mi carrera.

Agradezco especialmente al Msc. Álvaro Remache por su disposición para guiarme de la mejor manera a lo largo de la elaboración de este proyecto y por su apertura para solventar todas mis inquietudes.

Índice de Contenido

Certificación	iii
Dedicatoria	iv
Agradecimiento	vi
Resumen	13
Introducción.....	14
Fundamentación teórica.....	15
Materiales y métodos.....	17
Resultados y discusión	19
Conclusiones.....	22

ANEXOS INTRODUCCIÓN

Anexo 1: Environmental Protection Agency. Definición de desechos peligrosos. 2020	27
Anexo 2: Ministerio del Ambiente. Denominación del aceite usado de motor. 2019.28	
Anexo 3: Instituto Nacional de Estadística y Censos. Datos del año 2018 pertenecientes a la cantidad de vehículos matriculados.....	29
Anexo 4: Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador. Crecimiento del sector automotriz en el año 2018.....	30
Anexo 5: Sánchez, Manuela. Mantenimiento de sistemas de refrigeración y lubricación de los motores térmicos. 2017.	31
Anexo 6: Bosch. Funcionamiento y principales componentes de los filtros de aceite.	32
Anexo 7: Chilingua, Darwin. Deontología de los desechos peligrosos. 2019.	33
Anexo 8: Burbano, G. y Vásquez, L. Diseño y construcción de una máquina prototipo para el reciclaje de filtros de aceite de motores de gasolina.	34
Anexo 9: Córdova, Nayelhi. Evaluación de alternativas para la gestión de filtros usados de lubricadoras. 2018.....	37
Anexo 10: Constitución de la República. Artículos 14 y 15, entorno sano y libre de daños ambientales.	40
Anexo 11: Secretaría de Ambiente. Ordenanza Municipal 308. 2010.....	41

Anexo 12: Secretaría de Ambiente. Ordenanza Municipal 332. 2010.....	50
Anexo 13: Ministerio de Ambiente. Acuerdo ministerial 026. 2015.	58
Anexo 14: Bendpak. Características de la máquina compactadora Bendpak ofrecida en el mercado.	65
Anexo 15: Burbano, G. y Vásquez, L. Descripción del diseño propuesto para la elaboración de un banco de reciclaje de filtros de aceite.....	66
Anexo 16: Barrionuevo, D. Estudio del proceso de compactación con adición de calor de filtros de aceite provenientes del mantenimiento vehicular. 2015.....	71

ANEXOS FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Anexo 17: SwissOil. Proceso de obtención de aceites lubricantes.	81
Anexo 18: American Petroleum Institute. Clasificación de lubricantes según su uso API. 2016.	86
Anexo 19: Widman International SRL. Tabla SAE J300. 2015.	89
Anexo 20: American Petroleum Institute. Designación deservicio de lubricante. 2016.	91
Anexo 21: Gómez Estrada, Y. Contribución al desarrollo y mejora para la cuantificación de la degradación en aceites lubricantes usados de MCIA a través de la técnica de espectrometría infrarroja por transformada de Fourier (FT-IR).	92
Anexo 22: Widman International SRL. Definición y características de la viscosidad de los lubricantes. 2018.	110
Anexo 23: Mobil Serv. Análisis y pruebas para determinar elementos contaminantes en el aceite. 2019.	111
Anexo 24: Jafari, A. y Hassanpour, M. Analysis and comparison of used lubricants, regenerative technologies in the world. 2015.	113
Anexo 25: Stan, Andreescu, y Toma. Some aspects of the regeneration of used motor oil. 2018.	122
Anexo 26: Incinerox. Incineración de desechos peligrosos.	127
Anexo 27: Incinerox. Eliminación de desechos peligrosos a través de celdas de seguridad.....	129
Anexo 28: Builes, S. Biodegradación de aceites usados.	131

Anexo 29: Biofactor. Re-refinación de aceites usados. 2016.....	140
--	-----

ANEXOS MATERIALES Y MÉTODOS

Anexo 30: AHMSA. Propiedades de los aceros estructurales bajo la norma ASTM. 2019.	143
--	-----

Anexo 31: SurveyMonkey. Expresión matemática utilizada para obtención de la muestra. 2020.....	145
---	-----

Anexo 32: SurveyMonkey. Niveles de confianza para selección de la muestra. 2020	145
--	-----

Anexo 33: Vásquez. M. Diseño de componentes para el banco de reciclaje propuesto. 2020.	146
---	-----

Anexo 34: Criterios de diseño para esfuerzos normales directos.....	150
--	-----

Anexo 35: Mott. R. Resistencia de Materiales.....	151
--	-----

Anexo 36: Hernández R. y otros. Enfoque de la metodología de investigación. 2014.	156
---	-----

Anexo 37: Hernández R. y otros. Alcance de la metodología de investigación. 2014.	157
---	-----

Anexo 38: Hernández R. y otros. Diseño de la metodología de investigación. 2014.	158
--	-----

Anexo 39: Modelo de la encuesta realizada a los generadores.	159
--	-----

Anexo 40: Llanos, F. Propuesta para el manejo del aceite usado de vehículos automotores en el cantón Sigsig.	160
--	-----

Anexo 41: Environmental Protection Agency. Incidencia de contaminación en agua por contacto con lubricante de motor usado.	162
--	-----

Anexo 42: Datos recolectados de los generadores en base a la cantidad de cambios de aceite realizados mensualmente.....	163
--	-----

Anexo 43: Hipótesis de volumen retenido	164
--	-----

Anexo 44: Proyección de hipótesis en base a la incidencia de contaminación.	164
---	-----

Anexo 45: Guía de almacenamiento de aceite después de ser drenado del motor...	165
---	-----

Anexo 46: Aplicación de la herramienta informática Sample Size Calculator de SurveyMonkey para selección de la muestra.....	166
--	-----

ANEXOS RESULTADOS

Anexo 47: Pregunta 3. Consulta realizada a los generadores para la determinación del manejo de lubricante de motor usado.	169
Anexo 48: Pregunta 4. Consulta realizada a los generadores para la determinación del manejo de filtros usados.....	170
Anexo 49: Pregunta 5. Consulta realizada a los generadores para la determinación del conocimiento sobre el control de desechos peligrosos.	171
Anexo 50: Pregunta 6. Consulta realizada a los generadores para determinar si es necesario implementar tratamientos a los desechos peligrosos.	172
Anexo 51: Determinación de la cantidad de material ferroso obtenido del proceso de separación según el objeto.	173
Anexo 52: Resumen de la cantidad de material obtenido a través de la separación de filtros usados.	174
Anexo 53: Resultados obtenidos de incidencia de contaminación en agua y suelos.	175
Anexo 54: Fuerzas actuantes sobre el banco de reciclaje según los equipos implementados.	176
Anexo 55: Factor de seguridad y esfuerzo máximo obtenidos mediante el análisis FEA del banco de reciclaje.	177
Anexo 56: Informe de características físicas y mecánicas emitido por Autodesk Inventor sobre el diseño elaborado.	178
Anexo 57: Informe de resultados generado por Autodesk Inventor.....	179

ANEXOS FOTOGRÁFICOS

Ilustración 16. Ensamble de estructura y forrado de la misma mediante la implementación de tubo cuadrado y planchas galvanizadas.....	181
Ilustración 17. Vista trasera del ensamble de estructura y forrado del banco de reciclaje.....	181

Ilustración 18. Colocación de pintura base previo a la añadidura del color seleccionado.....	182
Ilustración 19. Colocación de pintura base previo a la añadidura del color seleccionado.....	182
Ilustración 20. Aplicación de la primera capa de la pintura seleccionada	183
Ilustración 21. Aplicación de la primera capa de la pintura seleccionada	183
Ilustración 22. Proceso de ensamble de lavabos y depósitos	184
Ilustración 23. Colocación de puertas móviles en el banco de reciclaje	184
Ilustración 24. Proceso de pintura aplicado a los lavabos.....	185
Ilustración 25. Colocación de lavabos y depósitos en el banco de reciclaje	185
Ilustración 26. Vista lateral de la adaptación de motor eléctrico para el sistema de corte	186
Ilustración 27. Vista superior de la adaptación de motor eléctrico para el sistema de corte	186
Ilustración 27. Vista posterior de la adaptación de motor eléctrico para el sistema de corte	187
Ilustración 28. Colocación del sistema de corte adaptado al banco de reciclaje.....	187
Ilustración 29. Vista lateral de la adaptación del sistema de corte en el banco de reciclaje.....	188
Ilustración 30. Prueba de corte realizada para verificación de funcionamiento del sistema	188
Ilustración 31. Prueba de corte fallada por causa de vibraciones generadas en el eje del disco	189
Ilustración 32. Falla mecánica presentada en el disco de corte.....	189
Ilustración 33. Colocación del filtro previo a la prueba de corte realizada mediante la implementación del equipo adecuado.....	190
Ilustración 34. Resultados de la prueba de corte realizada mediante la implementación del equipo adecuado.....	190

Ilustración 35. Sistema de corte y compactación implementado en el banco de reciclaje.....	191
Ilustración 36. Banco de reciclaje previo a la colocación de los equipos complementarios.....	191
Ilustración 37. Retiro y movilización del banco de reciclaje	192
Ilustración 38. Apreciación general del banco de reciclaje previo a la retirada de la protección de pintura	192
Ilustración 39. Apreciación general del banco de reciclaje posterior a la retirada de la protección de pintura	193
Ilustración 40. Apreciación general del banco de reciclaje previo a la colocación del sistema de limpieza.....	193
Ilustración 41. Bomba de agua implementada para el sistema de limpieza.....	194
Ilustración 42. Herramienta implementada para realizar la perforación del reservorio	194
Ilustración 43. Perforación del reservorio para colocar conexión con la bomba	195
Ilustración 44. Conexión entre el reservorio y la bomba que comprenden el sistema de limpieza.....	195
Ilustración 45. Apreciación de la conexión entre el reservorio y la bomba del sistema de limpieza.....	196
Ilustración 46. Apreciación frontal del sistema de limpieza accionado mediante una bomba de agua	196
Ilustración 47. Apreciación lateral del sistema de limpieza accionado mediante una bomba de agua	197
Ilustración 48. Apreciación del sistema de drenaje de aceite.....	197
Ilustración 49. Apreciación del sistema de limpieza y drenaje de aceite.....	198
Ilustración 50. Etiquetas de los diferentes procesos.....	198
Ilustración 51. Verificación de apriete sobre el disco de corte previo a ser utilizado	199
Ilustración 52. Colocación del filtro en el sistema de sujeción previo a ser separado	199

Ilustración 53. Posicionamiento adecuado del filtro previo a ser separado	200
Ilustración 54. Ajuste de filtro previo a ser separado.....	200
Ilustración 55. Proceso de separación de filtros mediante la implementación de una tronzadora	201
Ilustración 56. Filtros separados mediante el proceso de corte.....	201
Ilustración 57. Verificación de apriete del disco posterior a la realización de cortes	202
Ilustración 58. Limpieza de los filtros de aceite en una disolución de desengrasante automotriz	202
Ilustración 59. Clasificación de material ferroso posterior a la limpieza.....	203
Ilustración 60. Clasificación de material ferroso posterior a la limpieza.....	203
Ilustración 61. Pesaje de carcasas metálicas de las cuales se obtuvieron 9.76 kg...	204
Ilustración 62. Pesaje de otros elementos metálicos, de los cuales se obtuvieron 21.11 kg	204
Ilustración 63. Pesaje de papel filtrante del cual se obtuvo 12.94 kg	205
Ilustración 64. Pesaje de caucho proveniente de los sellos, de los cuales se obtuvo 1.29 kg	205
Ilustración 65. Clasificación y etiquetado de los materiales obtenidos previo al reciclaje.....	206

EVALUACIÓN DE LA INCIDENCIA DE CONTAMINACIÓN DE ELEMENTOS SÓLIDOS AL UTILIZAR PROCESOS ESTANDARIZADOS EN LOS FILTROS DE ACEITE DE MOTORES A GASOLINA

Ing. Álvaro Remache Chimbo MSc¹, Mateo Vásquez Barzallo²

¹ *Maestría en Diseño Mecánico - Universidad Internacional del Ecuador, Ingeniero Automotriz,
email alremachech@internacional.edu.ec, Quito – Ecuador*

² *Ingeniería Automotriz - Universidad Internacional del Ecuador,
email mavasquezba@internacional.edu.ec, Quito - Ecuador*

Resumen

El constante crecimiento de la industria automotriz en el Ecuador ha sido causante del incremento en la demanda de lubricantes de motor. El aceite usado es considerado como un desecho peligroso por la EPA y el Ministerio de Ambiente, ya que afecta de manera severa a los recursos naturales como las fuentes acuáticas y suelos. Con este antecedente, se propuso construir un banco de reciclaje de filtros de aceite que permita separar los componentes que pueden ser reusados y el aceite quemado que se encuentra en su interior. Se aplicó un enfoque cuantitativo, un alcance explicativo y un diseño experimental. Mediante esta metodología se puede analizar las correlaciones entre variables y comparar los resultados obtenidos. Es posible determinar si el nivel de contaminación generado por los desechos sólidos provenientes del cambio de aceite puede ser reducido al implementar procesos estandarizados. Mediante la aplicación del banco diseñado, fue posible retener de manera segura 1,2 galones de ALU, lo que evitaría el daño ambiental en 4.543 m³ de agua y 18.000 m² de suelos. Así mismo, se obtuvieron 31 kg de material ferroso, 13 kg de papel filtrante y 1,3 kg de caucho. A través de la encuesta, se confirma que existe un mal manejo de los desechos peligrosos provenientes del cambio de aceite. También existe falta de control de los gestores y desconocimiento de las leyes ambientales y tratamientos que se pueden dar a los residuos peligrosos.

Palabras Clave: Desechos peligrosos, Contaminación, ALU (Aceite Lubricante Usado), Reciclaje, Tratamientos.

Abstract

The constant growth of automotive industry in Ecuador has been the cause of an increment on the demand of motor oil. The used oil is considered as a hazardous waste by EPA and Environmental Minister of Ecuador, because it affects in severe way the natural resources like water sources and soils. Because of this, it was proposed to build a recycle bench for oil filters, allowing to separate the components that can be reused and the motor oil that is inside them. A quantitative approach, an explanatory scope and an experimental design were applied. Through this methodology it can be analyze the correlations between variables and compare the results obtained. It's possible to determine if the contamination level generated by the solid wastes coming from oil changes, can be reduced by applying standardized processes. Through the application of the recycle bench designed, it was possible to retain 1,2 gallons of used motor oil in safety way, avoiding environmental damage on 4.543 m³ of water and 18.000 m² of soils. Likewise, 31 kg of ferrous material, 13 kg of filter paper and 1.3 kg of rubber were obtained. Through a survey, it is confirmed that there is a lack of control of hazardous waste coming from oil change. Also, there is a lack of control by environmental managers and ignorance of environmental laws and treatments that can be applied on the hazardous wastes.

Keywords: Hazardous wastes, Contamination, Used motor oil, Recycling, Treatments.

1. Introducción

En la actualidad, se busca mitigar el impacto ambiental generado por la industria automotriz, considerando sus desechos. Por esta razón, la EPA ha catalogado como peligrosos a todos los que afectan a la salud y el ambiente, ya sean sólidos, líquidos, gases sólidos, y lodos [1].

En Ecuador, el Ministerio y la secretaria del Ambiente, denominan a los residuos del sistema de lubricación de motor como desechos altamente contaminantes, concluyendo que el 63% de ALU (aceite lubricante usado) es desechado al ambiente sin ningún tipo de tratamiento y control previo [2].

Como muestra la información publicada por el INEC en el año 2018 se matricularon 2'403.651 vehículos a nivel del país, de los cuales 2'082.329 son alimentados por gasolina, y 466.604 de estos pertenecen a la provincia de Pichincha [3]. De igual manera, la AEADE presenta en su anuario 2018, cifras que indican el crecimiento del sector automotriz en un 5.9% aproximadamente, registrando 68.155 afiliados correspondientes a actividades de comercialización y mantenimientos de vehículos [4].

Con estos antecedentes se concluye que Pichincha es la provincia con mayor registro de vehículos en comparación al resto del país. Por lo tanto, la mayor concentración de automotores se encuentra en el Distrito Metropolitano de Quito, al ser la ciudad principal del territorio. Así mismo, se ha provocado un mayor consumo y generación de desechos tóxicos, ya que no existe un gran conocimiento acerca de los tratamientos que pueden darse a los mismos.

Siendo así, la problemática radica en que parte de la industria automotriz, no se encuentra debidamente capacitada y posiblemente no cuenta con una debida infraestructura y equipos que faciliten cumplir las normas dispuestas para la recolección de lubricantes y filtros usados, afectando de gran manera al tratado de los residuos ya mencionados.

1.1 Filtros

Los filtros de aceite se encargan de limpiar el lubricante que circula en el motor, liberándolo de impurezas que se forman durante los ciclos de trabajo, como

es la limalla, los polvos, el hollín, etc. Por otra parte, regulan el caudal y la presión de aceite en temperaturas adversas a las de funcionamiento, brindando seguridad a la operatividad de los motores [5]. Los materiales de los componentes son caucho, papel filtrante fenólico, y acero. Según un artículo presentado por la Universidad Salesiana, se obtiene que los filtros están compuestos en un 30% a 50% de material ferroso [6].

1.2 Estudios

Según el estudio de Burbano y Vásquez, realizado en Cuenca, los filtros usados son eliminados a través de procedimientos con alto porcentaje de contaminación, ya que han sido considerados desechos comunes, siendo enterrados sin ser tratados previamente. Como resultados deducen que el 60% de aceite usado es recolectado por la empresa municipal ETAPA, y el 40% restante se vende, almacena, y desecha al alcantarillado, generando un alto grado de contaminación [7].

Por otra parte, un estudio llevado a cabo en Santo Domingo, indica que un 48% de las lubricadoras no conocen acerca de gestores ambientales, así mismo un 39% desconoce la legislación ambiental, un 23% no ofrece a sus trabajadores capacitaciones acerca del manejo de residuos, un 27% no desea recibir instrucción sobre el manejo adecuado de estos desechos, y un 70% desconoce las alternativas para la gestión de filtros usados [8].

1.3 Objetivo General

Dados a los antecedentes presentados, se propone realizar una evaluación de la incidencia de contaminación que genera el mal manejo de desechos provenientes de la lubricación de motores a gasolina, mediante procesos estandarizados con la fabricación de una máquina recicladora.

1.4 Normativas

En el Ecuador existen normativas que tienen como objetivo controlar y supervisar los posibles daños ambientales causados por los desechos considerados como tóxicos. En base a la Constitución de la República, se toma en cuenta los artículos 14 y 15 pertenecientes a la Sección Segunda del Capítulo Segundo del Título II referente a Derechos [9]. Los

centros técnicos vehiculares deben registrarse a las ordenanzas municipales 308 [10] y 332 [11], donde se hace referencia a los GPA que deben manejar bajo la emisión de las LUAE, y las infracciones que no deben cometerse. También se considera el acuerdo ministerial 026 [12] que indica la obligatoriedad de registro de los generadores de desechos peligrosos en el MAE.

1.5 Máquinas recicladoras

En el mercado actual, existen máquinas capaces de compactar los filtros de aceite usados. El modelo que ofrece Bendpak, puede reducir el tamaño de los filtros hasta un 25% y drenar el aceite un 95% [13]. Sin embargo su costo de adquisición ronda los \$1500 dólares en USA. Por este motivo, en el Ecuador se han realizado prototipos artesanales de reciclaje de filtros. Por ejemplo, se tiene el realizado por Burbano y Vázquez [14], en el cuál se implementó un mecanismo de corte mediante el diseño de un eje y un sistema de compactación, logrando cumplir el propósito de separar los elementos de los filtros usados. Otro estudio realizado por Barrionuevo en Ambato [15], implica la adición de calor a través de un mechero Bunsen alimentado por GLP. Establece que el añadir calor reduce la viscosidad del aceite y la fuerza de cohesión, concluyendo que el mejor resultado se obtuvo a 30s de exposición a una temperatura de 185.4 °C, logrando reducir 12% del peso y 58% de altura de los filtros.

2. Fundamentación teórica

La obtención de aceites lubricantes se produce mediante la refinación del petróleo crudo a través de una torre de destilación industrial, donde se pueden obtener diferentes derivados según la temperatura de la misma. Siendo más específicos, se puede decir que este resulta a partir de la condensación del petróleo a una temperatura aproximada de 270°, quedando en la parte inferior de la torre por ser un compuesto más pesado en comparación a otros derivados como son la gasolina, solventes y gases que tienden a dirigirse hacia la parte superior. La calidad del aceite lubricante depende del nivel de azufre que se encuentra en el crudo, el cual es necesario disminuir para perder características ácidas que influyen en el

rendimiento de aceite en el motor, así mismo es necesario la implementación de aditivos para mejorar sus cualidades técnicas, además que la adopción de los mismos definen la aplicación para la cual se diseña el aceite, ya sea motor, transmisiones, frenos, entre otros [16].

Dentro del proceso de destilación también pueden llevarse a cabo otros subprocesos como es el hidrocraqueo, cuya finalidad es mejorar el índice de viscosidad. Como segundo subproceso se realiza la desparafinación, mejorando el punto de fluidez, y finalmente se tiene el hidroacabado donde se mejora la estabilidad a la oxidación [17].

2.1 Clasificación de los lubricantes

Actualmente existen varios tipos de aceite en el mercado para las diferentes aplicaciones y pueden clasificarse de distintas maneras, por ejemplo según su proceso de obtención como minerales, semi-sintéticos, y sintéticos. El aceite de motor semi-sintético incorpora una mezcla de aceites base sintéticos y convencionales para ofrecer mayor resistencia a la oxidación (en comparación con el aceite convencional), además de brindar excelentes propiedades en bajas y altas temperaturas [18].

La clasificación de lubricantes automotrices es dada por la normativa impuesta por el Instituto Americano de Petróleo (API) y la Sociedad de Ingeniería Automotriz (SAE), diferenciándose en que SAE presenta un cuadro donde se observa el grado de viscosidad [19], mientras que API indica la designación de servicio [20].

2.2 Degradación del lubricante

La calidad y viscosidad del aceite se ven afectadas con el uso de los vehículos y otros factores, como la ubicación geográfica y ambiente en el cual son operados. Las causas principales en la degradación del lubricante son: oxidación, nitración, y contaminación. Estos eventos pueden suceder por presencia de agua, altas temperaturas, y otras formas de contaminación como es el material desprendido por desgaste de elementos metálicos o contacto con gases productos de la combustión, acelerando la degradación de los lubricantes [21].

La viscosidad está definida como la resistencia que tiene un lubricante a fluir y

se considera como un criterio fundamental para la correcta respuesta y desempeño del motor. De manera técnica se entiende como la oposición de un fluido a las deformaciones tangenciales, producidas por la por la fuerza de cohesión interior que existe en su estructura molecular [22].

2.3 Elementos contaminantes y aditivos

El análisis de aceite de motor es una herramienta que permite observar la presencia de elementos contaminantes. Estos provienen del desprendimiento de material metálico y otras condiciones de funcionamiento, influyendo directamente en la degradación del lubricante como se mencionó anteriormente. Dentro de las pruebas que pueden usarse en dicho análisis, se encuentran la de indicador de refrigerante, dilución de combustible, presencia de metales, oxidación, hollín, TAN, viscosidad y presencia de agua [23]. El estudio [24] muestra varias clasificaciones de los aceites generados comúnmente y el tipo de industria a la cual pertenecen. Es posible evidenciar que la mayoría de residuos provienen de industrias relacionadas con la utilización de hidrocarburos y otros químicos, como son los servicios de reparación automotriz, estaciones de petróleo, químicos de construcción y limpieza de superficies metálicas, entre otras.

Igualmente señala que un barril de aceite usado está compuesto de 1-15% de agua, 1-5% de hidrocarburos ligeros, 60-90% de materia recuperable y 7-20% de aditivos y elementos contaminantes. Se concluye que la fuente que más impacto genera en la degradación del lubricante es la alteración química de los aditivos implementados y su interacción, que provocan componentes corrosivos, además de que los PHAs resultantes son dañinos para la salud por ser compuestos cancerígenos. Así mismo, se indica que los aditivos comúnmente utilizados en la producción de aceites lubricantes son modificadores de fricción, inhibidores de corrosión, antioxidantes, detergentes, dispersantes, mejoradores de viscosidad y antiespumantes.

2.4 Eliminación de filtros y aceites usados

Existen varios métodos para el reúso y la regeneración de los lubricantes usados. Para reusar lubricante, es posible aplicar tratamientos como el re-

refinamiento, craqueo térmico, gasificación, incineración, etc. Por otra parte, para la regeneración existen otros procesos que incluyen tratamientos como es el ácido/arcilla, destilación/arcilla, extracción de solventes, entre otros [25].

En la ciudad de Quito, los principales gestores ambientales encargados del control de dichos desechos peligrosos bajo las licencias ambientales son Biofactor e Incinerox. En cuanto al manejo de lubricantes usados, estas entidades realizan tratamientos de incineración, re-refinación, colocación de residuos peligrosos en celdas de seguridad estabilizadoras, y la recuperación y revalorización de residuos.

La incineración es un proceso que se lleva a cabo mediante la aplicación de un horno industrial. En este proceso primeramente se clasifican los desechos que pueden ser quemados, como son filtros de aceite, filtros de aire, textiles contaminados con hidrocarburos y solventes, sólidos combustibles, etc. Durante el proceso de incineración, los gases residuales ingresan a los filtros de manga y carbón activado antes de ser expulsados a la atmósfera. Así mismo, las cenizas remanentes de la combustión son transportadas a las celdas de seguridad [26]. La celda implementada por Incinerox contiene mallas superpuestas, geo membrana y arcilla de alta densidad, logrando alcanzar un nivel de impermeabilización, de esta manera se evita la contaminación de aguas subterráneas y del suelo. Sin embargo, antes de colocar los residuos en la celda, estos deben atravesar una etapa de estabilización química y encapsulamiento mediante la implementación de concreto, dependiendo el tipo de desecho. Los residuos que generalmente se ven colocados en estas celdas son cenizas de combustión, reactivos químicos, pilas y metales pesados como plomo, cromo, cadmio, níquel, entre otros [27].

En cuanto al aceite usado, es posible sacar provecho de su capacidad energética ya que puede ser utilizado como combustible para plantas con un requerimiento de alta potencia térmica como son los hornos de las cementeras. Cuando el aceite es quemado en estos hornos, los metales pesados que se encuentran en él se incorporan finalmente al cemento. En el caso de las partículas que no

son retenidas, estas son separadas mediante precipitadores electrostáticos.

Una segunda opción para el aprovechamiento del lubricante usado es aplicar métodos físico químicos, con el fin de producir combustible para fuentes de energía con menor potencia térmica, como son los motores de combustión y calderas. Estos métodos suelen ser realizados por destilación y con aditivos floculantes, logrando ser capaces de separar los elementos volátiles, agua, y metales pesados [28].

La re-refinación es un proceso de recuperación de lubricante usado, permitiendo eliminar contaminantes solubles e insolubles. Dentro de este proceso se pueden encontrar 3 etapas, el pre tratamiento, la regeneración y el acabado. En el pre tratamiento, el aceite pasa por una etapa de filtrado en la cual se retiran las partículas insolubles. Posteriormente se aplica un proceso de destilación al vacío o extracción por solventes para retirar los aditivos degradados, las partículas de agua y otros contaminantes como combustibles livianos [29] [30].

3. Materiales y métodos

3.1 Materiales

En la estructura es necesario utilizar un material que garantice la estabilidad y soporte el peso de los equipos empleados. Para su construcción se seleccionó acero A36 por su facilidad de adquisición y sus características mecánicas, ya que asegura la calidad requerida. El material seleccionado es un acero al carbón, el cual está disponible para la implementación de perfiles, placas y barras. Las propiedades del material se pueden ver en la tabla 1.

Tabla 1. Propiedades de aceros estructurales

Material ASTM	Resistencia última, Su		Resistencia cedencia, Sy	
	ksi	Mpa	ksi	Mpa
A36 - acero al carbón	58	400	36	248

Fuente: [31] AHMSA

En el ensamblaje del sistema de corte se requiere utilizar un motor eléctrico para potenciar al disco. Dicho motor debe ser alimentado por 120 voltios de corriente alterna, con una frecuencia de 50 a 60 Hz,

logrando entregar una potencia de 1200 watts. Para la base de sujeción de filtros, se diseñó una mordaza de platina con regulación de tornillo, de esta manera se puede adaptar el corte a diferentes tamaños de filtros de aceite. Así mismo, el sistema de corte consta de un eje de pivote con resorte, que permite al mecanismo retornar a su posición inicial después de efectuar dicha acción. Al realizar la separación de los elementos constituyentes de los filtros, el aceite es drenado a través de un lavabo de acero galvanizado que dirige dicho fluido hacia un reservorio hermético ubicado en el compartimento interior de la estructura.

El sistema de compactación utiliza una prensa que es accionada manualmente. Así mismo, requiere utilizar un lavabo para dirigir el aceite que es escurrido del papel compactado, hacia el reservorio del sistema de corte donde se almacena el lubricante usado.

En cuanto al sistema de lavado y secado, es necesario implementar un compresor de aire de 1 HP, una bomba de flujo de 1 HP, líneas de canalización para ambos fluidos, un lavabo de acero galvanizado, y un reservorio para el desengrasante utilizado.

El trabajo en conjunto de estos elementos permiten formar un sistema de recirculación, logrando sacar el máximo provecho de los componentes de limpieza.

Para la recolección y clasificación de los residuos ferrosos, papel filtrante y caucho, se utilizan depósitos individuales.

El sistema eléctrico del banco debe proporcionar alimentación a los equipos y brindar seguridad al operario. Dado a esto, las conexiones confinan en un solo punto, permitiendo una organización adecuada del cableado y reduciendo los riesgos eléctricos que pueden presentarse.

3.2 Herramientas

Para calcular el tamaño de muestra en relación a los centros técnicos encuestados, se implementó la herramienta informática Sample Size Calculator de SurveyMonkey, la cual está programada en base a la fórmula general de tamaño de muestra, permitiendo seleccionar los distintos grados de confiabilidad, los cuales se evidencian en la tabla 2.

Tabla 2. Valor de puntuación Z para selección de la muestra

Nivel de confianza deseado	Puntuación Z
80%	1.28
85%	1.44
90%	1.65
95%	1.96
99%	2.58

Fuente: [32] SurveyMonkey

El diseño y modelaje de la estructura de la máquina se realizó mediante la aplicación del software Autodesk Inventor, el cual posee simuladores que permiten predecir el comportamiento adecuado de los elementos diseñados. Una vez verificado el funcionamiento, se llevó a cabo la construcción física de la misma.

A continuación se presentan los modelos matemáticos en los que se basa el software de diseño, con los cuales se realiza el cálculo de esfuerzos, factor de seguridad y deformación mecánica de la máquina.

La ecuación 2.5 se deduce a partir de las ecuaciones previas, logrando obtener un modelo cuantitativo para encontrar la deformación mecánica que sufre el objeto evaluado, en este caso la estructura de la máquina recicladora.

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad \text{Ec. [2.1]}$$

$$\varepsilon = \frac{L_f - L_o}{L_o} \quad (100) \quad \text{Ec. [2.2]}$$

$$\sigma = (E)(\varepsilon) \quad \text{Ec. [2.3]}$$

$$\frac{F}{A} = (E)(\varepsilon) \quad \text{Ec. [2.4]}$$

$$\therefore dm = \frac{(F)(L_o)}{(E)(A)} \quad \text{Ec. [2.5]}$$

Donde σ es el esfuerzo generado, F la fuerza aplicada, A el área donde se da el esfuerzo, E el módulo de elasticidad, ε es la deformación unitaria, L_o y L_f son las distancias iniciales y finales, y dm la

deformación mecánica generada por los datos anteriores.

De igual manera, la investigación requiere el uso de equipos de medición de tiempo y herramientas informáticas como es Microsoft Excel, donde se podrán comparar las variables para que estas puedan ser analizadas posteriormente junto con los demás datos estadísticos obtenidos.

3.3 Métodos

El estudio tiene un enfoque un cuantitativo, ya que se requiere medir variables y eventos presentes a través de la estadística [33]. El alcance planteado es de tipo explicativo, permitiendo llevar a cabo el análisis de correlaciones existentes entre las variables de investigación. Así mismo, este tipo de alcance se rige a las acciones de control y validez en el estudio [34]. Por este motivo también se define que la investigación será realizada a través de un método experimental, permitiendo comparar los resultados obtenidos [35]. Mediante la metodología seleccionada se logrará determinar si el nivel de daño ambiental generado por los desechos sólidos provenientes de los cambios de aceite, puede ser reducido al implementar procesos estandarizados como es la máquina diseñada para el reciclaje de los mismos.

3.4 Evaluación de impacto ambiental

Para la evaluación de incidencia de contaminación se considera el rendimiento de la máquina, de esta manera puede determinarse cuál es la cantidad de lubricante y material reciclado.

Para determinar el rendimiento es necesario establecer el número de ciclos que debe realizar la máquina para el reciclaje mediante los datos obtenidos de las encuestas, considerando el valor mínimo y máximo.

Así mismo, es posible determinar la proporción de contaminación que puede ser reducida en los recursos naturales, utilizando como indicadores que un galón de lubricante usado puede llegar a formar una mancha de 15000 m^2 [36] [37] en el suelo, y un galón de aceite usado puede contaminar hasta 1'000.000 de galones de agua [38], lo que equivale a 3785 metros cúbicos.

La máquina diseñada debe cumplir con una eficiencia mínima de 160 filtros mensuales,

dado a que es el valor más alto de cambios de aceite realizados por parte de los generadores encuestados que se encuentran en la zona estudiada.

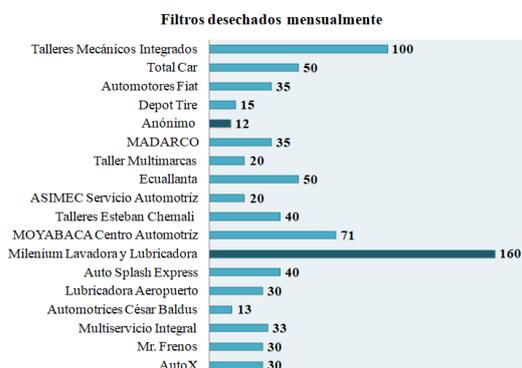


Ilustración 1. Rango de filtros desechados
Fuente: (Vásquez, 2020)

Considerando que en el interior de los filtros se almacenan 2 onzas de aceite aproximadamente, se plantea de manera hipotética que el total de ALU recogido a través de la separación de los filtros alcance 2,5 galones. Al retener dicha cantidad de manera segura y hermética, se reduciría la contaminación de 2'500.000 litros de agua potable y se evitaría el daño ambiental en 10.000 metros cuadrados de suelos.

La aproximación planteada en la hipótesis se puede ver en la tabla 3, donde se utilizaron datos mostrados por la EPA, los cuales indican que los filtros de aceite drenados pueden contener entre 2 a 8 onzas [39] de lubricante quemado en su interior. El volumen mencionado varía, ya que depende del depósito de lubricante que ha sido diseñado por los fabricantes de vehículos.

Tabla 3. Valor aproximado de lubricante retenido

Filtros usados	Volumen contenido		
	Mínimo [Oz]	Máximo [Oz]	Promedio [Oz]
160	2	8	5
Volumen aproximado	320	1280	800

Fuente: (Vásquez, 2020)

3.5 Muestra

La muestra está delimitada al alcance geográfico que comprende el sector de La "Y" y el terminal de transporte del Parque Bicentenario, ubicados en la zona norte del Distrito Metropolitano de Quito, dado a que existe un grupo moderado de talleres, lubricadoras y concesionarios aledaños.

La muestra calculada indica que se debe realizar encuestas a 18 centros técnicos que se encuentren en los sectores seleccionados, considerando un 95% de nivel de confiabilidad y un 5% de margen de error.

La encuesta a realizarse contiene preguntas relacionadas a los procesos utilizados para efectuar el drenado, almacenamiento y manejo de filtros y aceite usados.

Por otro lado, se debe tomar en cuenta las exclusiones para la selección de la muestra, ya que existen talleres que no están dispuestos a llenar la encuesta propuesta para el estudio, así como existen talleres que presentan información alterada.

4. Resultados y discusión

4.1 Resultados

Los resultados obtenidos a través de la encuesta indican que 69% de los generadores de desechos contaminantes entregan el lubricante usado a los gestores ambientales autorizados, sin embargo el 31% de los centros técnicos también realizan otras actividades en cuanto al manejo del lubricante como es el almacenaje, venta y reciclaje.

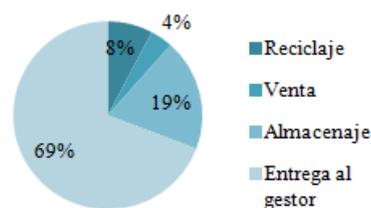


Ilustración 2. Procedimientos dados al lubricante usado

Fuente: (Vásquez, 2020)

En cuanto a los filtros desechados, el 50% se entrega a los gestores designados, el 25% vende los filtros, el 13% los almacena, el 8% recicla y un 4% realiza otros procesos.

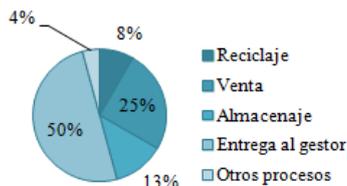


Ilustración 3. Procesos dados a los filtros

Fuente: (Vásquez, 2020)

En relación a los controles aplicados sobre los desechos peligrosos provenientes de la industria automotriz, 83% de los generadores expresaron que si tienen conocimiento de ellos, mientras que un 17% no.



Ilustración 4. Conocimiento en cuanto al control de aceite y filtros usados

Fuente: (Vásquez, 2020)

Así mismo, 94% de los generadores encuestados concuerdan en que sí es necesario dar tratamientos especiales para lograr un reciclaje adecuado de los desechos contaminantes estudiados, mientras que un 6% no está de acuerdo.

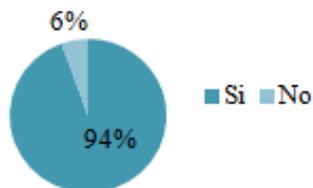


Ilustración 5. Opinión sobre la implementación de tratamientos de reciclaje para los desechos peligrosos

Fuente: (Vásquez, 2020)

Considerando los procedimientos dados a estos desechos peligrosos y la falta de control e información de los generadores, se deduce que existen brechas que abren paso a la contaminación de los recursos naturales.

Con el fin de reducir dicha incidencia de contaminación, se fabricó un banco de reciclaje que permite separar los distintos componentes de los filtros y el aceite que se encuentra en su interior. El diseño del banco permite un drenado seguro, es decir que el aceite obtenido de la separación no

entra en contacto directo con los recursos naturales, ya que se almacena en un tanque hermético que está protegido del sol y la lluvia.

Como resultados del proceso de separación, se logró almacenar 1,2 galones de aceite usado. Así mismo, se obtuvo 31 kilogramos de material ferroso, 13 kilogramos de papel filtrante y 1,3 kilogramos de caucho.

Al lograr almacenar 1,2 galones de aceite usado y considerando los factores de contaminación establecidos previamente en la metodología, se obtuvo que el nivel de polución en el agua puede disminuir en $4.543 m^3$, mientras que el área contaminada de suelos puede reducirse en $18.000 m^2$.

Por otra parte, las fuerzas de carga aplicadas sobre la mesa de trabajo se determinaron mediante el pesaje de cada elemento que compone el sistema de reciclaje. Siendo así, los resultados obtenidos a través del análisis por el método de elementos finitos, muestran que el diseño de la estructura funciona de manera adecuada bajo las cargas y esfuerzos mecánicos a la cual está sometida.

En los siguientes gráficos se observan los resultados obtenidos mediante las cargas aplicadas. En el primer gráfico se evidencia el factor de seguridad correspondiente a 1.51 ul, mientras que en el segundo se observa el esfuerzo máximo de 232,2 MPa. Mediante estos resultados, se demuestra que el diseño estructural del banco de reciclaje se encuentra dentro de los criterios de diseño, ya que no se supera la resistencia última del material y existe un factor de seguridad adecuado para cargas muertas.

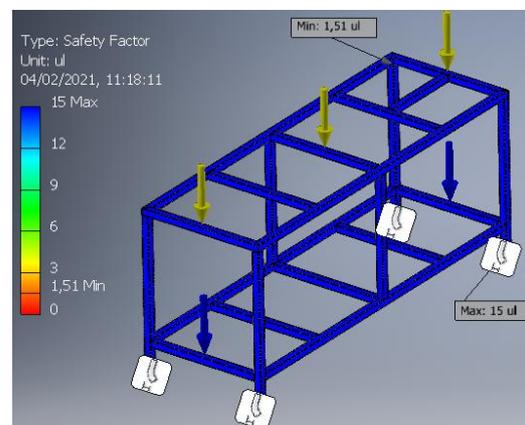


Ilustración 6. Factor de seguridad de diseño

Fuente: (Vásquez, 2020)

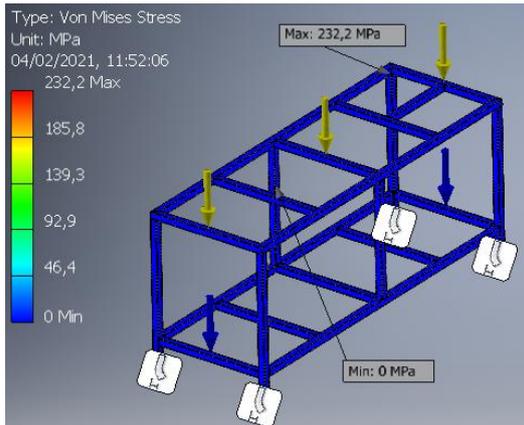


Ilustración 7. Esfuerzo máximo obtenido en el diseño

Fuente: (Vásquez, 2020)

4.2 Discusión

A partir de los resultados obtenidos y la parte experimental, es posible analizar el presente estudio con aquellos que fueron tomados en cuenta para la elaboración del mismo.

Por una parte se tiene el estudio de Burbano y Vásquez realizado en Cuenca, donde se fabricó una máquina recicladora la cual implementa un mecanismo de corte mediante un mandril, una cuchilla y un eje diseñado para llevar a cabo la rotación generada por un motor eléctrico. Una vez separados los componentes de los filtros, el papel filtrante es compactado mediante una prensa neumática para eliminar el residuo de aceite que contienen en sus fibras. En cuanto al proceso de limpieza, las carcassas son colocadas en un depósito donde se drena el aceite por gravedad, sin embargo es un proceso que requiere la implementación de desengrasantes que garanticen la remoción del lubricante. Concluyen que el 60% de los residuos provenientes del cambio de aceite es entregado directamente al gestor ambiental, mientras que el 40% restante se elimina mediante otras prácticas, siendo causantes de un alto grado de contaminación.

Comparando el estudio de Burbano y Vásquez con el modelo presentado en el artículo actual, la mayor diferencia se puede apreciar en los sistemas de corte y compactación. El sistema de corte implementado en el presente estudio, utiliza un motor eléctrico que propulsa a un disco de corte, el cual baja manualmente a través de un punto de pivote. Inicialmente se

adequó el motor de una fresadora de madera junto a un eje de acero, sin embargo se reemplazó el mecanismo por el equipo adecuado para realizar el dado a la presencia de una falla por causa de la potencia del motor y las vibraciones generadas en el eje, haciendo que el disco de corte explotara poniendo en riesgo a la integridad física del operario. En cuanto al proceso de compactación, el sistema presentado por Burbano y Vásquez tiene una mayor capacidad de trabajo, eso se debe a la implementación de un circuito neumático de control, mientras que en este estudio se elaboró una prensa manual, la cual necesita ser mejorada para cumplir su propósito. Así mismo, en el presente estudio si se considera un proceso de limpieza más adecuado, vertiendo las carcassas en una disolución de desengrasante y agua. Posterior al remojo, el material ferroso y el caucho pasan a la bandeja de lavado, logrando eliminar los residuos sobrantes mediante la implementación de un sistema hidráulico y un compresor de aire para escurrir el exceso de líquidos.

Poniendo en contraste el estudio realizado por Barrionuevo para el reciclaje de filtros de aceite, se puede mencionar que basa su proceso en un método donde se añade calor producido por GLP a los filtros usados. De esta manera logra disminuir la viscosidad del aceite para un mejor drenado y compactación de los filtros. Concluye que el mejor resultado se da al exponer al filtro a una temperatura de 185 °C durante 30 segundos, reduciendo el tamaño en un 58% y el peso en 20 gramos. Sin embargo, al aplicar este proceso es posible que exista una mayor contaminación del aire por las emisiones de vapores proveniente del aceite usado al ser calentado, llegando a afectar a la salud de las personas. Además, no existe una separación total de los componentes internos, ya que el filtro es prensado totalmente conteniendo el cartucho filtrante y otros componentes que pueden tener un tratamiento de reciclaje. Así mismo, es posible que el aceite no se drene totalmente comparado a un proceso de separación total, pudiendo llegar a los rellenos sanitarios y generar una incidencia de contaminación mayor en suelos y aguas subterráneas.

Finalmente, el estudio llevado a cabo por Nayelhi Córdova busca determinar cuál es la mejor opción entre la compactación, la máquina recicladora propuesta por Burbano y Vázquez y una planta industrial de trituración Andritz, para la implementación en la ciudad de Santo Domingo. La propuesta nace a partir de la necesidad de controlar de mejor manera los desechos sólidos producidos por los generadores. Dentro de los resultados obtenidos, indica que 52% de los encuestados no conocen gestores que realicen la gestión de los filtros, 61% aseguran que si conocen la legislación ambiental, 77% concluyen que no han recibido capacitaciones sobre el manejo de residuos peligrosos y 70% no conocen alternativas para el tratamiento de estos residuos. Siendo así, Córdova determina que la opción más viable es la implementación de la planta industrial; sin embargo son residuos que no son separados de manera correcta ya que resultan muchas más partículas separadas de cada material complicando su proceso de clasificación, específicamente el caucho y el papel filtrante. Finalmente, el producto resultante de la trituración pasa a una centrifuga para extraer el aceite contenido, sin embargo no se especifica la eficacia de este paso, por lo cual no se sabe si se extrae en su totalidad o solamente de manera parcial.

Cabe mencionar que los estudios analizados tratan de cubrir la totalidad de las ciudades nombradas, por lo cual los resultados en referencia a la cantidad de material reciclado e incidencia de contaminación dependerá de la presencia de generadores que se encuentren en las zonas estudiadas. En el caso del estudio propuesto de manera actual, considera que el Distrito Metropolitano de Quito es sumamente más grande en comparación las ciudades antes mencionadas, por lo cual se escogió un lugar estratégico donde se concentran gran cantidad de generadores de residuos sólidos peligrosos, como es el sector que abarca el Antiguo Aeropuerto, La Y y Canal 4.

5. Conclusiones

En primer lugar se concluye que los resultados de la evaluación realizada a los generadores en las zonas establecidas, indican que si existe un mal manejo de los desechos resultantes de las malas prácticas

al realizar cambios de aceite. A través del banco de reciclaje propuesto, se determinó cual es la proporción de incidencia de contaminación al aplicar procesos estandarizados como es la separación, limpieza, retención de lubricante y clasificación de los residuos pertenecientes a los filtros, obteniendo que la contaminación en agua podría reducirse en $4.543 m^3$, mientras que el área contaminada de suelos puede disminuir en $18.000 m^2$ al evitar el contacto con estos residuos peligrosos.

Como segunda conclusión, se afirma que existen diferentes tratamientos que pueden emplearse al lubricante usado y a los demás materiales extraídos de los filtros. Parte de estos procesos para el tratamiento de aceite usado es la re-refinación, que consiste en tratar al lubricante con varios métodos logrando reemplazar los aditivos degradados y eliminar otras partículas contaminantes como son metales pesados, agua y residuos de combustión. De esta manera, el aceite refinado puede ser usado nuevamente cumpliendo estándares de calidad apropiados para el correcto funcionamiento de motores de combustión. Por otra parte también ayuda al cuidado ambiental, ya que no se emplean procesos donde se involucra una alta demanda de agentes ácidos; además el uso de aceites vírgenes se ve reducido.

En tercer lugar, se concluye que el diseño del banco de reciclaje cumple adecuadamente con la función de separar los filtros y retener el aceite que se drena del interior de los mismos. Sin embargo, es necesario mejorar el sistema de compactación mediante la implementación de un circuito neumático, ya que de esa forma es posible recolectar una mayor cantidad de aceite que se encuentra impregnado en las fibras de los cartuchos filtrantes. No obstante, se cumple con las normativas estipuladas para los generadores de residuos sólidos peligrosos, las cuales hacen referencia a la obligación de constar de instalaciones adecuadas, garantizando la hermeticidad del equipo y la protección del sol y de la lluvia.

Finalmente, se concluye que la separación de filtros es la mejor opción para drenar el aceite que está en su interior. De esta manera se logra reducir la contaminación en

cierto nivel, además de que permite un mejor proceso de reciclaje de los demás materiales que componen los filtros.

6. Bibliografía

- [1] EPA, «United States Environmental Protection Agency,» EPA, 19 02 2020. [En línea]. Available: <https://www.epa.gov/hw/learn-basics-hazardous-waste>. [Último acceso: 18 05 2020].
- [2] K. Barrera, «Ministerio del Ambiente,» 16 05 2019. [En línea]. Available: <https://www.ambiente.gob.ec/por-primer-vez-ecuador-reciclara-el-100-de-lubricantes-usados/>.
- [3] INEC, «Instituto Nacional de Estadística y Censos,» 11 2019. [En línea]. Available: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/transporte/>. [Último acceso: 10 05 2020].
- [4] AEADE, «Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador,» [En línea]. Available: <http://www.aeade.net/wp-content/uploads/2019/03/Anuario%202018.pdf>.
- [5] M. R. Sanchez, Mantenimiento de sistemas de refrigeración y lubricación de los motores térmicos, España: Elearning S.L., 2017.
- [6] D. Chiliquina, «eumed.net,» 05 2019. [En línea]. Available: <https://www.eumed.net/rev/oel/2019/05/deontologia-desechos-peligrosos.html>. [Último acceso: 17 05 2020].
- [7] G. Burbano y L. Vásquez, «Universidad del Azuay,» 2011. [En línea]. Available: <http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/6064/1/08414.pdf>.
- [8] N. S. C. Torres, «Universidad Tecnológica Equinoccial,» 04 2018. [En línea]. Available: <http://repositorio.ute.edu.ec/handle/123456789/20620>.
- [9] Asamblea Nacional del Ecuador, «Constitución de la República del Ecuador,» de *Constitución de la República del Ecuador*, Quito, 2008, pp. 29-30.
- [10] Secretaría de Ambiente, «Secretaría de Ambiente,» 06 2010. [En línea]. Available: http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/images/Secretaria_Ambiente/Documentos/calidad_ambiental/normativas/ordm_308_lic_metro_uni_ejer_activ_eco.pdf. [Último acceso: 18 05 2020].
- [11] Secretaria de Ambiente, «Secretaria de Ambiente,» 2010. [En línea]. Available: http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/images/Secretaria_Ambiente/Documentos/calidad_ambiental/normativas/ordm_332_sis_gest_int.pdf. [Último acceso: 19 05 2020].
- [12] MAE, «Ministerio del Ambiente,» 2015. [En línea]. Available: http://suia.ambiente.gob.ec/documents/10179/255073/AM+026++registro+generadores+desechos+peligrosos_gesti%C3%B3n+y+transporte.pdf/b4c082ef-3816-46d5-83fd-8867aa297352?version=1.0. [Último acceso: 19 05 2020].
- [13] BendPak, «BendPak,» 2013. [En línea]. Available: <https://www.bendpak.com/shop-equipment/oil-filter-crushers/recycling-used-oil-filters/>. [Último acceso: 19 05 2020].
- [14] G. Burbano Villavicencio y J. Vásquez Arce, «Universidad del Azuay,» 2011. [En línea]. Available: <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/6064>. [Último acceso: 16 03 2020].
- [15] D. Barrionuevo, «Universidad Técnica de Ambato,» 04 2015. [En línea].

- Available:
<http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/10359>. [Último acceso: 28 03 2020].
- [16] Swissoil, «Swissoil,» 05 2012. [En línea]. Available:
https://swissoil.com.ec/boletines/SO_Boletin01_aceites_basicos.pdf.
- [17] Swissoil, «Swissoil,» 28 07 2017. [En línea]. Available:
<https://swissoil.com.ec/index.php/tecnologia>. [Último acceso: 2020].
- [18] Pennzoil, «Pennzoil,» s.f. [En línea]. Available:
https://www.pennzoil.com/es_us/conocimientos/conozca-su-aceite/tipos-de-aceite-de-motor-y-uso-recomendado.html.
- [19] Widman International SRL, «Widman International SRL,» 18 11 2018. [En línea]. Available:
<https://www.widman.biz/Seleccion/j300.html>. [Último acceso: 2020].
- [20] American Petroleum Institute, «American Petroleum Institute,» American Petroleum Institute, 2016. [En línea]. Available:
https://www.api.org/~media/Files/Certification/Engine-Oil-Diesel/Publications/2016-303_MotorOilGuide_Espaol_Lo.pdf. [Último acceso: 2020].
- [21] Y. A. Gómez Estrada, «RiuNet UPV,» 02 2013. [En línea]. Available:
<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/19244/tesisUPV4033.pdf;jsessionid=2EC0B9D4285C21A04BC6E0D65E8D6701?sequence=1>. [Último acceso: 01 09 2020].
- [22] Widman International SRL, «WIDMAN INTERNATIONAL SRL Mantenimiento Proactivo,» 18 11 2018. [En línea]. Available:
<https://www.widman.biz/Seleccion/viscosidad.html>. [Último acceso: 2020].
- [23] Mobil, «Mobil Serv Lubricant Analysis,» 2019. [En línea]. Available:
<https://mobilserv.mobil.com/pdfs/engine-analysis.pdf>. [Último acceso: 03 09 2020].
- [24] A. J. Jafari y M. Hassanpour, «ScienceDirect,» 2015. [En línea]. Available:
<http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.07.026>. [Último acceso: 15 08 2020].
- [25] C. Stan, C. Andreescu y M. Toma, «ScienceDirect,» 2018. [En línea]. Available:
<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.03.102>. [Último acceso: 2020 08 2020].
- [26] Incinerox, «Incinerox,» Incinerox, (s.f). [En línea]. Available:
https://www.incinerox.com.ec/servicios_incinerox/tratamientos-de-residuos-peligrosos-y-especiales/incineracion-de-residuos/. [Último acceso: 29 08 2020].
- [27] Incinerox, «Incinerox,» Incinerox, (s.f). [En línea]. Available:
https://www.incinerox.com.ec/servicios_incinerox/tratamientos-de-residuos-peligrosos-y-especiales/celda-de-seguridad-2/. [Último acceso: 29 08 2020].
- [28] S. Builes, «Biodegradación de aceites usados,» de *Biodegradación de aceites usados*, Colombia, El Cid Editor, 2007, pp. 25-26.
- [29] Biofactor, «Biofactor,» Biofactor, 2016. [En línea]. Available:
<http://biofactorsa.com/servicios.html>. [Último acceso: 27 08 2020].
- [30] S. Builes, «Biodegradación de aceites usados,» de *Biodegradación de aceites usados*, Colombia, El Cid Editor, 2007, pp. 26-32.
- [31] AHMSA, «Altos Hornos de México,» 2019. [En línea]. Available:
<https://www.ahmsa.com/assets/files/manuales/manual->

- ahmsa/Capitulo_1.pdf. [Último acceso: 2020].
- [32] SurveyMonkey, «SurveyMonkey,» SurveyMonkey, 2020. [En línea]. Available: <https://es.surveymonkey.com/mp/sample-size-calculator/>. [Último acceso: 26 06 2020].
- [33] R. Hernández Sampieri, C. Fernández Collado y M. d. P. Baptista Lucio, «Metodología de la Investigación,» de *Metodología de la Investigación*, México D.F., Mc Graw Hill Education, 2014, pp. 3 - 6.
- [34] R. Hernández Sampieri, C. Fernández Collado y M. d. P. Baptista Lucio, «Metodología de la Investigación,» de *Metodología de la Investigación*, México D.F., Mc Graw Hill Education, 2014, pp. 89 - 96.
- [35] R. Hernández Sampieri, C. Fernández Collado y M. d. P. Baptista Lucio, «Metodología de la Investigación,» de *Metodología de la Investigación*, México D.F., Mc Graw Hill Education, 2014, pp. 127 - 140.
- [36] F. Llanos, «Repositorio Universidad Politécnica Salesiana,» 2013. [En línea]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5174/1/UPS-CT002737.pdf>. [Último acceso: 03 07 2020].
- [37] Etapa EP, «Etapa EP,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.etapa.net.ec/Informaci%C3%B3n/Gesti%C3%B3n-ambiental/Gesti%C3%B3n-ambiental-urbana/Programa-de-recolecci%C3%B3n-de-aceites>. [Último acceso: 03 07 2020].
- [38] EPA, «Environmental Protection Agency,» 31 05 2016. [En línea]. Available: <https://archive.epa.gov/epawaste/information/resources/web/html/f94008s.html>. [Último acceso: 02 07 2020].
- [39] EPA, «Illinois Environmental Protection Agency,» EPA, 2020. [En línea]. Available: <https://www2.illinois.gov/epa/topics/small-business/es/Pages/used-oil.aspx>. [Último acceso: 20 07 2020].

ANEXOS INTRODUCCIÓN

Anexo 1: Environmental Protection Agency. Definición de desechos peligrosos. 2020

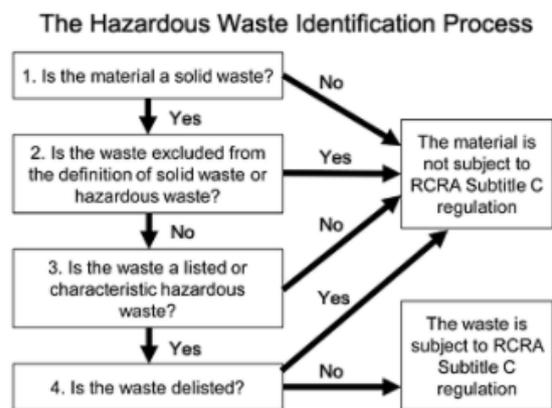
El anexo 1 hace referencia a la catalogación que propone la EPA sobre los desechos peligrosos, considerando que son todos aquellos que afectan a la salud y el ambiente, ya sean sólidos, líquidos, gases sólidos, y lodos.

What is a Hazardous Waste?

Simply defined, a hazardous waste is a waste with properties that make it dangerous or capable of having a harmful effect on human health or the environment. Hazardous waste is generated from many sources, ranging from industrial manufacturing process wastes to batteries and may come in many forms, including liquids, solids gases, and sludges.

EPA developed a regulatory definition and process that identifies specific substances known to be hazardous and provides objective criteria for including other materials in the regulated hazardous waste universe. This identification process can be very complex, so EPA encourages generators of wastes to approach the issue using the series of questions described below:

The hazardous waste management program uses the term **solid waste** to denote something that is a waste. EPA developed hazardous waste regulations that define in more detail [what materials are solid waste](#) for the purposes of RCRA Subtitle C (hazardous waste) regulation.



Click on a step in the hazardous waste identification process for more information.

In order for a material to be classified as a hazardous waste, it must first be a solid waste. Therefore, the first step in the hazardous waste identification process is determining if a material is a solid waste.

The second step in this process examines whether or not the waste is specifically excluded from regulation as a solid or hazardous waste.

Once a generator determines that their waste meets the definition of a solid waste, they investigate whether or not the waste is a listed or characteristic hazardous waste. Finally, it is

important to note that some facilities petitioned EPA to delist their wastes from RCRA Subtitle C regulation. You can research the facilities that successfully petitioned EPA for a delisting in [Appendix IX of Title 40 of the Code of Federal Regulations part 261](#).

Select a question below to learn more about each step in the hazardous waste identification process.

- [1. Is the material in question a solid waste?](#)
- [2. Is the material excluded from the definition of solid waste or hazardous waste?](#)
- [3. Is the waste a listed or characteristic hazardous waste?](#)
- [4. Is the waste delisted?](#)

[↑ Top of Page](#)

Anexo 2: Ministerio del Ambiente. Denominación del aceite usado de motor. 2019.

El anexo 2 evidencia la denominación elaborada sobre los residuos del sistema de lubricación de motor por parte del Ministerio y la Secretaria del Ambiente, quienes concluyen que el 63% de ALU (aceite lubricante usado) es desechado al ambiente sin ningún tipo de tratamiento y control previo.

Por primera vez Ecuador reciclará el 100% de lubricantes usados



Por primera vez Ecuador reciclará el 100% de lubricantes usados

Boletín N° 219
Guayas, 16 de mayo de 2019

- **El acuerdo 042, firmado por el Ministro del Ambiente, Marcelo Mata garantizará nuevas inversiones, que permitirán instalar plantas de refinación de lubricantes en el país.**
- **La normativa generará un importante ahorro de salida de divisas por galón producido en Ecuador.**

En rueda de prensa realizada en Guayaquil, el Ministro del Ambiente, Marcelo Mata Guerrero, firmó el Acuerdo Ministerial 042 que permitirá en el mediano plazo reciclar el 100% de lubricantes "estamos aquí para dar buenas noticias, para reconocer que en el Ecuador se puede reciclar aceite, estamos marcando un hito para la protección ambiental del país".

El secretario de Estado enfatizó que este acuerdo generará ahorro, inversión, empleo y protección para el agua y el ambiente, señaló que "estas iniciativas atraen a la inversión internacional que necesita el país. Nosotros utilizamos 31 millones de galones de aceites al año,

de los cuales solo se aprovecha el 20 %». Además indicó que se generará un importante ahorro de salida de divisas, ya que cada galón de lubricante importado le cuesta al Ecuador 7,5 dólares aproximadamente, mientras que un galón lubricante producido localmente le cuesta 3,5 dólares.

Este acuerdo establecerá requisitos y lineamientos técnicos para la gestión ambientalmente racional del aceite lubricante usado y envases vacíos en el marco del principio de responsabilidad extendida del productor (REP). El ministro Marcelo Mata indicó que esta normativa "regulará a las pequeñas refinerías que producen aceites y a las recicladoras".

Karina Barrera, asesora ministerial explicó que esta reglamentación "establecerá controles necesarios, actualmente el 63% de aceites lubricantes usados son desechados en el ambiente sin ningún tipo de tratamiento y control".

El presidente de la Corporación de Promoción de Exportaciones e Inversiones (CORPEI), Eduardo Egas destacó la gestión del Ministerio del Ambiente y aseguró que "a través de este reglamento se puede ordenar al sector de lubricantes y convertirlo en un sector productivo".

El acuerdo ministerial 042 sobre el "Instructivo para la Aplicación de la Responsabilidad Extendida en la Gestión Integral de Aceites Lubricantes Usados y Envases Vacíos" contó con el aporte de la CORPEI para la construcción de la normativa, así como del Ministerio de Productividad, Comercio Exterior y Pesca, la Asociación de Productores Ecuatorianos de Lubricante (APEL), los prestadores de servicios para el manejo de desechos peligrosos y los importadores de aceites lubricantes.

El aceite lubricante usado (ALU) es considerado un residuo peligroso por su contenido elevado de metales pesados como: plomo, cadmio, cromo, solventes clorados entre otros contaminantes, y por su persistencia y capacidad de extenderse en grandes áreas de suelo y agua, tomando en cuenta que un litro de aceite contamina 1000 litros de agua.

**Dirección de Comunicación
Ministerio del Ambiente**

Anexo 3: Instituto Nacional de Estadística y Censos. Datos del año 2018 pertenecientes a la cantidad de vehículos matriculados.

El anexo 3 muestra la información publicada por el INEC en el año 2018, donde se indica que se matricularon 2'403.651 vehículos a nivel nacional, de los cuales 2'082.329 son alimentados por gasolina, y 466.604 de estos pertenecen a la provincia de Pichincha.

Tabla 4. Vehículos matriculados en Ecuador y Pichincha según el tipo de combustible

Tipo de combustible		Total Vehículos
Ecuador	Diesel	311.009
	Gasolina	2.082.329
	Híbrido	9.655
	Eléctrico	276
	Gas Licuado de Petróleo	159
	Otro	223
	Total	2.403.651
Pichincha	Diesel	69.588
	Gasolina	466.604
	Híbrido	4.381
	Eléctrico	92
	Gas Licuado de Petróleo	58
	Otro	104

(Vásquez Barzallo, 2020)

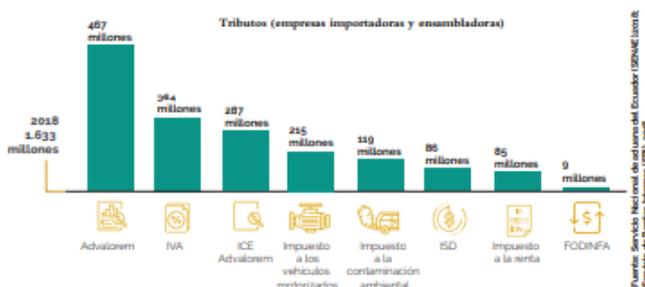
Anexo 4: Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador. Crecimiento del sector automotriz en el año 2018.

El anexo 4 evidencia la información entregada por la AEADE en su anuario 2018, en donde se indica que el sector automotriz ha tenido un crecimiento en un 5.9% aproximadamente, registrando 68.155 afiliados correspondientes a actividades de comercialización y mantenimientos de vehículos.

Aporte del sector automotor al Ecuador y comportamiento del mercado en 2018

Redacción AEADE.

2018 se configuró como el segundo año de recuperación para el sector automotor luego del 2017, puesto que, en años anteriores, el sector atravesó por fuertes restricciones al comercio. Esta recuperación derivó en varios efectos positivos para la economía nacional. Por una parte, su dinamización contribuyó con **USD 1.633 millones en el 2018 en tributos al Estado**, es decir, **USD 738 millones más que el 2016**.

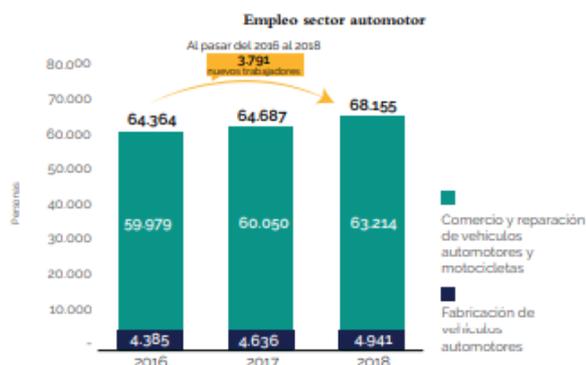


Fuente: Servicio Nacional de Información del Ecuador (SINIE) 2018. Servicio de Ingresos Tributarios (SIT) 2018.

Desde otra arista, y bajo el enfoque de la recuperación del sector en estos años, los efectos en la generación de fuentes de trabajo también fueron positivos. Según cifras del INEC, desde 2016 hasta 2018, se afiliaron **3.791 nuevos trabajadores** en las empresas de producción, comercialización y mantenimiento de vehículos motorizados, este incremento significativo representa un crecimiento del 5.9% y **hasta el momento el sector registra 68.155 afiliados**.

El sector automotor genera empleo en las siguientes áreas:

- Fabricación de vehículos automotores.
- Fabricación de carrocerías para vehículos automotores, remolques y semirremolques.
- Fabricación de partes, piezas y accesorios para vehículos automotores.
- Venta de vehículos automotores.
- Mantenimiento y reparación de vehículos automotores.
- Ventas de partes, piezas y accesorios para vehículos automotores.
- Venta, mantenimiento y reparación de motocicletas y de sus partes, piezas y accesorios.



Fuentes: Laboratorio de Dinámica Laboral y Empresarial del INEC. Nota: los datos están sujetos a variación, ya que la base del IESS es transaccional y existen cambios o reprocesamientos de las bases de datos.

Anexo 5: Sánchez, Manuela. Mantenimiento de sistemas de refrigeración y lubricación de los motores térmicos. 2017.

El anexo presenta una idea que ha sido extraída del libro "Mantenimiento de sistemas de refrigeración y lubricación de los motores térmicos", la cual evidencia las funciones y características que tienen los filtros de aceite como miembro del sistema de lubricación en los motores térmicos.

- **Manocontacto de presión de aceite.** El manocontacto de presión de aceite se encuentra en el lateral del bloque motor, cerca del tapón de llenado de aceite. Este manocontacto tiene regulada una presión de aceite, de manera que cuando cae la presión por debajo de esta, se manda una señal al cuadro de mandos y se enciende el testigo correspondiente
 - **Filtro de aceite.** El filtro de aceite se encarga de retener las impurezas acumuladas por el paso del tiempo y de los kilómetros en el aceite del motor. En general, el filtro de aceite está situado sobre el motor y su posición varía dependiendo del modelo de vehículo.
- Existen dos tipos de filtros de aceite: el filtro de aceite de cartucho recambiable, que consta de un cartucho por el que pasa el aceite y en el que quedan retenidas el 95% de las partículas de 10 a 40 micras, y el filtro de aceite de carcasa, en el que el cartucho de filtrado es solidario respecto a una carcasa metálica que va atornillada al vehículo.
- Por último, un elemento necesario sólo en grandes camiones y maquinaria de construcción es el **radiador de aceite**, cuya función es la de colaborar fuertemente en la refrigeración del lubricante a su paso por él. No nos extenderemos más en este elemento ya que no es común encontrarlo en los automóviles.

En el siguiente diagrama podemos ver los componentes del sistema de refrigeración de un automóvil ordenados según el flujo del aceite:



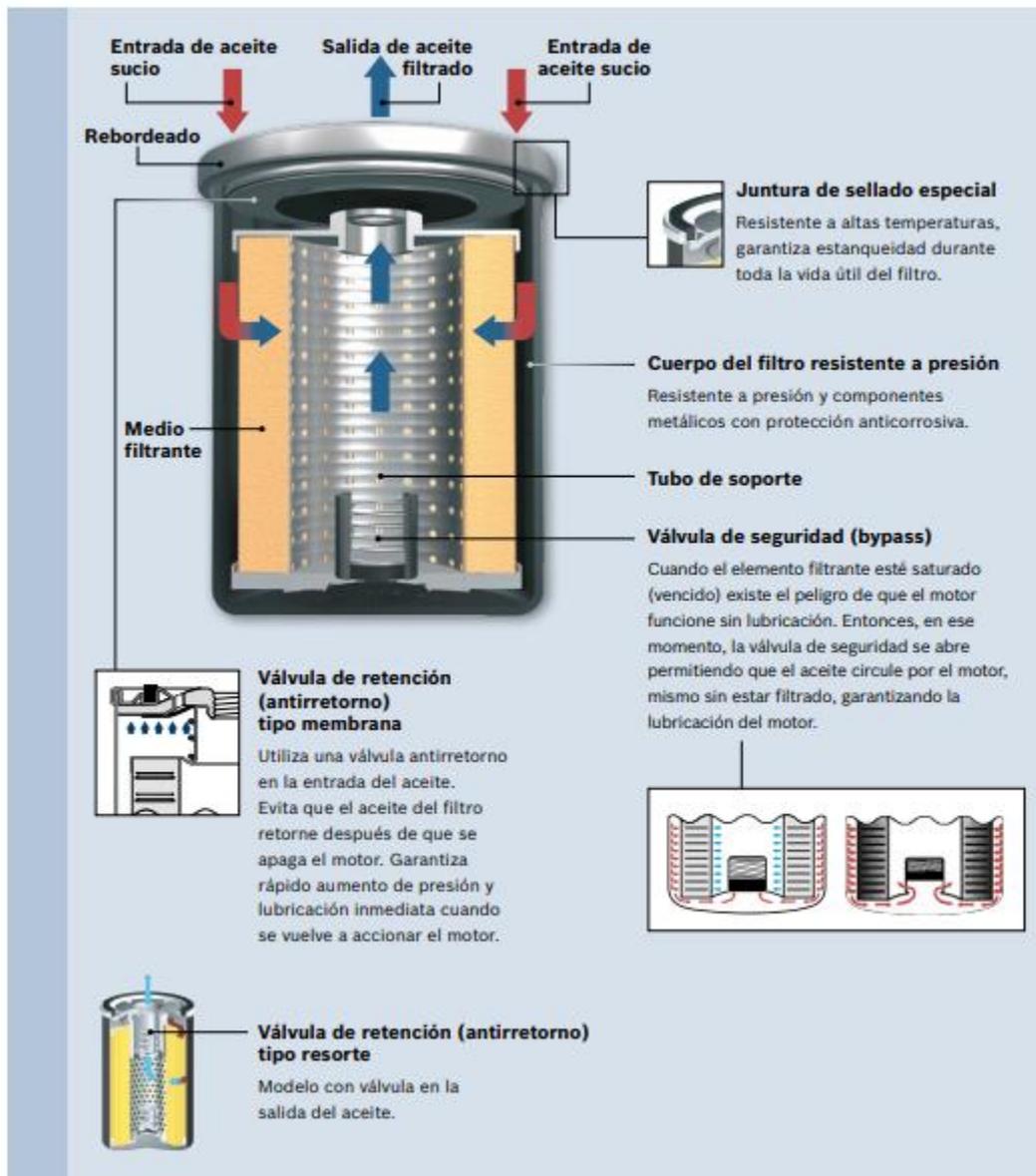
1.2.2. Principales sistemas de lubricación

Entre los sistemas de lubricación disponibles en la industria del motor para proteger los elementos mecánicos, podemos destacar los principales o más utilizados, teniendo en cuenta que algunos de ellos ya han quedado obsoletos por los continuos avances en las prestaciones de los motores modernos que

Anexo 6: Bosch. Funcionamiento y principales componentes de los filtros de aceite.

El anexo presenta un folleto elaborado por Bosch, donde se aprecian los diferentes componentes que integran los filtros de motor. Se muestra que en el interior de los mismos se puede encontrar dos tipos de válvulas, las cuales son de retención y bypass, encargándose de controlar la presión del circuito y que el motor esté siempre lubricado. Así mismo se puede observar que la estructura principal está conformada por la carcasa y un tubo central capaces de soportar las presiones del circuito de lubricación.

Funcionamiento y principales componentes



Anexo 7: Chilingua, Darwin. Deontología de los desechos peligrosos. 2019.

El presente anexo muestra una sección del estudio "Deontología de los desechos peligrosos" en el cuál se hace énfasis en que el aceite de motor usado es un riesgo existente para el medio ambiente. Esto se debe a que hay presencia de fenoles, hidrocarburos aromáticos, metales pesados y otros contaminantes resultantes del proceso de combustión. De igual manera, plantea que a nivel mundial se generan 45 millones de toneladas por año de estos desechos, de los cuales solamente el 40% es recolectado y tratado de manera adecuada.

Los sectores: industrial, automotriz, aviación y marina; son los productores mayoritarios de aceites usados. En el estudio realizado por: Maceiras (Maceiras, Alfonsín, & Morales, 2017); "Se estima que en el mundo se generan 45 millones de toneladas por año, siendo solo el 40% de este aceite recolectado y desechado adecuadamente y alrededor del 8% de este se recicla en nuevos aceites lubricantes." Estos aceites de desecho al poseer aditivos compuestos por fenoles, hidrocarburos aromáticos policíclicos, zinc, cloro o fósforo, considerados como contaminantes; producen un impacto negativo severo en el medio ambiente y la salud de los seres vivos.

El reciclaje de aceite de desecho puede ser una alternativa adecuada y económica, al igual que ético, demostrando la afirmación de (Junger Ernst, 2003):

Civilizado es aquel lugar donde las cosas funcionan del modo que se espera. Una de las tramas de la civilidad es la responsabilidad de sus profesionales. Si estas élites no cumplen adecuadamente las tareas por las que se les paga y a las que con plena libertad se dedican es que su capacidad de compromiso es frágil.

Diferentes estudios han propuesto diversas técnicas de reciclaje para el refinado de aceites lubricantes usados. Su objetivo es conservar los recursos naturales y recuperar (en lugar de destruir) el aceite lubricante. "El aceite de desecho es una mezcla de productos de combustión como agua, combustible, polvo de carreteras, metal de desgaste y productos de oxidación que forman ácidos orgánicos complejos y corrosivos" (Osman, Attia, & Taman, 2018).

El aceite usado representa un producto muy contaminante para la tierra tanto como para el agua. Por lo tanto, su reciclaje tiene un impacto positivo tanto en la protección del medio ambiente como en el costo del petróleo. (Stan, Andreescu, & Toma, 2018) señala que "en 2010, la Comisión Europea lanzó la estrategia Europa 2020, con el objetivo de orientar el desarrollo económico de Europa hasta 2020." Tres orientaciones de acción están dirigidas a la gestión de residuos: prevención, reciclaje y revalorización y la eliminación final de residuos. Para poder realizar un trabajo ético tal como lo afirma (Quishpe & Arias, 2018) en su artículo

Cada profesión es ejercida con vistas a la consecución de fines que contribuyen a configurar la vida buena. Cada ética profesional genera formas de tipificar las situaciones, los conflictos y el modo de resolverlos... al final cada profesión tendrá que plantearse la cuestión de su mejor o peor contribución a los fines específicos de su actividad y a la vida humana en su conjunto.

Al mismo tiempo se obtiene que los filtros de aceite usado incrementan el riesgo de contaminar las aguas superficiales y subterráneas, consumen grandes volúmenes de espacio en el relleno sanitario y desperdicia recursos valiosos de petróleo y hierro recuperables.

Una vez que se han utilizado y desechado, los filtros de aceite desechos son 30-50% en peso de acero y 45-60% en peso de aceite de motor usado, según el diseño particular del filtro de aceite. Se han utilizado comercialmente diferentes técnicas de procesamiento para eliminar hasta el 98% del aceite de motor para el reciclaje de aceite. Las técnicas de procesamiento incluyen el drenaje por gravedad, el drenaje de la cúpula perforada, el desmantelamiento, el aplastamiento, la trituración, la pirólisis, la quema directa y varias combinaciones de las

Anexo 8: Burbano, G. y Vásquez, L. Diseño y construcción de una máquina prototipo para el reciclaje de filtros de aceite de motores de gasolina.

El anexo evidencia el estudio de Burbano y Vásquez realizado en la ciudad de Cuenca, el cual indica la importancia de reducir el impacto ambiental generado por los desechos tóxicos provenientes de los cambios de aceite. Se indica que la empresa ETAPA es la encargada de recolectar dichos desechos, sin embargo estos son llevados al relleno sanitario y encapsulados en contenedores, que a largo plazo podrían permitir el contacto directo del aceite usado con los suelos. Como resultados del estudio se establece que el 60% de aceite generado es recolectado por el gestor autorizado, mientras que el otro 40% es destinado a otras actividades.

Burbano Villavicencio-Vázquez Arce 1

CAPITULO II

IMPACTO AMBIENTAL DEBIDO A LOS FILTROS DE ACEITE USADOS

2.1. Impacto ambiental

Actualmente muchos de los filtros usados están siendo eliminados por procedimientos altamente contaminantes, al ser tratados como desechos comunes son enterrados sin ningún tratamiento que pueda minimizar la contaminación, pues este problema ambiental esta fuera del alcance de la empresa de manejo de desechos sólidos EMAC debido a que los filtros no son seleccionados como desechos especiales, la Figura N°2.1 nos muestra una fotografía del relleno sanitario donde se puede ver que resultaría muy complicado la separación de los filtros de los desechos sólidos comunes en esta etapa del proceso de tratamiento de desechos. Los filtros de aceite usados que sí son separados previamente como desechos especiales y son recolectados por la empresa municipal ETAPA, son trasladados al relleno sanitario donde se los encapsula en contenedores metálicos y son posteriormente enterrados. Pero a pesar de estas medidas esta no es una óptima solución debido a que al ser contenedores metálicos se ven directamente afectados por la corrosión llegando a desintegrarse lo que ocasionaría un contacto directo de los filtros con el entorno a mediano y largo plazo.

2.1.1. Resultados

En las encuestas realizadas se buscó abarcar todos los sectores de la ciudad para así tener una visión global de lo que sucede en realidad con estos residuos, luego de cumplir con su vida útil, los resultados que se obtuvieron de las encuestas muestran que se realizan un promedio de 55 cambios de aceite mensuales en talleres y lubricadoras de la ciudad.

Los aceites usados producto del cambio del mismo en talleres y lubricadoras (Anexo N°7) en un 80% son recolectados por la empresa municipal ETAPA, mientras que un 14% vende dicho aceite residual a personas comunes para fines como: protección de la madera, fabricación de ladrillos y tejas, y construcción de caminos. En estudios realizados por la empresa municipal ETAPA se estima una recolección del 55% del aceite de todo tipo de vehículos, tanto en motores a base de diesel y gasolina, lo que equivale a 35000 galones mensuales.

Un aspecto que cabe recalcar es que al momento de realizar las encuestas los propietarios de talleres y lubricadoras muestran gran indiferencia y falta de aporte al dar información alterando las respuestas de las encuestas, es decir, la mayoría de propietarios tienen conocimiento de la recolección de aceites usados por parte de ETAPA y sin embargo están eliminando este desecho tóxico de manera incorrecta; por lo tanto los valores obtenidos en las encuestas se ven alterados por la falta de sinceridad y concientización por parte de los

propietarios, pese a estos datos se podría establecer que un 60% del aceite residual producido por vehículos de gasolina está siendo recolectado por la empresa ETAPA, y el otro 40% se ve reflejado en la venta, almacenaje, y sobre todo el desecho al alcantarillado, lo que se da como resultado la contaminación del medio ambiente, en especial de los ríos que atraviesan la ciudad de Cuenca.

En cuanto al destino final de los filtros de aceite (Anexo N°8) se puede establecer claramente que un 50% de los filtros está siendo entregados a ETAPA para ser transportados a las lagunas de oxidación de Ucubamba donde son perforados con la finalidad de ayudar al vaciado por gravedad del aceite que se encuentra en su interior y luego son transportados a la empresa de aseo EMAC para ser encapsulados y enterrados en el relleno sanitario de Pichacay; un 25% esta siendo desechado directamente como sólido a la basura resultando imposible su separación de los demás desechos sólidos por lo que se entierran directamente en el relleno sanitario, lo que se ve reflejado en una contaminación eminente en el suelo.

Un 15% se esta eliminando mediante otros medios como la venta de los mismos a personas comunes para luego de ser drenados revenderlos como chatarra. Cabe recalcar que en las encuestas realizadas ningun taller o lubricadora está realizando el reciclaje de los filtros usados lo que se debe principalmente a la falta de conocimiento y la falta de interes de chatarreros, pues el filtro en sí solo puede ser vendido como chatarra si esta drenado completamente lo que representa un arduo trabajo por lo que no se realiza el reciclaje.

Anexo 9: Córdoba, Nayelhi. Evaluación de alternativas para la gestión de filtros usados de lubricadoras. 2018.

El anexo evidencia los resultados del estudio "Evaluación de alternativas para la gestión de filtros usados de lubricadoras" elaborado por Nayelhi Córdoba en la ciudad de Santo Domingo de los Tsáchilas. Dentro de los resultados obtenidos se indica que en la zona estudiada 52% de los encuestados no conocen gestores que realicen la gestión de los filtros, 61% aseguran que si conocen la legislación ambiental, 77% concluyen que no han recibido capacitaciones sobre el manejo de residuos peligrosos y 70% no conocen alternativas para el tratamiento de estos residuos.

2. ¿Conoce alguna empresa que realice la gestión o disposición final de filtros o aceites usados?

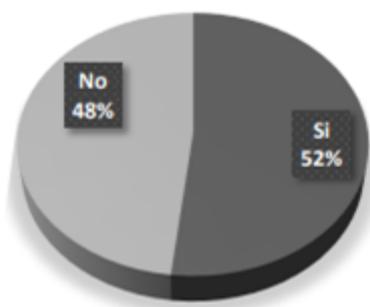


Fig. 15. Empresas gestoras de filtros o aceites usados

El 52% de los encuestados conocen sobre las empresas gestoras de residuos peligrosos, en especial Recolube ya que es la única empresa de Santo Domingo que recolecta el aceite usado, mientras que el 48% no sabe de la existencia de gestores ambientales que se encarguen de manejar sus residuos peligrosos, por la falta de información acerca de la contaminación que generan los residuos de su negocio.

3. ¿Conoce la legislación ambiental relacionada con la gestión de residuos peligrosos?

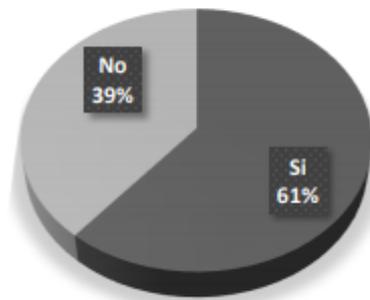


Fig. 16. Conocimiento de legislación ambiental

El 61 % de encuestados indicaron que conocen un poco de la legislación ambiental ya que deben cumplir lo que impone la normativa para obtener el registro ambiental, mientras que el 39 % desconoce la normativa ambiental, demostrando que se necesita más información sobre el almacenamiento y manejo de residuos peligrosos, normas de construcción de lubricadoras o las sanciones por incumplimiento de la normativa.

4. ¿El personal de trabajo ha recibido capacitaciones sobre el manejo de los filtros de aceite?

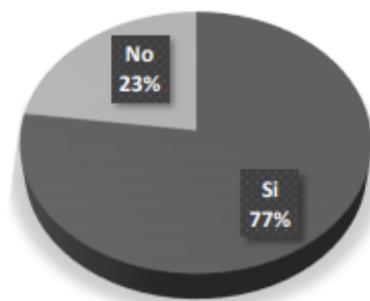


Fig. 17. Capacitaciones del personal del trabajo

El 77 % del personal de trabajo ha recibido capacitaciones por parte de las empresas gestoras y en otras ocasiones por los dueños de las lubricadoras, el inconveniente es que los temas de capacitación son sobre el manejo de aceites usados, y no de otros residuos peligrosos, provocando el mal manejo de sus residuos sólidos peligrosos. El 23 % del personal no ha recibido capacitaciones ya que no creen que sea de gran importancia.

5. ¿Desea capacitaciones sobre el manejo de sus residuos peligrosos?

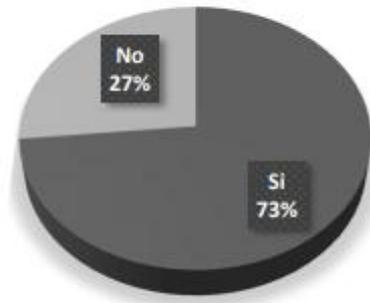


Fig. 18. Capacitaciones sobre desechos peligrosos

El 73 % de personas si desea capacitaciones sobre el manejo de sus residuos peligrosos, por falta de conocimiento, para disminuir su contaminación y para cumplir con su plan de manejo ambiental, pero el 27 % de las lubricadoras manifiestan que no se necesita capacitaciones sobre este tema.

7. ¿Tiene conocimiento sobre alternativas para la gestión de filtros de aceite usados?

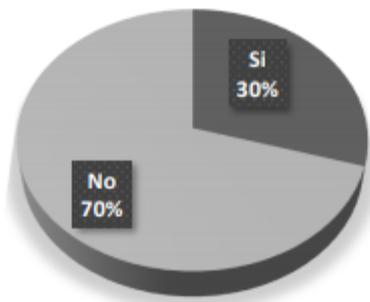


Fig. 20. Alternativas para la gestión de filtros usados

El 70 % de lubricadoras no conoce que hacen con los filtros usados después de que se los recolecta, mientras que el 30 % de lubricadoras indicaron varias alternativas para la gestión de los filtros usados como la separación de los componentes del filtro para recuperar el metal, la incineración y destrucción de desechos, refinamiento de aceite, la entrega a grandes industrias de hierro, etc.

Anexo 10: Constitución de la República. Artículos 14 y 15, entorno sano y libre de daños ambientales.

Evidencia en base a la Constitución de la República, donde se consideran los artículos 14 y 15 pertenecientes a la Sección Segunda del Capítulo Segundo del Título II referente a Derechos, cuyos objetivos se basan en la convivencia de un entorno sano y libre de daños ambientales.

Derechos del buen vivir

Sección primera Agua y alimentación

Art. 12.-El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida.

Art. 13.-Las personas y colectividades tienen derecho al acceso seguro y permanente a alimentos sanos, suficientes y nutritivos; preferentemente producidos a nivel local y en correspondencia con sus diversas identidades y tradiciones culturales.

El Estado ecuatoriano promoverá la soberanía alimentaria.

Sección segunda Ambiente sano

Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*.

Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

Art. 15.- El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua.

Se prohíbe el desarrollo, producción, tenencia, comercialización, importación, transporte, almacenamiento y uso de armas químicas, biológicas y nucleares, de contaminantes orgánicos persistentes altamente tóxicos, agroquímicos internacionalmente prohibidos, y las tecnologías y agentes biológicos experimentales nocivos y organismos genéticamente modificados perjudiciales para la salud humana o que atenten contra la soberanía alimentaria o los ecosistemas, así como la introducción de residuos nucleares y desechos tóxicos al territorio nacional.

Anexo 11: Secretaría de Ambiente. Ordenanza Municipal 308. 2010.

El anexo evidencia la Ordenanza Municipal 308, en la cual se establece que los centros técnicos vehiculares deben cumplir con las Guías de Prácticas Ambientales (GPA) bajo la emisión de las Licencias Únicas de Actividad Económica (LUAE), y las infracciones que no deben cometerse.

0308



DOCUMENTO: REGLAS TÉCNICAS DE LAS AUTORIZACIONES QUE SE INTEGRAN EN LA LUAE	CODIGO: RTAM 5 ANEXO 5
REGLAS TÉCNICAS EN MATERIA AMBIENTAL	

I. ASPECTOS GENERALES

I.1. LA LUAE

- Las Licencias Metropolitanas son herramientas de gestión administrativa, por las que el Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, en tutela de los bienes jurídicos respecto de los que ejerce competencia, autoriza actuaciones de los administrados.
- La LUAE es el acto administrativo único con el que el Municipio del Distrito Metropolitano de Quito autoriza a su titular el desarrollo de actividades económicas en un establecimiento determinado, ubicado en la circunscripción territorial del Distrito Metropolitano de Quito.
- La LUAE integra las autorizaciones administrativas que, en ejercicio de sus específicas competencias, son concedidas por los órganos del Municipio del Distrito Metropolitano de Quito y, previo convenio de cooperación o colaboración, por otros órganos u organismos del sector público, en las siguientes materias:
 - a) Uso y ocupación del suelo
 - b) Sanidad.
 - c) Prevención de incendios.
 - d) Publicidad exterior.
 - e) Ambiental.
 - f) Turismo.
 - g) Cualquier otra autorización o materia que, bajo la competencia del Municipio del Distrito Metropolitano de Quito o por convenio de cooperación o colaboración, delegación o acto de descentralización, sea integrada a la LUAE mediante Resolución Administrativa.

Las Reglas Técnicas de cada una de estas autorizaciones administrativas constan como Anexos (1 al 6) a la Ordenanza Metropolitana que establece el Régimen Administrativo de las Licencias Metropolitanas y, en particular, de la Licencia Metropolitana Única para el ejercicio de actividades económicas en el Distrito Metropolitano de Quito.



DOCUMENTO: REGLAS TÉCNICAS DE LAS
AUTORIZACIONES QUE SE INTEGRAN EN LA LUAE

CODIGO:
RTAM 5
ANEXO 5

REGLAS TÉCNICAS EN MATERIA AMBIENTAL

II. REGLAS TÉCNICAS EN MATERIA AMBIENTAL

II.1. DISPOSICIONES GENERALES

- Se entiende por Guías de Prácticas Ambientales para efectos del otorgamiento de la LUAE, a los lineamientos básicos dirigidos para las actividades productivas, ya sean estas actividades de pequeña y mediana empresa e instalaciones que generen ámbitos, bienes y servicios que posibiliten la recreación, cultura, salud, educación, transporte, servicios públicos o privados. Salvo el caso de actividades, obras o proyectos que ocasionen un impacto ambiental significativo y entrañen un riesgo ambiental, por lo tanto precisen de la presentación de estudios de impacto ambiental y de licenciamiento ambiental.
- Los problemas ambientales generados por parte de este sector, se enmarcan en la contaminación atmosférica por gases de combustión, emisiones de proceso, emisión de ruido, contaminación del recurso agua, por las descargas residuales no domésticas, contaminación del suelo especialmente por la generación y manejo de residuos.

II.2. REGLAS TÉCNICAS PARA ACTIVIDADES ECONÓMICAS DE LA CATEGORÍA II

- Los establecimientos sujetos de cumplimiento de Guías de Prácticas Ambientales deberán cumplir con los siguientes lineamientos básicos, en función de las Guías de Prácticas Sectoriales o de la Guía de Prácticas Ambientales General.

• **Gestión de Residuos**

1. Los establecimientos destinados para cambios de aceites por lo menos contarán con una fosa, con sedimentadores y canaletas conectados a una trampa de grasas y aceites. Por ningún motivo se permitirá realizar cambios de aceites, si no se cuenta con una fosa con cajas sedimentadoras y conectadas a una trampa de grasas y aceites.
2. Los residuos provenientes del mantenimiento y arreglo de los motores y piezas del automóvil deben separarse en la fuente y entregarse al gestor ambiental autorizado.
3. Los recipientes de almacenamiento de residuos deberán mantenerse en buen estado y cerrados en caso que lo requieran.
4. Los residuos procedentes de cambios de aceite no deben ser mezclados con la basura doméstica.
5. Los aceites minerales, sintéticos, grasas lubricantes y solventes hidrocarburos, generados en el establecimiento, deberán ser recolectados y dispuestos, por separado y previo a un proceso de filtrado primario, en tanques de almacenamiento debidamente identificados, etiquetados y protegidos de la lluvia.
6. Los residuos sólidos como filtros usados, empaques, plásticos, cauchos, pernos, materiales metálicos, materiales de madera y otros, deben ser entregados a los gestores autorizados. En el caso de los filtros de aceite, su contenido debe ser drenado antes de disponerlos en un recipiente exclusivo y entregarlos a un gestor autorizado.
7. El Municipio o su delegado serán los encargados de recolectar el contenido de los recipientes de aceites lubricantes usados, grasas lubricantes usadas o solventes hidrocarburos contaminados acorde a la generación del establecimiento. El generador brindará las facilidades de recolección y acceso al gestor ambiental autorizado.



DOCUMENTO: REGLAS TÉCNICAS DE LAS AUTORIZACIONES QUE SE INTEGRAN EN LA LUAE	CODIGO: RTAM 5 ANEXO 5
REGLAS TÉCNICAS EN MATERIA AMBIENTAL	

8. Los generadores no podrán disponer o comercializar de los aceites lubricantes usados, grasas lubricantes usadas o solventes hidrocarburoados contaminados, ni mezclarlos con aceites térmicos y/o dieléctricos, diluirlos, ni quemarlos en mezclas con diesel o bunker en temperaturas inferiores a 1200 grados centígrados.
9. Los generadores de aceites lubricantes usados, grasas lubricantes usadas o solventes hidrocarburoados contaminados deberán llevar un registro que contenga el tipo de residuo, cantidad, frecuencia de entrega al gestor y tipo de almacenamiento provisional, esta información deberá ser facilitada al momento del control de la gestión.
10. El área en la cual se localicen los recipientes de almacenamiento, deberán cumplir los siguientes requisitos mínimos:
 - a) Contar con techo.
 - b) Tener facilidad de acceso y maniobras de carga y descarga.
 - c) El piso debe ser impermeabilizado para evitar infiltraciones en el suelo.
 - d) No debe existir ninguna conexión al sistema de alcantarillado o a un cuerpo de agua.
 - e) Todos los establecimientos que manejen solventes, grasas y aceites contarán con un lugar destinado para la disposición provisional de estos elementos utilizados, provistos de un dique perimetral con capacidad equivalente al 110% del aceite almacenado.
11. En caso de derrames de aceite el establecimiento dispondrá de material absorbente para su recolección.
12. Las baterías usadas de autos no deben ser mezcladas con la basura doméstica. Estos residuos deberán ser almacenadas en sitios cubiertos, libres de humedad y de tal forma de evitar el derrame del ácido. Las baterías usadas deberán ser entregadas a los gestores autorizados.
13. Los pisos de los talleres deberán ser construidos con materiales sólidos, no resbaladizos en seco y húmedo, impermeables y no porosos de tal manera que faciliten su limpieza completa.

• **Emissiones a la atmósfera y ruido**

1. Se prohíbe realizar el pulverizado con mezclas de agua, aceite, y diesel, debiendo utilizar productos sustitutivos no contaminantes.
2. Las áreas de trabajo donde se produce emisiones de proceso provenientes de la pintura, lijado, suelda, deberán estar delimitadas.
3. Los establecimientos que dispongan de generadores de emergencia deberán estar ubicados en áreas aisladas acústicamente, y deberán estar calibrados



DOCUMENTO: REGLAS TÉCNICAS DE LAS AUTORIZACIONES QUE SE INTEGRAN EN LA LUAE	CODIGO RTAM ANEXO I
REGLAS TÉCNICAS EN MATERIA AMBIENTAL	

con el fin de controlar y minimizar las emisiones.

4. Todos los establecimientos contarán con áreas diferenciadas para solventes, pintura, combustibles, etc., cubiertas, con adecuada ventilación natural o forzada, con piso impermeable, alejada de lugares donde se realicen corte de materiales, suelda, y otras actividades con peligro de ignición.
5. Las áreas de reparación especialmente las de enderezada, pintura, soldadura, lijado, y las áreas de trabajo que dispongan de equipos como amoladoras, compresores, etc., deben contar con aislamiento acústico, captación de emisiones, y de preferencia no deben estar junto a linderos de viviendas.
6. Se prohíbe la quema de llantas.

- **Aguas Residuales No Domésticas**

1. El establecimiento deberá contar con cajas separadoras de hidrocarburos para controlar los derrames de combustibles, aceites, el lavado, limpieza y mantenimiento de instalaciones previo al vertido a los cuerpos de agua o al sistema de alcantarillado. La grasa, aceite y sólidos removidos deberán envasarse en contenedores herméticos y resistentes a impactos, localizados en áreas donde no existan sumideros, canaletas, ni exista el riesgo de derrames hacia los sistemas de alcantarillado.
2. El establecimiento deberá contar con rejillas perimetrales y sedimentadoras conectadas a las trampas de grasa.
3. La trampa de grasas no debe recolectar descargas domésticas.
4. El establecimiento no deberá enviar las descargas líquidas a los cuerpos de agua o al sistema de alcantarillado sin previo tratamiento.

- **Gestión de Riesgos**

1. El establecimiento deberá restringir la circulación de maquinaria y equipo a áreas específicas de trabajo.
2. No se debe utilizar la acera o la vía pública para realizar las actividades inherentes al establecimiento.
3. Todos los establecimientos de mecánicas, lavadoras y lubricadoras deberán mantener sus lugares de trabajo en condiciones sanitarias y ambientales que protejan la seguridad y la salud de sus trabajadores.
4. Los lugares de trabajo, pisos, pasillos deberán estar permanentemente libres de obstáculos, y que permitan su circulación diaria sin impedimentos en actividades normales y en caso de emergencias.

II.2.10 GUÍA DE PRÁCTICAS AMBIENTALES GENERAL

- **Gestión de Residuos**

1. Los residuos de tintas, lacas, pinturas, solventes, y otros de similares característica, deben ser almacenados en contenedores separados, claramente identificados. Estos residuos deben ser entregados a los gestores ambientales autorizados.
2. Los residuos provenientes de áreas de mantenimiento y bodegas (papel, cartón, vidrio, plásticos y otros), salvo el caso de envases o embalajes de productos peligrosos (de acuerdo a las hojas técnicas de seguridad o información del proveedor), deben separarse para el reciclaje y reutilización.
3. Los residuos provenientes de actividades de mantenimiento y reparación de equipos deben separarse en la fuente y entregarse al gestor ambiental autorizado.
4. Los residuos sólidos deben separarse en la fuente los biodegradables (orgánicos) de los no biodegradables (inorgánicos) y deberán ser entregados al gestor ambiental autorizado.
5. Los residuos de alimentos, aceites y grasas usadas, no serán vertidos a la red de alcantarillado público o cauce de agua. Estos residuos deberán ser almacenados en recipientes tapados y entregados a los gestores ambientales autorizados.
6. El almacenamiento de residuos se realizará en áreas ventiladas y techadas, manteniendo condiciones higiénicas que eviten la generación de vectores (insectos, roedores) y olores.
7. Los aceites minerales o sintéticos o grasas lubricantes y solventes hidrocarburoados, generados en el establecimiento deberán ser recolectados y dispuestos por separado y previo a un proceso de filtrado primario, en tanques de almacenamiento debidamente identificados y etiquetados y protegidos de la lluvia.
8. El establecimiento deberá entregar los residuos de aceites y grasas lubricantes y solventes hidrocarburoados contaminados, al gestor ambiental autorizado. El establecimiento deberá contar con las facilidades de recolección y acceso al gestor, el cual realizará el retiro sin costo alguno.
9. Los generadores no podrán disponer o comercializar de los aceites lubricantes usados, grasas lubricantes usadas o solventes hidrocarburoados contaminados, ni mezclarlos con aceites térmicos y/o dieléctricos, diluirlos, ni quemarlos en mezclas con diesel o bunker en temperaturas inferiores a 1200 grados centígrados. La única gestión permitida es la indicada en el numeral 8.
10. Los generadores de aceites lubricantes usados, grasas lubricantes usadas o solventes hidrocarburoados contaminados deberán llevar un registro que contenga el tipo de residuo, cantidad, frecuencia de entrega al gestor y tipo de almacenamiento provisional, esta información deberá ser facilitada al momento del control de la gestión.
11. Los residuos de madera, textiles, pétreos, metálicos y otros, deberán ser almacenado en bodegas cerradas y serán entregados a gestores ambientales autorizados.

DOCUMENTO: REGLAS TÉCNICAS DE LAS AUTORIZACIONES QUE SE INTEGRAN EN LA LUAE	CODIGO: RTAM 5 ANEXO 5
REGLAS TÉCNICAS EN MATERIA AMBIENTAL	

12. El área en la cual se localicen los recipientes de almacenamiento, deberá cumplir con los siguientes requisitos mínimos:
- Contar con techo.
 - Tener facilidad de acceso y maniobras de carga y descarga.
 - El piso debe ser impermeabilizado.
 - No debe existir ninguna conexión al sistema de alcantarillado o a un cuerpo de agua.
 - Todos los establecimientos que manejen residuos líquidos de solventes, combustibles, grasas, aceites, u otros insumos líquidos, contarán con un lugar destinado para la disposición provisional de estos, provistos de un dique perimetral con capacidad equivalente al 110% del volumen del líquido almacenado.
 - El área circundante al sitio de almacenamiento de residuos deberá estar limpia en un radio de 10 m.
13. Los residuos sólidos domésticos deberán ser entregados al recolector municipal o su delegado en los días y horarios establecidos. Está prohibido botar en quebradas, cause de agua, lotes baldíos y en general a cielo abierto.
14. Las farmacias, boticas, centros y subcentros de salud, clínicas de hasta 3 especialidades y establecimientos afines deberán destinar un lugar con acceso al público que facilite el depósito de medicamentos caducados, para su posterior entrega a los gestores ambientales autorizados.
15. Todo establecimiento que manejen residuos tales como: desechos anatómopeligrosos, desechos cortopunzantes y materiales descartables, gasas, apósitos, tubos, catéteres, guantes, equipos de diálisis, y todo objeto contaminado con sangre y secreciones, deben observar lo siguiente:
- Destinar una bodega en la cual se ubique todo los desechos antes mencionados, en la que permanecerán hasta ser conducidos al sistema de transporte intrahospitalario.
 - Los recipientes de almacenamiento serán: herméticos, resistentes a elementos cortopunzantes, impermeables de superficie lisa, e identificados para cada tipo de residuo.
 - Dentro del recipiente deberá estar una funda desechable de plástico de alta densidad de color rojo (desecho potencialmente infeccioso).
 - Al ser entregado estos residuos al sistema de transporte intrahospitalario deberán estar claramente identificados.
 - Los objetos cortopunzantes se depositarán en recipientes de plástico duros o metal con tapa, con una abertura a manera de alcancía que impida la introducción de las manos (se puede usar recipientes desechables como botellas vacías de desinfectantes, productos químicos, sueros, etc.). Los contenedores se identificarán con la leyenda 'peligro desechos cortopunzantes'.



DOCUMENTO: REGLAS TÉCNICAS DE LAS AUTORIZACIONES QUE SE INTEGRAN EN LA LUAE	CODIGO: RTAM 5 ANEXO 5
REGLAS TÉCNICAS EN MATERIA AMBIENTAL	

- **Emisiones a la atmósfera y ruido**

1. Las fuentes de combustión (calderos, grupos electrógenos, hornos, etc.) deberán contar con sistemas de captación, filtración, extracción, depuración de sus emisiones.
2. En el caso de que el establecimiento cuente con grupos electrógenos cuyo uso sea mayor de 60 horas por semestre y su potencia supere los 37 Kw., deberán presentar las caracterizaciones físico químicas de sus emisiones gaseosas en el mes de noviembre de cada año.
3. En el caso de que el establecimiento posea fuentes fijas de combustión (calderos, hornos de fundición de hierro artesanal, etc.) deberán presentar las caracterizaciones físico-químicas de sus emisiones gaseosas en el mes de noviembre de cada año.
4. En el caso de que el establecimiento disponga de fuentes móviles de combustión (montacargas, camiones u otros) deberán someterse a la Revisión Técnica Vehicular.
5. Las actividades que generen emisiones de proceso (polvo, olores, vapores y otros) deberán estar en áreas de trabajo delimitadas y en lo posible alejadas de núcleos poblados. Además tendrán un sistema de captación de los mismos de tal manera que no afecte al ambiente exterior.
6. Los establecimientos que cuenten con fuentes emisoras de ruido, deberán estar aislados acústicamente, con el objeto de controlar que las emisiones de ruido hacia el exterior no rebasen los niveles permitidos de acuerdo a los horarios y a la zonificación que corresponda.
7. En lugares visibles del establecimiento se deberán colocar letreros de advertencia con respecto a la afectación a la salud que puede ocasionar la exposición prolongada a elevados niveles de ruido.
8. Está prohibido el uso de parlantes o altavoces en la vía pública, o localizados al interior de establecimientos y dirigidos al exterior.
9. La maquinaria debe estar aislada o anclada de tal forma que no produzca afectación a las estructuras vecinas.

- **Aguas Residuales No Domésticas**

1. Está prohibido descargar efluentes residuales hacia la vía pública, así como infiltrarlos en el suelo o su vertido directo a quebradas o cuerpos de agua.
2. Los establecimientos que generen vertidos líquidos no domésticos deberán contar con medidas de control: canaletas, sedimentadores, trampas de grasa u otras, previamente a su descarga. Los residuos generados de su mantenimiento y limpieza serán entregados a los gestores ambientales autorizados.
3. Los residuos de solventes, tintas u otros productos químicos no deberán ser vertidos a la red de alcantarillados, cuerpos de agua o derramados al suelo.
4. Los residuos de solventes contaminados y otros productos químicos provenientes de actividades de limpieza y mantenimiento serán almacenados en recipientes cerrados para ser entregados al gestor ambiental respectivo.
5. En caso de derrames el establecimiento dispondrá de material absorbente.



DOCUMENTO: REGLAS TÉCNICAS DE LAS AUTORIZACIONES QUE SE INTEGRAN EN LA LUAE	CODIGO: RTAM 5 ANEXO 5
REGLAS TÉCNICAS EN MATERIA AMBIENTAL	

- **Gestión de Riesgos**

1. El personal deberá estar capacitado en la prevención y control de los riesgos ante el manejo de productos químicos y residuos especiales.
2. El establecimiento deberá emplear materiales, productos y suministros permitidos a nivel local y nacional.
3. El establecimiento deberá mantener todos sus insumos, materias primas y productos identificados y etiquetados.
4. Ningún establecimiento utilizará las vías públicas, aceras u otros espacios exteriores públicos para realizar sus actividades.
5. El establecimiento deberá contar con mecanismos de control del tiempo de vigencia de los insumos y de las condiciones de almacenamiento, las cuales deberán disponer de ventilación y no estarán conectadas directamente al alcantarillado público.

Anexo 12: Secretaría de Ambiente. Ordenanza Municipal 332. 2010.

El anexo evidencia la Ordenanza Municipal 332, en la cual se establece que los desechos peligrosos deben ser transportados a una estación de transferencia, centros de tratamientos o rellenos sanitarios. También se muestra los tipos de contravenciones que no deben suceder relacionadas con estos desechos. Así mismo menciona en sus artículos 51 y 52 que estos desechos deben ser reusados y reciclados. De igual manera, los generadores deben cumplir con las directrices establecidas para la instalación de equipos de gestión de residuos y recolección de los mismos.



ORDENANZA METROPOLITANA No.

0332

incumplimiento será sancionado por la Secretaría de acuerdo a las reglas técnicas de esta ordenanza.

Sub sección I

Recolección Especial de Residuos Sólidos Peligrosos

Artículo 30.- Recolección Especial.- Por sus características especiales los residuos peligrosos se acogerán obligatoriamente al sistema de recolección especial o aseo contratado, sin que sea posible ningún tipo de recolección ordinaria.

Artículo 31.- Diferenciación en la fuente.- El generador de residuos, deberá establecer un manejo diferenciado entre los residuos peligrosos y los que no lo son.

Artículo 32.- Almacenamiento.- Todo sitio destinado al almacenamiento de residuos peligrosos deberá cumplir las reglas técnicas emitidas por la Municipalidad y otras entidades competentes y contar con la correspondiente autorización del Ministerio del Ambiente o de la Autoridad Municipal competente.

Sección IV
Transferencia de residuos sólidos y de la Estación de Transferencia

Artículo 46.- Transporte a Estaciones de Transferencia.- Una vez realizada la recolección de residuos sólidos sea a través del sistema ordinario o el sistema especial o de aseo contratado, la entidad prestadora del servicio deberá transportar los residuos a las Estaciones de Transferencia, a los centros de tratamiento o en su defecto a los rellenos sanitarios para su disposición final, según corresponda.

Artículo 47.- Estaciones de Transferencia.- La Municipalidad, con base a la información proporcionada por las empresas prestadoras del servicio, podrá definir la necesidad de establecer estaciones de transferencia, con base en los siguientes criterios:

1. Incrementar la eficiencia global del servicio de recolección.
2. Propender a la disminución de los costos en el sistema de transporte.
3. Optimizar la mano de obra empleada en la recolección.
4. Disminuir los costos de recolección.
5. Las estaciones de transferencia podrán implementarse conjuntamente con los centros de separación, para garantizar la recuperación de materiales.
6. Procurar que las distancias de los centros de disposición final o industrialización de los residuos sólidos de los centros urbanos del Distrito no sean superiores a 25 km.



ORDENANZA METROPOLITANA No.

0332

La Secretaría de Ambiente establecerá otros aspectos relacionados con el tratamiento especial para cada tipo de material aprovechable.

Artículo 51.- Reutilización.- Los residuos sólidos reutilizables pueden usarse de la siguiente forma:

1. Directamente: Madera, barriles, muebles, etc.
2. Materia prima para la fabricación y reprocesamiento: Aluminio, papel y cartón, plásticos, vidrio, metales férreos, metales no férreos, goma y textiles.
3. Insumo para la producción de compost (abono orgánico): Residuos de jardín, fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos.
4. Otros productos de conversión química y biológica como fuente de combustible para la producción de energía. Residuos de jardín, fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos, plásticos, papel residual, madera, aceites y neumáticos.

Artículo 52.- Reciclaje.- Los productores y comercializadores, cuyas actividades, productos y servicios generen residuos sólidos susceptibles de valorización mediante procesos de reutilización o reciclaje, además deben incluir en sus planes de manejo las acciones para minimizar la generación de sus residuos sólidos, su manejo responsable y para orientar a los consumidores y demás ciudadanos sobre las oportunidades y beneficios de minimizar su generación, y de las oportunidades y beneficios de la valorización de residuos reciclables para su futuro aprovechamiento.

Artículo 53.- Incentivos al mercado a través de programas.- La Municipalidad instrumentará programas para la utilización de materiales o subproductos provenientes de los residuos sólidos a fin de promover mercados para su aprovechamiento, vinculando al sector privado, organizaciones sociales y otros agentes económicos.

El Municipio fomentará programas para que los establecimientos de comercio en general cuenten con espacios y servicios destinados a la recepción de materiales y subproductos de los residuos sólidos reciclables o en su defecto, participen en programas de recolección.

Artículo 54.- Comercialización de materiales.- La compra y venta de residuos sólidos reciclables podrá efectuarse libremente de acuerdo a las exigencias del mercado y respetando la normativa vigente, especialmente lo dispuesto para el manejo y disposición de los residuos peligrosos.



ORDENANZA METROPOLITANA No.

0332

Las disposiciones anteriormente indicadas no eximen la responsabilidad de los dueños del predio, respecto del buen mantenimiento de sus frentes, contenido en la Ordenanza Metropolitana 255 vigente y en el artículo II.357.2, literal a) de la misma Ordenanza 213.

Sub sección III Contravenciones de Tercera Clase y sus Sanciones

Artículo 105.- De las contravenciones de tercera clase.- Serán reprimidos con multa de 2 RBUM dólares de los Estados Unidos de América, quienes cometan las siguientes contravenciones:

1. Abandonar en el espacio público o vía pública animales muertos o despojos de aves u otros animales;
2. Arrojar directamente a la vía pública, a la red de alcantarillado, quebradas o ríos, residuos peligrosos y hospitalarios, de acuerdo con las Ordenanzas respectivas;
3. Mantener o abandonar en los espacios públicos cualquier clase de chatarra;
4. Destruir contenedores, papeleras o mobiliario urbano instalado para la recolección de residuos. Además de la multa, el o los infractores, deberán reponer el bien público deteriorado;
5. Quemar llantas, cualquier otro material o residuo en la vía pública urbana;
6. Arrojar a las alcantarillas objetos y materiales sólidos;
7. Arrojar directamente a la vía pública, a la red de alcantarillado, quebradas o ríos, aceites, lubricantes, combustibles, aditivos, lixiviados, líquidos y demás materiales tóxicos;
8. Dejar sucias las vías o espacios públicos tras un evento o espectáculo que haya sido organizado, sea que cuente o no con el permiso respectivo;
9. Mezclar los residuos domésticos con residuos tóxicos, biológicos, contaminada, radioactiva u hospitalaria;
10. No respetar la recolección diferenciada de los residuos hospitalarios y peligrosos, conforme lo establecido en esta normativa;



ORDENANZA METROPOLITANA No. 0332

11. Agredir los puntos limpios;
12. Tener botaderos de residuos sólidos a cielo abierto;
13. No limpiar, sanear, o cercar los lotes baldíos conforme lo previsto en esta ordenanza;
14. No hacer la limpieza y remoción de los avisos publicitarios o propaganda colocada en áreas públicas;
15. Impedir u obstaculizar la prestación de los servicios de aseo urbano en una o en varias de sus diferentes etapas (barrido, recolección, transporte, transferencia y disposición final);
16. No cancelar el pago correspondiente a la gestión de los residuos hospitalarios peligrosos;
17. No contar con los respectivos permisos de movilización y circulación, según sea el caso; y,
18. Las empresas públicas o privadas que comercialicen o promocionen sus productos o servicios a través de vendedores ambulantes o informales, y arrojen los residuos en la vía pública.



ORDENANZA METROPOLITANA No. 0332
ANEXO ÚNICO

Además de las directrices antes mencionadas, se estará a lo previsto en las normas INEN respectivas.

Artículo 32.- Directrices para la ubicación de instalaciones para la gestión de residuos peligrosos.- Los sitios en donde se ubiquen instalaciones para la gestión de residuos peligrosos (almacenamiento, aprovechamiento, tratamiento o disposición final, etc.) deben seleccionarse teniendo en cuenta los siguientes criterios:

1. Criterio sísmico - fallas. No deben ubicarse en zonas que se encuentren a menos de 60 m de fallas geológicas que han presentado desplazamientos en el periodo holoceno. Este requisito no es aplicable cuando el generador o receptor responsable de las instalaciones puede demostrar a satisfacción de la Municipalidad que dichas instalaciones mantendrán su integridad estructural en el evento de un desplazamiento de la falla.
2. Criterio sísmico - estabilidad. No deben ubicarse en zonas que estén sujetas a deslizamientos.
3. Criterio de estabilidad en general. El operador de una instalación para el manejo de residuos peligrosos debe demostrar a satisfacción de la Municipalidad que todas las estructuras en donde se manejen dichos residuos no están comprometidas durante eventos inestables, tales como flujos de residuos arrastrados por la lluvia en casos de altas precipitaciones, rápida formación de sumideros causados por una excesiva retirada del agua subterránea, deslizamientos por explosivos, licuefacción repentina del suelo, etc.
4. Criterio de inundación. No deben ubicarse en zonas que sean propensas a inundarse, y en particular en zonas que se encuentren dentro de la planicie de inundación definida con base en un período de recurrencia de 100 años.
5. Criterio de humedales. No pueden ubicarse en humedales, a menos que el operador demuestre a satisfacción de la Municipalidad que el riesgo de contaminación del área es mínimo teniendo en cuenta el tipo y cantidad de residuos que pueden ser liberados al ambiente en el evento de una inundación y su



ORDENANZA METROPOLITANA No.
ANEXO ÚNICO

0332

impacto sobre la calidad de las aguas superficiales y sobre el medio ambiente, incluidos los sedimentos y las especies de flora y fauna de la zona.

Además de las directrices antes mencionadas, se estará a lo previsto en las normas INEN respectivas.

Artículo 33.- Directrices para los generadores de residuos peligrosos.- Las siguientes directrices son de cumplimiento obligatorio para los generadores de residuos peligrosos:

1. El generador debe envasar los residuos en recipientes herméticos y de características físicas y mecánicas tales que permitan, en forma segura, su manipulación y transporte, así como minimizar los riesgos de pérdida o derrame de dichos residuos. Los envases, teniendo en cuenta su material de construcción, deben ser compatibles con los residuos peligrosos que en ellos se pretenda envasar. En la medida de lo posible se tenderá a realizar la recolección de residuos peligrosos a través de contenedores de alta tecnología diseñados para el efecto.
2. Cada recipiente que contenga residuos peligrosos debe estar identificado en forma indeleble y numerado consecutivamente; la identificación debe incluir un rótulo o etiqueta firmemente fijado sobre el envase. La etiqueta debe incluir, de manera legible, la descripción del residuo peligroso (según sus características y el proceso de origen); su cantidad; su estado físico; su tipo y grado de peligrosidad; el nombre, dirección y teléfono del generador; fecha de envasado (si se trata de un residuo acumulado a lo largo de un periodo de tiempo, la fecha en que empezó la acumulación).
3. Previo a su transporte, cada recipiente que contenga residuos peligrosos debe tener un rótulo o etiqueta en la cual se indique el destino y las medidas de emergencia que deben ser tomadas en caso de alguna contingencia.
4. El generador debe disponer de un área de almacenamiento de residuos peligrosos diseñada o adecuada para tal fin.



ORDENANZA METROPOLITANA No.
ANEXO ÚNICO

0332

5. El generador debe llevar un registro o bitácora en el cual documente regularmente el origen, cantidad y características de cada uno de los flujos de residuos peligrosos que genere.
6. El generador debe llevar un registro o bitácora de los movimientos de entrada y salida de recipientes del área de almacenamiento.
7. El generador debe capacitar al personal encargado del empaque, almacenamiento y embalaje del residuo peligroso dentro de sus instalaciones y además debe brindar el equipo para el manejo adecuado de estos y la protección personal necesaria para ello.
8. El generador debe poseer un plan de atención de emergencias relacionadas con el manejo de los residuos peligrosos y debe contar en todo momento con personal capacitado para su implementación.
9. El generador puede optar por utilizar el régimen especial o aseo contratado para la recolección de los residuos peligrosos que genere.
10. Todos los generadores de residuos peligrosos están obligados a su manejo y disposición final adecuado y no podrán ocupar con ellos el espacio público, afectar el ornato ni atentar a la salud de las personas, en concordancia con las leyes y ordenanzas vigentes.

Además de las directrices antes mencionadas, se estará a lo previsto en las normas INEN respectivas.

Anexo 13: Ministerio de Ambiente. Acuerdo ministerial 026. 2015.

El anexo evidencia el Acuerdo Ministerial 026, el cual muestra la obligatoriedad de registro de los generadores de desechos peligrosos en el MAE para obtener las licencias correspondientes para llevar a cabo la práctica de la gestión de los desechos peligrosos. En estas licencias están detallados los requisitos, las obligaciones y condiciones que el beneficiario deberá cumplir.



REGISTRO OFICIAL

ORGANO DEL GOBIERNO DEL ECUADOR

Administración del Sr. Ec. Rafael Correa Delgado
Presidente Constitucional de la República

TRIBUNAL CONSTITUCIONAL

Año II -- Quito, Lunes 12 de Mayo del 2008 -- N° 334

DR. RUBEN DARIO ESPINOZA DIAZ
DIRECTOR

Quito: Avenida 12 de Octubre N 16-114 y Pasaje Nicolás Jiménez
Dirección: Telf. 2901 - 629 -- Oficinas centrales y ventas: Telf. 2234 - 540
Distribución (Almacén): 2430 - 110 -- Mañosca N° 201 y Av. 10 de Agosto
Sucursal Guayaquil: Malecón N° 1606 y Av. 10 de Agosto -- Telf. 2527 - 107
Suscripción anual: **US\$ 300** -- Impreso en Editora Nacional
1.700 ejemplares -- 56 páginas -- Valor **US\$ 2.00**

SEGUNDO SUPLEMENTO

Ministerio del Ambiente

Acuerdo N° 026

Expídense los procedimientos para Registro de generadores de desechos peligrosos, gestión de desechos peligrosos previo al licenciamiento ambiental, y para el transporte de materiales peligrosos.

1. OBJETIVOS

- 1.1. Contar con un instrumento de aplicación del Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación Desechos Peligrosos (RPCCD) en lo referente al licenciamiento ambiental de prestadores de servicios de manejo de desechos peligrosos. Así mismo contribuir al cumplimiento del Artículo 50 del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental.
- 1.2 Cumplir con lo establecido en el Sistema Único de Manejo Ambiental (SUMA) para el licenciamiento ambiental.
- 1.3 Contar con elementos para el cumplimiento a lo establecido en el artículo 156, 202 y 203 del Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación por Desechos Peligrosos
- 1.4 Homologar la gestión de desechos peligrosos a aplicarse por todos integrantes del Sistema Nacional Descentralizado de Gestión Ambiental (Reguladores ambientales sectoriales o seccionales, municipalidades y/o consejos provinciales, Autoridades Ambientales de Aplicación) que tengan la competencia para la aplicación del Reglamento.
- 1.5 Establecer los criterios para la emisión de la licencia ambiental de prestadores de servicio de manejo de desechos peligrosos o de generadores que manejen desechos peligrosos en su instalación.

2. ALCANCE

- 2.1 Este procedimiento es de aplicación nacional para todas las Autoridades Ambientales de Aplicación que cuenten con un sub-sistema de gestión de desechos peligrosos.
- 2.2 El procedimiento comprende los requisitos establecidos dentro del Sistema Único de Manejo Ambiental
- 2.3 El procedimiento se aplica para la gestión de licenciamiento del manejo de desechos peligrosos que se encuentren en el listado nacional de desechos peligrosos o que estén caracterizados como tales de acuerdo con las normas establecidas para tal efecto y que rebasen las cantidades mínimas definidas en la guía del listado nacional de desechos peligrosos..
- 2.4 La gestión establecida en este procedimiento es para la emisión del Servicio establecido en Artículo 11 del Libro IX del Texto Unificado de Legislación Ambiental, “Emisión de licencia de gestión de desechos peligrosos”
- 2.5 Adicionalmente este procedimiento deberá aplicar para el licenciamiento ambiental de aquellos generadores de desechos peligrosos que a parte de sus operaciones básicas de manejo como envasado, etiquetado y almacenamiento efectúen actividades de manejo en sus instalaciones que impliquen el reuso, reciclaje, tratamiento, incineración, coprocesamiento o disposición final.

3. REFERENCIAS NORMATIVAS

- 3.1 Ley de Gestión Ambiental.
- 3.2 Ley de la prevención y control de la contaminación ambiental
- 3.3 Texto Unificado de Legislación Ambiental.

Libro VI: De la calidad ambiental

Reglamento de la Ley de Gestión ambiental para la prevención y control de la contaminación ambiental.

Artículos 50,

Titulo V Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación por desechos peligrosos.

Artículos: 156, apartado b); 168;179; 183; 198; 202; 203; 205; 206; 210; 211; 215; 222 y223.

Titulo IX Del Sistema de Derechos o Tasas por los Servicios que presta el Ministerio del Ambiente y por el uso y aprovechamiento de bienes nacionales que se encuentren bajo su cargo y protección.

- 3.4 Convenio de Basilea sobre el Control de Movimientos Transfronterizos de Desechos Peligrosos y su Eliminación

4. DEFINICIONES

ALMACENAMIENTO: Acción de guardar temporalmente desechos en tanto se procesan para su aprovechamiento, se entrega al servicio de recolección, o se disponen de ellos.

CONFINAMIENTO CONTROLADO O RELLENO DE SEGURIDAD: Obra de ingeniería para la disposición final de desechos peligrosos que garanticen su aislamiento definitivo y seguro.

DESECHOS PELIGROSOS: Son aquellos desechos sólidos, pastosos, líquidos o gaseosos resultantes de un proceso de producción, transformación, reciclaje, utilización o consumo y que contengan algún compuesto que tenga características reactivas, inflamables, corrosivas, infecciosas, o tóxicas, que represente un riesgo para la salud humana, los recursos naturales y el ambiente de acuerdo a las disposiciones legales vigentes.

ETIQUETADO: Acción de etiquetar con la información impresa en la etiqueta.

GENERADOR: se entiende toda persona natural o jurídica, cuya actividad produzca desechos peligrosos u otros desechos, si esa persona es desconocida, será aquella persona que éste en posesión de esos desechos y/o los controle.

GENERACIÓN: Cantidad de desechos originados por una determinada fuente en un intervalo de tiempo dado.

GESTION AMBIENTAL: Conjunto de políticas, normas, actividades operativas y administrativas de planeamiento, financiamiento y control estrechamente vinculadas, que deben ser ejecutadas por el Estado y la sociedad para garantizar el desarrollo sustentable y una óptima calidad de vida.

LICENCIA AMBIENTAL: Es la autorización que otorga la autoridad competente a una persona natural o jurídica, para la ejecución de un proyecto, obra o actividad. En ella se establecen los requisitos, obligaciones y condiciones que el beneficiario debe cumplir para prevenir, mitigar o corregir los efectos indeseables que el proyecto, obra o actividad autorizada pueda causar en el ambiente.

MANEJO: Se entiende por manejo las operaciones de recolección, envasado, etiquetado, almacenamiento, reuso y/o reciclaje, transporte, tratamiento y disposición final de los desechos, incluida la vigilancia de los lugares de disposición final.

MANIFIESTO: Documento Oficial, por el que la autoridad ambiental competente y el generador mantienen un estricto control sobre el transporte y destino de los desechos peligrosos producidos dentro del territorio nacional.

MANEJO AMBIENTALMENTE RACIONAL: se entiende la adopción de todas las medidas posibles para garantizar que los desechos peligrosos y otros desechos se manejen de manera que queden protegidos el medio ambiente y la salud humana contra los efectos nocivos que pueden derivarse de tales desechos.

RECOLECCIÓN: Acción de transferir los desechos al equipo destinado a transportarlo a las instalaciones de almacenamiento, tratamiento o reciclaje, o a los sitios de disposición final.

TRANSPORTE: Cualquier movimiento de desechos a través de cualquier medio de transportación efectuado conforme a lo dispuesto en este reglamento

TRATAMIENTO: Acción de transformar los desechos por medio de la cual se cambian sus características.

5. RESPONSABILIDADES

Los funcionarios del Ministerio del Ambiente y del Sistema Nacional descentralizado de Gestión Ambiental tienen la responsabilidad de conocer este procedimiento, así como de aplicar los criterios establecidos para el otorgamiento de la licencia ambiental para prestadores de servicios o generadores que manejen desechos peligrosos.

Es responsabilidad de los funcionarios verificar que las solicitudes y formularios se encuentren debidamente llenados para proceder a la verificación del cumplimiento de requisitos y el proceso de otorgamiento de la licencia.

6. DESARROLLO

Una vez que se ha determinado la peligrosidad de un desecho y se rebasan las cantidades mínimas de manejo de acuerdo a:

- Llistado nacional
- Método de caracterización

El prestador de servicios o generador que maneje desechos tendrán la obligación de presentar su solicitud de licencia ambiental de manejo de desechos peligrosos de acuerdo a la modalidad que corresponda (reuso, reciclaje, transporte, tratamiento, incineración, coprocesamiento y disposición final) para obtener la licencia ambiental respectiva, de acuerdo con los siguientes requisitos

6.1 Licenciamiento para prestador de servicios de manejo de desechos peligrosos

Los prestadores de servicios o generadores que manejen desechos peligrosos que conforme al reglamento están obligados a registrarse ante el Ministerio del Ambiente o la Autoridad Ambiental de Aplicación responsable deberán entregar en oficinas de Ministerio del Ambiente o de la Autoridad Ambiental de Aplicación responsable o incorporar al portal electrónico del Ministerio del Ambiente, la siguiente información:

A) Información general del prestador de servicios o generador que maneja desechos peligrosos.

- a) Nombre, denominación o registro único de contribuyentes, domicilio,
- b) Actividad productiva principal
- c) Sector Industrial o Servicios
- d) Nombre del representante legal y técnico.
- e) Fecha de inicio de operaciones

B) Información específica de manejo de desechos peligrosos

- a) Clasificación y modalidad de manejo de los desechos peligrosos
- b) Generación y recepción de desechos.

- c) Almacenamiento temporal
- d) Método de manejo
- e) Generación de desechos peligrosos debido al manejo
- f) Manejo fuera de la instalación
- g) Disposición final

Para el ingreso de la información de los incisos a y b se anexa el formulario MA-SGD-HG-LP-01

C) Solicitud de manejo de desechos peligrosos dependiendo de la modalidad del interesado.

Modalidad	Clave
A Reciclaje	SGD-SM-REC-01
B Reuso	SDG-SM-REU-01
C Tratamiento	SGD-SM-TR-01
D Incineración	SGD-SM-INC-01
E Coprocesamiento	SGD-SM-COP-01
F Disposición final	SGD-SM-DF-01

D) Información complementaria

- Informe de regulación municipal actualizado y si cuenta con licencia ambiental derivada de la evaluación de impacto ambiental presentar la resolución ministerial.
- Certificado de Intersección con el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP), Bosques Protectores (BP) y Patrimonio Forestal del Estado.

Una vez que el prestador de servicios o generador de desechos peligrosos presente su hoja general de información y formulario de manejo como prestador de desechos peligrosos (formulario No MA-SGD-HG-LP-01), su solicitud de manejo de desechos peligrosos y la información complementario ante el Ministerio del Ambiente o a la Autoridad Ambiental de Aplicación responsable o se incorpore en el portal del Ministerio del Ambiente se deberá verificar:

- El llenado correcto de los formularios. Asegurarse de que el formulario se llene en forma legible y que los campos 1,2,3, 4, 5 y 7 se encuentren llenos.
- Se presente la solicitud de la modalidad de manejo correspondiente que podrá ser para: reuso, reciclaje, tratamiento, incineración, coprocesamiento, transporte o disposición final. La solicitud deberá contar con toda la información requerida.

La información complementaria satisfaga con los requisitos establecidos por Ministerio del Ambiente y la Autoridad Ambiental de Aplicación responsable.

La revisión de los formularios de registro debidamente llenados se efectuará a través del personal de la Autoridad Ambiental Nacional o la Autoridad Ambiental de Aplicación Responsable Acreditado.

Una vez que se verifica que se cumple con los requisitos de entrega de formularios y solicitud el Ministerio del Ambiente o la Autoridad Ambiental de Aplicación responsable asignará un Número de trámite del procedimiento para la emisión de la Licencia Ambiental.

El número de trámite se podrá otorgar al proponente para el seguimiento de su trámite.

Si las solicitudes de registro son recibidas directamente en el Ministerio del Ambiente en Quito o Guayaquil se procederá al ingreso de la información a la base de datos del sistema de gestión de desechos peligrosos.

Las solicitudes de registros las podrán realizar el prestador de servicios a través del portal electrónico del Ministerio del Ambiente en donde en forma automática procederán las solicitudes que cumplan con el llenado de campos obligatorios y de acuerdo a criterios establecidos entre el Ministerio del Ambiente y la Autoridad Ambiental de Aplicación responsable.

6.2 Emisión de la licencia ambiental

El licenciamiento ambiental comprenderá, entre otras condiciones, la revisión de hoja general de información, formulario y solicitud de manejo presentada y de la capacidad del prestador de servicios o el generador para un adecuado manejo de desechos peligrosos para cumplir con lo establecido en el Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación por Desechos Peligroso y los procedimientos para la emisión de la licencia ambiental Ministerio del Ambiente

Para la autorización de la Licencia Ambiental se considerarán las siguientes acciones:

- Análisis de hoja general de información, formulario y solicitud de manejo y de los estudios complementarios que se crea conveniente solicitar verificando que cumplan con los criterios técnicos: datos de diseño, eficiencias requeridas, manejo seguro de sustancias químicas, disposición segura de residuos resultantes, minimización de riesgos al ambiente, cumplimiento de los parámetros de control vigentes para los efluentes y otros que resulten del análisis caso por caso.
- Cumplir con lo establecido con los procedimientos para la emisión de la licencia ambiental del Ministerio del Ambiente

Anexo 14: Bendpak. Características de la máquina compactadora Bendpak ofrecida en el mercado.

El anexo muestra un ejemplo de máquina aplicada para realizar la gestión de filtros usados mediante un proceso de compactación. El modelo que se muestra es de marca Bendpak, y puede reducir el tamaño de los filtros hasta un 25% y drenar el aceite un 95% según las características descritas en el folleto.



IT'S THE LAW

Although many states require that used oil filters be drained for a period of 12-24 hours, uninformed repair shop operators find the process too time consuming and will typically gravity drain the oil filters for only a few minutes before discarding them into the trash. Because a larger percentage of the oil could still remain in an improperly drained filter, it is still considered hazardous waste. Repair shop operators can be fined for improper or illegal hazardous waste management if disposing oil filters that have not been properly drained.

Because used oil is a harmful pollutant, all oil should be drained from used filters before they are recycled or disposed of. Used motor oil collected during processing used oil filters is not required to be regulated as a hazardous waste if it is properly managed and transferred to a recycling facility.



OIL FILTER CRUSHERS and the Environment

THE EPA HAS TOUGH REGULATIONS ABOUT THEIR DISPOSAL

If you work in or own an auto repair shop, you likely find yourself burdened with hundreds, sometimes thousands of oil filters every year; all of them filled with sludge and used engine oil. Used oil filters removed from vehicles are viewed as contaminated waste by the EPA until they are processed for disposal or recycling and the EPA has tough regulations about their disposal.

COMPLY WITH EPA GUIDELINES

Used oil filters can be processed to recycle both the used oil and steel remains. The drained oil can be refined in to lower grades of lubricating oils or fuel and the steel scrap can be reprocessed into new steel products such as cans, cars, appliances and construction materials. Proper recycling of used oil filters sold annually in the United States could result in the recovery of about 160,000 tons of steel.

Recycling is the preferred alternative to disposal and using an oil filter crusher makes recycling efforts more productive and less costly. An oil filter crusher presses the filter under high pressure and squeezes the engine sludge, grunge and oil out. Within seconds used filters are reduced to 25% of their original size – about the size of a hockey puck. The end result is a collection drum filled with recyclable metal “pucks” and a storage container of used oil that can be recycled, all while complying with EPA disposal guidelines. Because most disposal companies charge a collection and hauling fee per each drum, the more recycled filters you can fit into each drum means increased savings. No permits will be required for either the collection or transportation of these filters if they are destined for recycling.

FILTERS REDUCED TO 25% OF THEIR ORIGINAL SIZE

Crushing used oil filters removes the residual oil while leaving the paper and rubber content of the filter with the resulting scrap product. No separate step for media disposal is required as any nonmetallic material remains with the used oil filter and is burned off as impurities in the steelmaking furnace. Repair shops who recycle both the used oil removed from the filter and the filter casing as scrap metal are exempt from hazardous waste regulations and do NOT need to test their filters to determine whether they are hazardous.

To increase the probability that a used oil filter (hazardous scrap metal) will qualify for the scrap metal recycling exemption, a repair shop generally has two options:

1. Gravity drain the filter for an amount of time sufficient to ensure that all free-flowing oil is removed. (The problem with this method is that the amount of drain time will vary based on the size of the filter, temperature (both ambient and that of the filter) and the fluid viscosity).
2. Alternately, the repair shop could crush the oil filter using the most appropriate crushing method that will force excess residual oil from the filter.

drain the filter to ensure all free-flowing oil is removed



RP-20FC

The Ranger RP-20FC is priced around \$1300.00 which includes free shipping to almost anywhere in the United States. When you consider the cost savings for reducing the size of used oil filters for collection and hauling away, the special handling permits and fees no longer needed that would be required by EPA law for disposing of contaminated waste coupled with scrap rebates you may get from recycling the crushed filters, the investment will surely pay for itself very quickly.

**CAUTION
HAZARDOUS
WASTE**

RP-20FC / FEATURES / BENEFITS

- 20,000 lbs. crushing pressure
- Save on disposal costs
- Fulfills EPA standards
- No-mess design
- Single-control valve operation
- Exclusive X-shape press head
- Welded steel plate construction
- 12-1/2" diameter cylinder
- Crushes filters and cans
- 10-20 second cycle time
- Reduces filters to 25% of their original size
- Removes up to 95% of the oil
- 100% air operated
- Automatic safety door
- Transparent door for viewing
- Pressure regulator
- Optional stand fits 55-gallon drums

RP-20FC / SPECS

- Overall height: 29-1/2" / 749 mm
- Overall width: 17" / 432 mm
- Overall depth: 17" / 432 mm
- Chamber opening height: 11" / 279 mm
- Chamber opening width: 8" / 203 mm
- Chamber opening depth: 11" / 279 mm
- Average cycle time: 15 – 20 seconds
- Air input: 125 – 175 psi
- Unit weight: 228 lbs. / 103 kg

Ranger PRODUCTS
A BendPak Inc. Company

1645 Lemonwood Drive
Santa Paula, CA 93060 USA
Tel: 805-933-9970
Fax: 1-805-933-9160
www.rangerproducts.com

Anexo 15: Burbano, G. y Vásquez, L. Descripción del diseño propuesto para la elaboración de un banco de reciclaje de filtros de aceite.

El anexo presenta una sección del estudio elaborado por Burbano y Vásquez, en el cual se muestra la descripción del diseño presentado para la elaboración de su máquina recicladora de filtros, logrando observarse cada mecanismo que compone a la misma.

CAPITULO III

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO DE MÁQUINA

3.1. Diseño del prototipo de máquina

3.1.1. Principio de funcionamiento

Tras efectuar un estudio de los posibles diseños para la construcción de la máquina prototipo se ha optado por una estructura similar a la de un torno industrial, dada la facilidad de sujeción de los filtros para su corte, ya que al ser un cuerpo único los elementos en su interior no podrían ser extraídos de otra manera. Tras el corte del filtro los demás elementos constitutivos como son: la carcasa, válvula de derivación, válvula anti-reflujo y la junta o anillo de caucho serán separados manualmente para su respectivo reciclaje.

Para la extracción del aceite del filtro al momento realizar el corte, el aceite retenido entre la carcasa y el filtro propiamente dicho, caerá a una bandeja de recolección situada bajo el mandril de sujeción, en cuanto al cartucho filtrante que es el elemento que retienen aceite en su interior se utilizará un mecanismo de prensado o compactación, para lo cual se colocará un componente hidráulico para generar la presión adecuada de compactación recolectando el aceite obtenido en un depósito situado bajo los cartuchos a prensar, el mecanismo de accionamiento de la misma será manual.

Las bandejas de recolección de aceite construidas propiamente para este fin, tendrán instaladas en su base inferior una llave de media vuelta o desfogue de aceite facilitando su recolección mediante el drenaje para su debido tratamiento.

3.1.2.2. Motor

Se utilizará un motor eléctrico de corriente alterna, figura N° 3.3, como elemento generador de movimiento rotativo, el motor cumple con las siguientes características: 60HZ, 110-220V, con una potencia de ½ HP, a 7 Amperios y con un máximo de revoluciones de 3600 rpm.

Figura N° 3.3

Fotografía del motor eléctrico

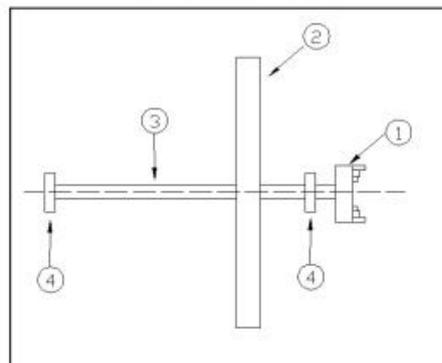


3.1.2.3. Eje de rotación

Se utilizará un eje de acero de bajo carbono con la finalidad de transmitir mediante poleas y banda el movimiento rotativo del motor eléctrico, será de una pulgada de diámetro con dos chumaceras con lubricación mediante grasa para rodamientos en los extremos de la estructura, a demás alojará a la polea de mayor diámetro y en el extremo se colocará un mandril para la sujeción de los filtros, figura N° 3.4. Cabe recalcar que todos los elementos alojados en el eje son desmontables en caso de requerir una sustitución a causa de cualquier daño que pueda presentarse en los mismos.

Figura N° 3.4

Esquema del eje de rotación



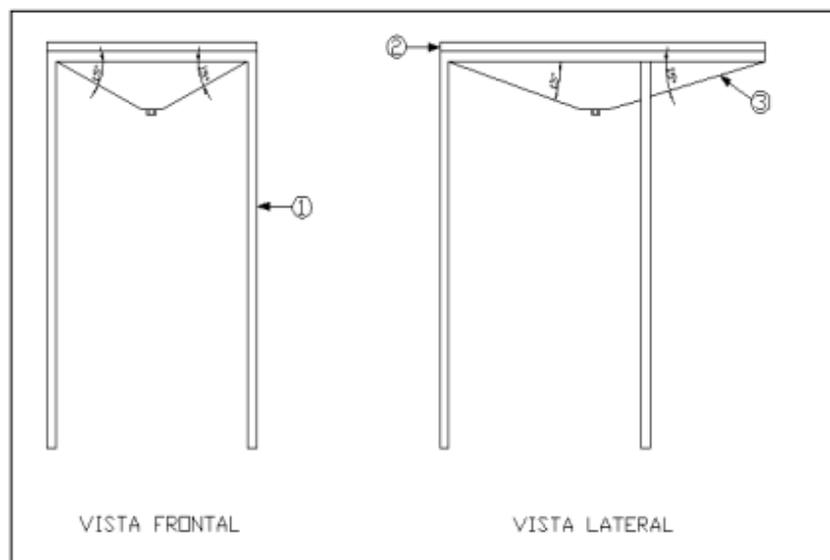
- 1.- Mandril de sujeción
- 2.- Polea de transmisión.
- 3.- Eje.
- 4.- Chumaceras.

3.1.2.10. Base de recolección de aceite

Se construirá una base con una malla de retención, figura N° 3.13 para colocar las carcasas trozadas previas a ser clasificadas como chatarra pues tras el corte aun contienen aceite en su cara interna por lo que mediante gravedad este aceite caerá hacia un depósito de aceite situado bajo la malla.

Figura N° 3.13

Dibujo de la base de recolección



- 1.- Soportes metálicos de la base
- 2.- Base de malla para drenaje
- 3.- Bandeja de recolección de aceite con desfogue

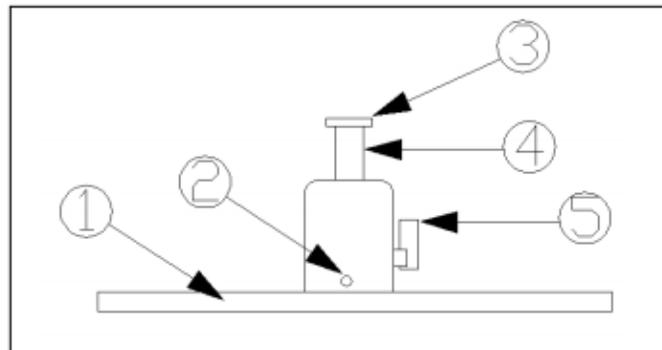
3.1.2.11. Accionamiento hidráulico de la prensa

Constará de dos bombas hidráulicas manuales, cuya función es generar la presión de compactación mediante una palanca, al accionar la misma se genera un desplazamiento del vástago interno, que está sujeto a la estructura del mecanismo generando así un movimiento vertical hacia abajo y transmitiéndolo a los cartuchos mediante la placa de compactación, prensando los mismos

entre la placa base y la placa de compactación. En la figura N° 3.14 se ha realizado un esquema de una de las bombas hidráulicas con la finalidad de indicar sus componentes.

Figura N° 3.14

Dibujo de una de la bombas de presión



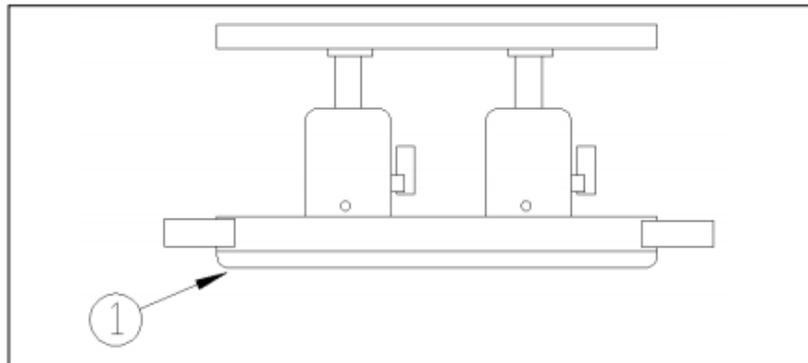
- 1.- Placa de compactación
- 2.- Llave para liberar la presión
- 3.- Punto de sujeción a la estructura
- 4.- Vástago interno
- 5.- Accionamiento mediante palanca

3.1.2.12. Placa de compactación y placa base

Para la placa de compactación, figura N° 3.15 se removerá el vástago de presión original de la prensa y se lo reemplazará por una placa metálica gruesa con la finalidad de poder compactar varios elementos filtrantes simultáneamente, por otro lado en el soporte inferior de la prensa se colocará una placa base móvil con agujeros, figura N° 3.16, la misma servirá para colocar los cartuchos filtrantes, permitiendo así que al accionar la prensa los cartuchos se compriman al máximo entra la placa base y la placa de compactación; todo el aceite extraído pasará por los agujeros de la placa base para ser recolectado en la bandeja de recolección. Al ser la placa base móvil y ajustable a la altura deseada nos permite compactar cartuchos filtrantes de diferentes medidas con un menor esfuerzo.

Figura N° 3.15

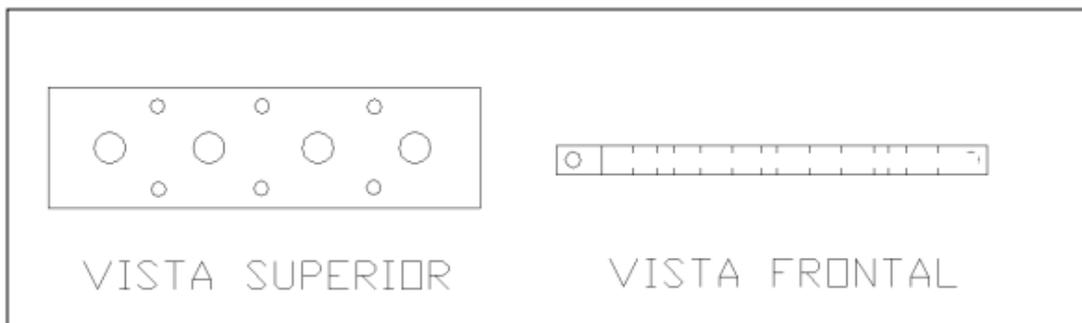
Placa de compactación



1.- Placa de compactación

Figura N° 3.16

Dibujo de la placa base



3.1.2.13. Móvil de transporte

Para transportar los depósitos de almacenaje de aceite, se construirá una base metálica con ruedas en su parte inferior facilitando la tarea de movilizar e intercambiar los depósitos, en la figura N°3.17 se puede ver un esquema del móvil de transporte.

Anexo 16: Barrionuevo, D. Estudio del proceso de compactación con adición de calor de filtros de aceite provenientes del mantenimiento vehicular. 2015.

El anexo evidencia la investigación llevada a cabo por David Barrionuevo en Ambato, quien elaboró una máquina para extraer el lubricante que no ha podido ser drenado totalmente de los filtros. Aplicó un método basado en la adición de calor producido por GLP, permitiendo disminuir la viscosidad del aceite para un mejor drenado y compactación de los filtros. Concluye que el mejor resultado se da al exponer al filtro a una temperatura de 185 °C durante 30 segundos, logrando reducir el tamaño del filtro en un 58%, logrando disminuir 20 gramos de peso.

4.3 PARÁMETROS DE COMBUSTIÓN

Para el presente estudio se utilizó como combustible Gas Licuado de Petróleo (GLP), el cual consta de butano o en ocasiones está compuesto por la mezcla de hidrocarburos. Este porcentaje de composición depende de la temperatura, ya que en zonas con temperatura media alta, el GLP está compuesto de mayor cantidad de butano y en zonas con temperaturas de promedio bajas el GLP está compuesto de mayor cantidad de propano.

La vaporización de propano se da a temperaturas mayores a 42°C a presión atmosférica, en cambio el butano no se vaporiza apropiadamente a una temperatura por debajo de los 0°C.

4.4 PARÁMETROS DE COMPACTACIÓN

Para el presente estudio de compactación de filtros de aceite con adición de calor, el elemento principal es la prensa Hidráulica tipo botella de accionamiento manual con las siguientes partes principales:

- **Bomba:** Genera la presión para fluir el aceite.
- **Deposito:** Lugar donde reposa el aceite
- **Válvula de retención:** Admite que el fluido llegue al pistón o cilindro.
- **Cilindro principal:** Toma la presión del aceite para luego empujar el cilindro secundario.
- **Cilindro secundario:** Mueve el pistón.
- **Válvula de liberación:** Redime presión para su descenso, y volver el proceso de elevación.

4.5 RECOPIACION DE DATOS

Para la presente investigación utilizamos como combustible gas licuado de petróleo, a la salida del tanque se utilizó una válvula de control de presión de 0.5 psi la cual es la más apropiada para nuestro estudio.

Se pudo determinar que esta válvula es la más adecuada mediante el flujo adecuado que transmite para la generación de la llama.

Llama de pre mezcla, esta se da cuando el combustible con el comburente se mezclan poco antes de la combustión.

En esta combustión la flama puede ser con características de tonalidad azul, estas características se dan porque existe una buena distribución de estos dos elementos de combustión, también suele ser una combustión más completa permitiendo alcanzar mayores temperaturas.

Una vez elegida la presión de salida del tanque del gas licuado de petróleo (GLP), se eligió un intervalo de calentamiento analizando las temperaturas menores a 200 °C por medio de la utilización de la cámara termo gráfica.



Figura 4.3: Mechero Bunsen
Fuente: Egdo. David Barrionuevo

Tabla 4.1: Características de la flama del Mechero Bunsen.

Presión	Características de la combustión
0.5 PSI	Llama de premezcla $T < 200^{\circ}\text{C}$, sin presencia de humo.
Manométrica del tanque de GLP	Llama de difusión, de tonalidad amarillenta, existe presencia de humo.

Elaborado por: Egdo. David Barrionuevo

4.6 ANÁLISIS DE DATOS DE PRUEBAS

4.6.1 Análisis de datos de prueba # 1

Tabla 4.2: Datos de porcentaje de reducción a diferentes tiempos de adición de calor.

Tiempo (seg.)	% Reducido peso	Valor máximo (%)	Valor máximo de la flama (°C)
15	4,20	7,60	165,00
	7,60		
	6,71		
30	12,43	12,43	185,40
	12,31		
	11,48		
45	13,86	20,49	201,20
	18,27		
	20,49		

Elaborado por: Egdo. David Barrionuevo

En la Tabla 4.2 se puede determinar que se realizaron las pruebas correspondientes para la compactación de filtros de aceites usados a un intervalo de tiempos de 15 segundos, 30 segundos, y 45 segundos, utilizando 3 filtros en cada lapso de tiempo, así mismo se tomó los valores máximos de porcentaje de reducción de peso del filtro para la realización de la gráfica.

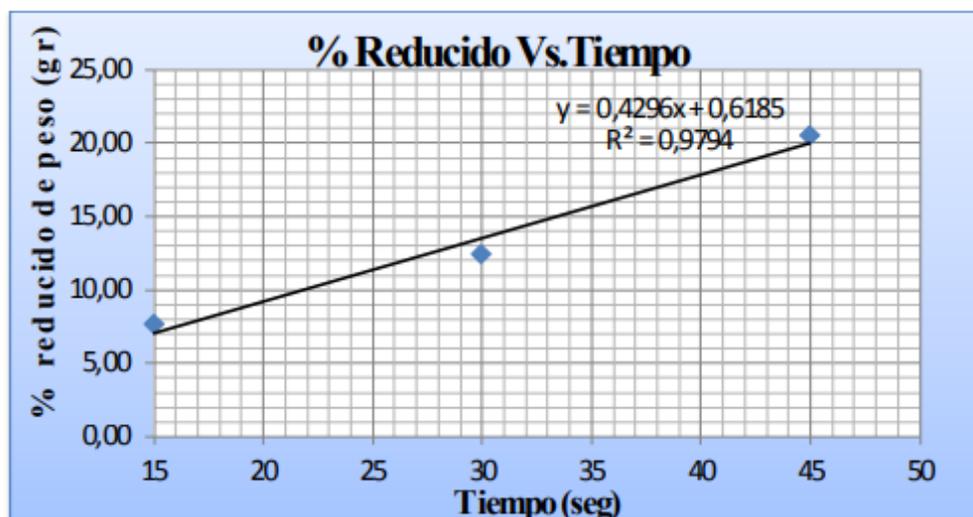


Gráfico 4.1: Tiempo vs. Porcentaje de peso reducido

Fuente: Egdo. David Barrionuevo

En el Grafico 4.1 se puede observar las características del filtro de aceite durante el proceso de compactación. Se determina que a un tiempo de 15 segundos de adición de calor se pudo reducir un aproximado de un 6 % de peso, ya que al añadir temperatura su viscosidad disminuye como también la fuerza de cohesión, por lo que el fluido que esta internamente en el filtro fluye más rápido; mientras tanto a un tiempo de 30 segundos de adición de calor se puede observar una reducción de peso de un 12 %. Finalmente con una adición de calor de 45 segundos se alcanzó una reducción de un 18 % aproximadamente.

En la Tabla 4.3 se puede observar los datos obtenidos en las pruebas correspondientes con los tres tiempos, de igual manera se utilizaron el mismo número de filtros para cada una de las pruebas, considerando que la temperatura máxima alcanzada se da en el filtro solo con adición de calor y sin proceso de compactación.

Tabla 4.3: Datos de temperatura máxima alcanzada por la adición de calor del Mechero Bunsen

Tiempo (seg)	Temperatura Máxima (°C)	Valor máximo de la flama (°C)	Valor de temperatura inicial en el filtro (valor max.)(°C)	Valor de temperatura final en el filtro (valor max.)(°C)
15	143,00	165,00	75,00	33,90
	150,00			
	165,00			
30	175,00	185,40	84,20	54,80
	185,40			
	178,50			
45	190,40	201,20	103,70	80,20
	198,40			
	201,20			

Elaborado por: Egdo. David Barrionuevo

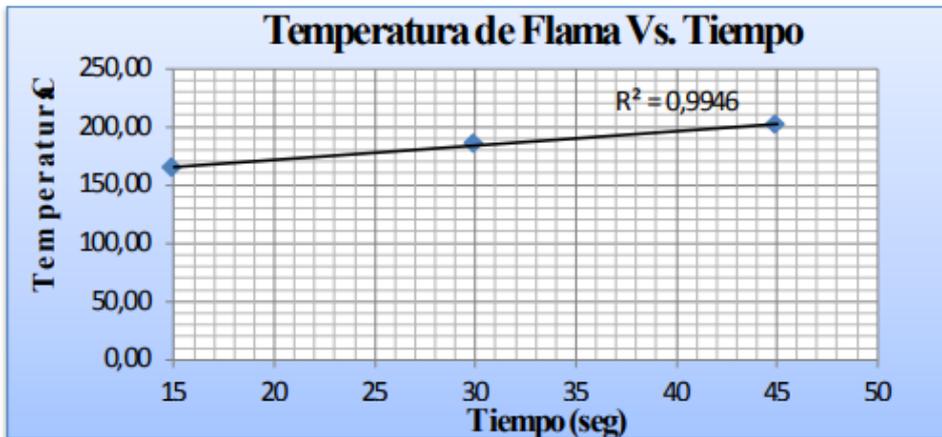


Gráfico 4.2: Tiempo vs. Temperatura de Flama
Fuente: Egdo. David Barrionuevo

En el Gráfico 4.2 se puede observar características diferentes que presenta el filtro de aceite al trabajar con la temperatura máxima.

Se observa que a un tiempo de 15 segundos de adición de calor el filtro llegó a una temperatura de 150°C, mientras que a un tiempo de 30 segundos de adición de calor la temperatura alcanzó aproximadamente 180°C, y finalmente con una adición de calor a un tiempo de 45 segundos la temperatura llegó a 200°C aproximadamente.

Por lo que al adicionar calor conlleva a una compactación más efectiva.

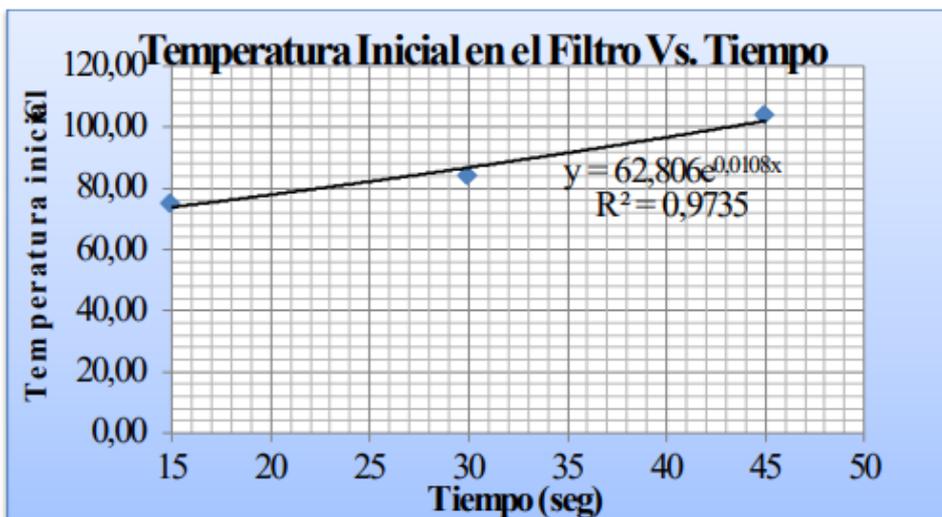


Gráfico 4.3: Tiempo vs. Temperatura inicial en el filtro
Fuente: Egdo. David Barrionuevo

En el Grafico 4.3 se observa que la temperatura inicial alcanzada en un tiempo de 15 segundos de adición de calor el filtro de aceite puede llegar a una temperatura inicial de 78°C aproximadamente, mientras que a una adición de calor con un tiempo de 30 segundos el filtro de aceite llega a una temperatura inicial de 82°C aproximadamente, siendo así temperaturas óptimas para la compactación.

Finalmente con un tiempo de 45 segundos de adición de calor el filtro de aceite puede llegar a una temperatura inicial de 102°C aproximadamente.

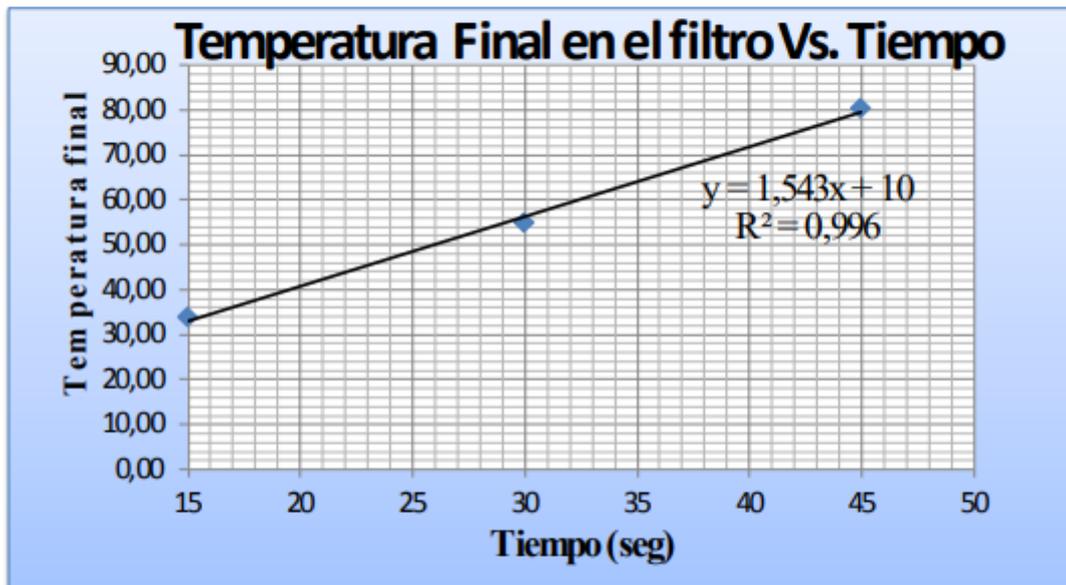


Grafico 4.4: Tiempo vs. Temperatura final

Fuente: Egdo. David Barrionuevo

En el Gráfico 4.4 se observa que a un tiempo de adición de calor de 15 segundos la temperatura final en el filtro alcanza a 35°C aproximadamente, mientras que a un tiempo de 30 segundos de adición de calor la temperatura final alcanza 55°C aproximadamente, finalmente a un tiempo de adición de calor de 45 segundos se puede observar que la temperatura final llega a 80° C .

Entre las pruebas con un tiempo de adición de calor de 30 y 45 segundos se puede observar que existe una temperatura final adecuada para la compactación.

Tabla 4.4: Datos de porcentaje de altura reducida

Tiempo (seg)	Reducción de altura en %	Valor máximo de reducción de altura en %
15	58,82	58,82
	55,88	
	53,29	
30	62,24	62,47
	60,12	
	62,47	
45	62,94	63,76
	61,53	
	63,76	

Elaborado por: Egdo. David Barrionuevo

En la Tabla 4.4 se observan los porcentajes de reducción de altura de cada uno de los tres filtros de aceite, en cada una de las pruebas a diferentes rangos de tiempo de adición de calor. Utilizándose los valores máximos de reducción de altura para la realización de la gráfica.

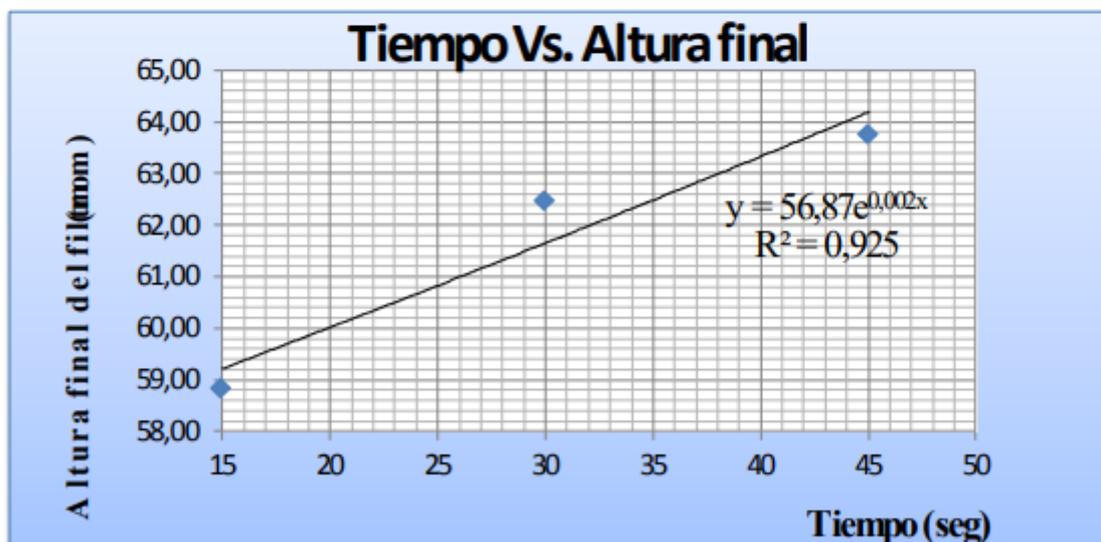


Gráfico 4.5: Tiempo vs. Porcentaje de altura reducido

Fuente: Egdo. David Barrionuevo

En el Gráfico anterior se observa que en el intervalo de 15 a 30 segundos el porcentaje de altura se reduce considerablemente, a partir de los 30 segundos

hasta los 45 segundos de adición de calor, el porcentaje de reducción de altura llega a estabilizarse siendo así la adición de calor fuente positiva para la compactación.

Tabla 4.5: Reducción del volumen a diferentes tiempos de adición de calor.

Tiempo(s)	volumen inicial(cm ³)	volumen final(cm ³)	volumen reducido(mm ³)
15	180	65	115000
	185	67	118000
	190	68	122000
30	188	63	125000
	178	62	116000
	178	60	118000
45	180	58	122000
	184	60	124000
	185	55	130000
0	180	66	114000
	180	70	110000
	178	71	107000

Elaborado por: Egdo. David Barrionuevo

En la Tabla 4.5 se puede observar los valores iniciales de volumen del filtro de aceite, para los 30 segundos que es el tiempo considerado para una correcta compactación, el volumen máximo reducido es de 125000mm³.

Los datos tanto de volumen inicial como final se los obtuvo, mediante la realización de pruebas experimentales realizadas en los laboratorios de la Facultad de Mecánica, lo cual se encuentra sustentado en el anexo N° 2

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Los elementos de mayor relevancia que constituyen un filtro de aceite vehicular Millard el cual fue objeto de estudio, está compuesto por 31.15% papel celuloso o elemento filtrante, el cual está cubierto por un 62.08% de carcasa metálica, y un 4.06% de caucho.
- La altura reducida del tamaño del filtro aproximadamente fue de un 58% para todas las pruebas, con una disminución de 20 gr en su peso debiéndose esto principalmente a la expulsión del aceite sobrante en el interior del filtro.
- Los parámetros que intervienen en una óptima compactación se ven reflejados en la presión de calentamiento de 0.5 PSI, debido a que la misma presento buenas condiciones de flama, alcanzando temperaturas que no generaban humo; de igual manera en el proceso de compactado se obtuvieron mejores resultados al obtenerse temperaturas de flama de 185,40°C, correspondiendo a usarlo durante 30 segundos de flujo de calor en una recta de 1.5 KW.
- El proceso de mayor efectividad para la compactación de filtros de aceite usados es con adición de calor a un tiempo de 30 segundos.

ANEXOS FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Anexo 17: SwissOil. Proceso de obtención de aceites lubricantes.

El anexo muestra un boletín elaborado por SwissOil, en el cual se expone los diferentes procesos que se realizan para la obtención de los aceites lubricantes y sus diferentes grados. Dentro de estos procesos se tiene a la refinación por destilación, el hidrocreaqueo, el desparanifado catalítico e hidroterminado.

aceites básicos



1

Fabricación de aceites básicos

El petróleo crudo es una mezcla de una amplia variedad de compuestos de hidrocarburos con diferentes tamaños moleculares. El tamaño de cada compuesto se determina por el número de átomos de carbono que se encuentran enlazados con átomos de hidrógeno formando una estructura de cadena. En general, cuanto más larga sea la cadena de hidrocarburos, mayor será la temperatura de evaporación de dicho compuesto.

Es a través del proceso de refinación por destilación que el petróleo crudo puede ser separado en sus diferentes compuestos. El petróleo es calentado en una torre de destilación donde sus compuestos se evaporan y suben a través de la torre, condensándose los compuestos más pesados en la parte baja de la torre (combustibles pesados, diesel, aceites básicos, etc.) y los más ligeros en la parte superior de la torre (solventes, gasolinas, gas, etc.).

Los aceites producidos en este proceso de destilación se denominan aceites "básicos", ya que posteriormente serán purificados y mezclados con aditivos que mejorarán su rendimiento para producir aceites de motor, aceites hidráulicos, fluidos de transmisión, lubricantes de engranajes, entre otros.

Tipos de aceites básicos

Los aceites básicos para lubricantes son clasificados en cinco (5) diferentes grupos por el Instituto Americano del Petróleo (API) de acuerdo a su contenido de azufre; su estructura química (contenido de enlaces saturados) y su índice de viscosidad.



TABLA DE CATEGORÍAS BASE API

Grupo	Azufre %	Saturación	VI	
I	> 0.03	y/o	< 90	80 - 119
II	≤ 0.03	y	≥ 90	80 - 119
III	≤ 0.03	y	≥ 90	≥ 120
IV	Todos los Polialfaolefinas (PAOs)			
V	Todas las muestras no incluidas en los Grupos I-IV			

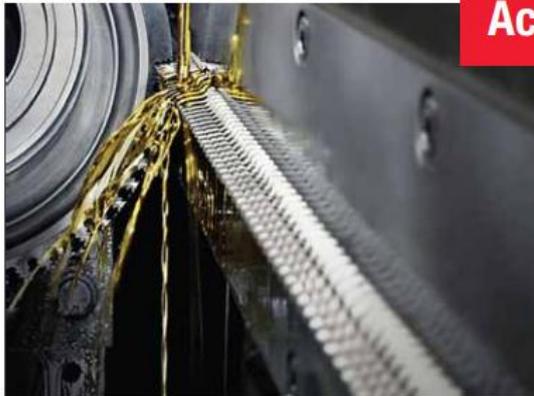
El porcentaje de AZUFRE en los aceites básicos dependerá del contenido de este elemento en el petróleo crudo que se utilizó para su fabricación y de la severidad de los procesos de refinación posterior, a los que fue sometido el aceite básico para disminuir dicho contenido. Un mayor contenido de azufre en el aceite promueve la formación de ácidos que afectan negativamente el desempeño del aceite en el motor.

Las moléculas SATURADAS en un aceite básico dependen de la cantidad de enlaces de carbono e hidrógeno presentes en dicho aceite. Un mayor número de enlaces de C+H dará como resultado un aceite más estable y por lo tanto menos propenso a formar enlaces no deseables que originan barnices, lodos, y otros depósitos nocivos que afectan negativamente el funcionamiento del motor.

Finalmente, el INDICE DE VISCOSIDAD es una medida del cambio en la viscosidad de un aceite con respecto a la

temperatura. Generalmente esta propiedad es menor mientras la temperatura del aceite se incrementa, lo cual reduce la habilidad del aceite para evitar el contacto entre las partes metálicas de un motor a temperatura de trabajo y reducir la fricción.

Por otro lado, la viscosidad de un aceite es mayor mientras la temperatura del aceite desciende, lo cual reduce la habilidad del aceite para desplazarse rápidamente y lubricar las partes metálicas en movimiento del motor cuando se encuentra a menor temperatura en el momento del encendido o arranque. De aquí se desprende la importancia del Índice de Viscosidad (IV) establecido por la Sociedad de Ingenieros Automotrices (SAE), ya que los aceites lubricantes con un alto IV nos aseguran una efectiva lubricación tanto en altas como bajas temperaturas, reduciendo de esta forma la fricción y el desgaste en los componentes del motor.



Aceites básicos API Grupo I

Los bases lubricantes API Grupo I fueron durante muchos años el único tipo de aceite utilizado para la fabricación de aceites lubricantes, sin embargo las nuevas exigencias de los motores modernos requirieron de aceites más refinados y de mejores características para una efectiva lubricación y control de la fricción en estos motores.

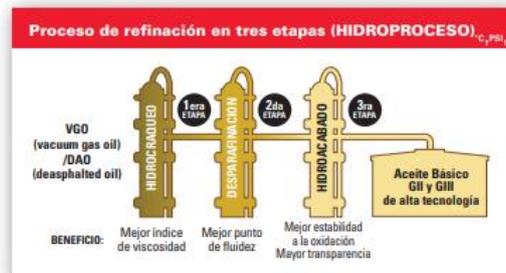
Los aceites básicos del Grupo I contienen un menor número de moléculas saturadas y un mayor porcentaje de azufre comparados con los grupos II y III, lo cual da como resultado una mayor formación de ácidos, depósitos, lodos y barnices en el motor. Una característica deseable de los aceites Grupo I es su mayor solubilidad, propiedad que facilita la mezcla del aceite con los aditivos en el proceso de manufactura de lubricantes.

Las bases API Grupo II son sometidas a procesos adicionales de refinación, reduciendo así su contenido de azufre y el número de moléculas o enlaces insaturados presentes en el aceite.

Aceites básicos API Grupo II

El "Hidroproceso" estabiliza los componentes más reactivos en el aceite básico, disminuye el contenido de ceras y reduce las impurezas para obtener un aceite básico más puro y estable que resiste de mejor forma las altas temperaturas de operación y evita la formación de depósitos indeseables. Consta de tres etapas:

- 1 Hidrocrqueo
- 2 Desparafinado Catalítico o Hidroisomerización de Cera
- 3 Hidroterminado



Hidrocraqueo

El Hidrocraqueo añade hidrógeno al aceite básico eliminando sus impurezas, estabiliza los componentes más reactivos en el aceite básico, mejora su color y aumenta su vida útil. En el Hidrocraqueo, el aceite básico se pone en contacto con un catalizador a temperaturas superiores a 650 °F y presiones por encima de 1.000 psi; bajo estas condiciones las moléculas de aceite son reformadas y algunas son rotas en moléculas más pequeñas, se elimina casi todo el azufre, el nitrógeno y se saturan los compuestos aromáticos con hidrógeno. La reformación molecular a la que es sometido el aceite produce isoparafinas y compuestos saturados que tienen altos índices de viscosidad (IV) y menores puntos de fluidez, características muy deseables en aceites básicos de alto desempeño. Los compuestos de cera (parafinas) son eliminadas en el siguiente proceso a fin de reducir aún más el punto de fluidez.

Desparafinado catalítico e hidroisomerización de cera

Luego el aceite básico es sometido a un proceso de desparafinación catalítica a alta temperatura y alta presión, en la que un catalizador selectivamente rompe las moléculas de cera presentes en el aceite básico dando como resultado bases lubricantes con mejor desempeño a bajas temperaturas. En la hidroisomerización la cera se convierte selectivamente (isomerizado) en compuestos que elevan aun más la calidad del aceite básico. Ambos procesos remueven la cera y por lo tanto reducen el punto de fluidez del aceite básico, sin embargo la hidroisomerización da como resultado un aceite básico con un índice de viscosidad (IV) aún mayor.

Hidroterminado

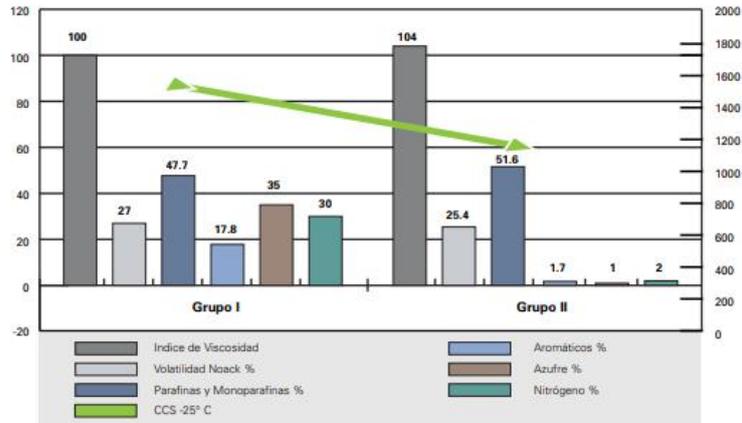
Finalmente el aceite básico es sometido a un hidroterminado, en el cual catalizadores sofisticados y presiones por encima de 1.000 psi estabilizan las pocas impurezas todavía presentes dando como resultado un aceite básico de más alta calidad.

Características de las bases del Grupo II

Mediante la combinación de hidrocraqueo, isodesparafinado e hidroterminado, las moléculas de aceite básico original (con propiedades pobres) son transformadas y convertidas en moléculas de alta calidad. Su punto de fluidez, su índice de viscosidad (IV) y su estabilidad a la oxidación mejoran de forma independiente en cada uno de los procesos dando como resultado aceites básicos de alta pureza, excepcional resistencia a la oxidación y mejor desempeño a bajas temperaturas, distinguiéndose a simple vista por ser incoloras (libres de impurezas). Por esta razón el Instituto Americano del Petróleo (API) optó por clasificar los aceites básicos en Grupo I, Grupo II y Grupo III para establecer un marco de referencia en cuanto a la calidad.

Principales características de las bases del Grupo II

- 1 Más puro**
Nitrógeno y azufre más bajos.
- 2 Mayor resistencia del aceite**
Índice de viscosidad más alto.
- 3 Más estable**
Mayor contenido de parafinas y menos aromáticos.
- 4 Mayor duración del aceite**
Menor volatilidad.
- 5 Mejor desempeño a baja temperatura**
Menor CCSi.



Aceites básicos API Grupo III

Estos aceites básicos son producidos bajo condiciones de refinación aun más exigentes en comparación con los procesos para Grupo I y II. Aún cuando estos básicos Grupo III no son químicamente modificados (sintéticos), proveen un

desempeño similar a los aceites sintéticos. Es por esta razón que combinados con aditivos selectos son generalmente comercializados como lubricantes sintéticos o semi-sintéticos.

Aceites básicos API Grupo IV

Los aceites básicos Grupo IV son bases sintéticas químicamente modificadas, especialmente del tipo Polialfaolefinas (PAO). Los aceites básicos Grupo IV cuando

son mezclados con aditivos selectos proveen un desempeño excepcional para las aplicaciones que fueron diseñados.

Aceites básicos API Grupo V

Los aceites básicos Grupo V son todas las otras bases no incluidas en los cuatro grupos anteriores, principalmente los aceites de origen nafténico y los sintéticos que no son fabricados con PAO. Los ésteres y ésteres de poliol son de

los más usuales aceites Grupo V. Las bases Grupo V no son generalmente utilizadas como tales para la fabricación de lubricantes sino que a través de su uso en aditivos mejoran las propiedades de las otras bases lubricantes.

Anexo 18: American Petroleum Institute. Clasificación de lubricantes según su uso API. 2016.

El siguiente anexo muestra los distintos tipos de aceite de motor existentes en la industria y sus aplicaciones recomendadas según el American Petroleum Institute (API). De igual manera, se observa la designación de los grados de lubricante de motor según la temperatura de operación y otros componentes de certificación de calidad.

TIPOS DE ACEITE DE MOTOR Y USO RECOMENDADO

Tipos de aceites de motor

El aceite de motor puede ser clasificado en cuatro categorías básicas: aceite sintético, semi-sintético, de alto kilometraje y convencional.

Aceite de motor sintético

El aceite de motor sintético es el resultado de un proceso de ingeniería química. Las moléculas del aceite sintético tienen una forma más uniforme y contienen menos impurezas que las moléculas de los aceites convencionales. En general, el aceite sintético ofrece un mejor desempeño en temperaturas extremadamente altas o bajas. Los aceites sintéticos están generalmente formulados con aditivos de alto rendimiento.

Aceite de motor semi-sintético

El aceite de motor semi-sintético incorpora una mezcla de aceites base sintéticos y convencionales para ofrecer mayor resistencia a la oxidación (en comparación con el aceite convencional), además de brindar excelentes propiedades en bajas temperaturas.

Aceite de motor de alto kilometraje

El aceite de motor de alto kilometraje está especialmente diseñado para vehículos más viejos o vehículos recientes con más de 120,000 kilómetros. Gracias a su incomparable fórmula y a sus aditivos únicos, un aceite de alto kilometraje permite reducir el quemado de aceite y ayuda a sellar fugas que pueden presentarse en motores más viejos.

Aceite de motor convencional

La formulación de los aceites de motor convencionales tiene un rango amplio de grados de viscosidad y niveles de calidad. El aceite de motor convencional se recomienda para conductores con autos de motor sencillo y un estilo de manejo regular (en comparación con condiciones severas de manejo).

Designaciones de los grados de aceite

Los aceites de motor usan un índice desarrollado por la Sociedad de Ingenieros Automotrices (Society of Automotive Engineers; SAE) para clasificar el aceite conforme a su viscosidad. La viscosidad es la resistencia de un fluido a fluir. Los fluidos que son ligeros (como el agua) tiene un grado de viscosidad bajo y los fluidos espesos (como la miel) tienen un grado de viscosidad elevado. El grado de viscosidad de un aceite cambia al momento de calentarlo o enfriarlo.

Los aceites de motor de viscosidad multigrado pueden utilizarse en un amplio rango de temperaturas. Para un aceite SAE 0W-20, el "0" representa el índice de viscosidad en temperatura baja (la "W" es de "winter", "invierno"), y el "20" representa el índice de viscosidad en temperatura alta. Un aceite de motor de viscosidad multigrado fluye correctamente en bajas temperaturas, además de proteger el motor en altas temperaturas.

Para fines de comparación, SAE 5W-30 y SAE 0W-30 fluirán mejor incluso a menores temperaturas que SAE 10W-30, y continuarán brindando protección en altas temperaturas.

Consulte siempre el manual del usuario para determinar las especificaciones correspondientes al tipo de aceite de su motor, el grado de viscosidad y los intervalos de cambio de aceite recomendados para su vehículo.



La "Estrella" API/ILSAC

Este símbolo aparece en los aceites de motor de calidad que cumplen los requisitos actuales mínimos de la industria. API es el acrónimo de American Petroleum Institute (Instituto Americano del Petróleo). El sello aprobatorio en forma de estrella del instituto dice "Certificado por el Instituto Americano del Petróleo". Este sello fue creado para ayudar a los consumidores a identificar los aceites de motor que cumplen los estándares mínimos de desempeño establecidos por los fabricantes de vehículos y motores.

La Estrella identifica a los aceites de motor recomendados para una cierta aplicación, como por ejemplo "Para motores de gasolina". Para portar este símbolo en su recipiente, el aceite debe cumplir los últimos requerimientos del ILSAC, el Comité Internacional de Normalización y Aprobación de Lubricantes (International Lubricant Standardization and Approval Committee). Dicho Comité es el resultado de un esfuerzo conjunto realizado por los fabricantes de automóviles japoneses y estadounidenses. La Estrella API/ILSAC se encuentra en la etiqueta frontal de los envases de los aceites de motor certificados.



El “rosquilla” API

Otro identificador en los recipientes de aceite de motor es la “donut” de API, típicamente encontrada en la etiqueta posterior. Se encuentra dividida en tres partes. La mitad superior del círculo (2) indica la clase de servicio de API, también llamado nivel de desempeño. El centro del círculo (3) denota la viscosidad SAE, explicada anteriormente. La mitad inferior del círculo (4) indica si el aceite ha demostrado ciertas propiedades de conservación de recursos y energía.

En la parte superior de la rosquilla las palabras “API Service XXXXX” (5) indican el tipo de motor y el desempeño brindado por el aceite. En la denominación actual “API Service SN”, la “S” significa Aceite de Estación de Servicio (para motores de gasolina) y la “N” indica el nivel actual de servicio. Otra opción es “API Service CJ-4”. Donde la “C” significa motores comerciales (motores diésel), la “J” es el nivel actual de desempeño y el número “4” indica un motor diésel de cuatro tiempos (para motores diésel de dos tiempos se usa un 2).

Consulte en el manual del usuario las recomendaciones para su vehículo. Las denominaciones API Service son compatibles con versiones anteriores, de modo que los vehículos más viejos pueden usar la denominación actual.



Anexo 19: Widman International SRL. Tabla SAE J300. 2015.

El siguiente anexo muestra la tabla en la que se basa la normativa SAE J300, donde se determina el nivel de viscosidad cinemática a 100°C de aceites lubricantes para motores de combustión. También se consideran factores como bombeabilidad y la resistencia de los lubricantes en el arranque en frío.

SAE J300

La determinación de viscosidad de aceites para motores se mide con la tabla de viscosidades SAE de acuerdo a la norma SAE J300. Esta tabla clasifica las viscosidades de acuerdo a su viscosidad cinemática a 100°C y en caso de aceites multigrados también se mide su bombeabilidad y resistencia al arranque en frío.

Ejemplo:

Un aceite Multigrado SAE 15W-XX no puede espesarse a más que 7,000 cP cuando la temperatura baja a -20°C en las pruebas de la ASTM D 5293, y 60,000 cP en la prueba ASTM D 4684.

Un aceite SAE 40 tiene que tener la viscosidad entre 12.5 cSt y 16.3 cSt a 100°C. Esta viscosidad debería mantenerse por el periodo de uso del aceite.

La tabla también regula la rotura de polímeros, o cizallamiento permitido en alta temperatura (medido a 150°C), garantizando la protección necesaria para los cojinetes, árbol de levas y todas las piezas que requieren lubricación hidrodinámica forzada. Los aceites certificados API CI-4 tienen más resistencia, por la exigencia del API de mantener esta viscosidad en un mínimo de 3.5 cP a 150°C. Hoy en día hay aceites SAE 15W-40 que pueden mantener 4.2 cP en estas condiciones.

Esta tabla entró en vigor en Enero del 2015. Incluye la nueva categoría SAE 8 y SAE 12. Aceites producidos o certificados anteriormente utilizaban una tabla menos exigente.

SAE J300 - Revisión Enero 2015

Viscosidad SAE	Arranque en Frío (cP)	Bombeabilidad en Frío (cP)	Mínima Cinemática (cSt)	Máxima Cinemática (cSt)	Cizallamiento en alta temperatura (cP)
0W	6,200 a -35°C	60,000 a -40°C	3.8	-	-
5W	6,600 a -30°C	60,000 a -35°C	3.8	-	-
10W	7,000 a -25°C	60,000 a -30°C	4.1	-	-
15W	7,000 a -20°C	60,000 a -25°C	5.6	-	-
20W	9,500 a -15°C	60,000 a -20°C	5.6	-	-
25W	13,000 a -10°C	60,000 a -15°C	9.3	-	-
8	-	-	4	<6.1	1.7
12	-	-	5	<7.1	2.0
16	-	-	6.1	<8.2	2.3
20	-	-	6.9	<9.3	2.6
30	-	-	9.3	<12.5	2.9
40	-	-	12.5	<16.3	3.5 (0W-40, 5W-40, 10W-40)
40	-	-	12.5	<16.3	3.7 (15W-40, 20W-40, 25W-40, 40 monogrado)
50	-	-	16.3	<21.9	3.7
60	-	-	21.9	<26.1	3.7

Widman International SRI

Anexo 20: American Petroleum Institute. Designación deservicio de lubricante. 2016.

El siguiente anexo muestra una tabla elaborada por el American Petroleum Institute (API) en la cual se muestran las normas vigentes y caducadas de la normativa ILSAC. De igual forma se presentan las categorías de servicios vigentes para vehículos de pasajeros.

Aquí se muestran las normas ILSAC y las Categorías de Servicio API actuales y obsoletas. Los propietarios de los vehículos deben consultar su manual antes de referirse a estas tablas. Los aceites pueden tener más de un nivel de prestaciones.

Para automóviles con motores de gasolina, las normas ILSAC o las Categorías de Servicio API más recientes incluyen los niveles de prestaciones de cada una de las categorías anteriores, y se pueden utilizar para motores más antiguos en los que se recomendaban dichos aceites de categorías anteriores.

NORMAS ILSAC DE ACETES PARA MOTORES DE VEHÍCULOS PARA PASAJEROS

Nombre	Estado	Servicio
GF-5	Actual	Se comenzó a utilizar en octubre de 2010 y fue diseñado para proporcionar una mejor protección de los pistones y turbocompresores frente a la formación de depósitos a alta temperatura, mayor control de lodos, mejor economía de combustible, mejor compatibilidad con los sistemas de control de emisiones, compatibilidad con juntas y protección de los motores que utilizan combustibles con etanol hasta E85.
GF-4	Obsoleto	Utilizar GF-5 en los casos en los que se recomienda GF-4.
GF-3	Obsoleto	Utilizar GF-5 en los casos en los que se recomienda GF-3.
GF-2	Obsoleto	Utilizar GF-5 en los casos en los que se recomienda GF-2.
GF-1	Obsoleto	Utilizar GF-5 en los casos en los que se recomienda GF-1.

MOTORES DE GASOLINA (Siga las recomendaciones del fabricante de su vehículo respecto de los niveles de prestaciones del aceite)

Categoría	Estado	Servicio
SN	Actual	Se comenzó a utilizar en octubre de 2010 y fue diseñado para proporcionar una mejor protección de los pistones frente a la formación de depósitos a alta temperatura, mayor control de lodos y compatibilidad con juntas. Los aceites con categoría API SN con Ahorro de combustible se corresponden con la categoría ILSAC GF-5, al combinar el nivel de desempeño de los aceites API SN con una mejor economía de combustible, protección del turbocompresor, compatibilidad con los sistemas de control de emisiones y protección de los motores que utilizan combustibles con etanol hasta E85.
SM	Actual	Para motores de automóviles del año 2010 y anteriores.
SL	Actual	Para motores de automóviles del año 2004 y anteriores.
SJ	Actual	Para motores de automóviles del año 2001 y anteriores.
SH	Obsoleto	ADVERTENCIA: No es adecuado para la mayoría de los motores de automóviles de gasolina fabricados después del año 1996. Es posible que no proporcione una protección adecuada frente a la acumulación de lodos en el motor, la oxidación o el desgaste.
SG	Obsoleto	ADVERTENCIA: No es adecuado para la mayoría de los motores de automóviles de gasolina fabricados después del año 1993. Es posible que no proporcione una protección adecuada frente a la acumulación de lodos en el motor, la oxidación o el desgaste.
SF	Obsoleto	ADVERTENCIA: No es adecuado para la mayoría de los motores de automóviles de gasolina fabricados después del año 1988. Es posible que no proporcione una protección adecuada frente a la acumulación de lodos en el motor.
SE	Obsoleto	ADVERTENCIA: No es adecuado para la mayoría de los motores de automóviles de gasolina fabricados después del año 1979.
SD	Obsoleto	ADVERTENCIA: No es adecuado para la mayoría de los motores de automóviles de gasolina fabricados después del año 1971. Su utilización en motores más modernos puede conducir a un comportamiento no deseado o dañar el equipo.
SC	Obsoleto	ADVERTENCIA: No es adecuado para la mayoría de los motores de automóviles de gasolina fabricados después del año 1967. Su utilización en motores más modernos puede conducir a un comportamiento no deseado o dañar el equipo.
SB	Obsoleto	ADVERTENCIA: No es adecuado para la mayoría de los motores de automóviles de gasolina fabricados después del año 1951. Su utilización en motores más modernos puede conducir a un comportamiento no deseado o dañar el equipo.
SA	Obsoleto	ADVERTENCIA: No contiene aditivos. No es adecuado para la mayoría de los motores de automóviles de gasolina fabricados después del año 1930. Su utilización en motores más modernos puede conducir a un comportamiento no deseado o dañar el equipo.



AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE

Sistema de Certificación y Licencia de Aceites para Motor • 1220 L Street, NW • Washington, DC 20005-4070 • EE. UU. • Teléfono: 202-682-8516 • Correo electrónico: eolcs@api.org • www.api.org/eolcs
 Derechos de autor 2016. Instituto Americano del Petróleo. Todos los derechos reservados. API, el logotipo de API, la Marca de Certificación (Starburst) API, el Símbolo de Servicio (Donut) API, el logotipo del Símbolo de Servicio API con CI-4 PLUS, el logotipo del Símbolo de Servicio API con la marca FA-4 y la frase "Which Oil is Right For You" (¿Qué tipo de aceite es el adecuado para usted?) son marcas comerciales o marcas comerciales registradas de API en los Estados Unidos y/o en otros países. API Global Marketing & Creative: 2016-303 | 02.17 | PDF

Anexo 21: Gómez Estrada, Y. Contribución al desarrollo y mejora para la cuantificación de la degradación en aceites lubricantes usados de MCIA a través de la técnica de espectrometría infrarroja por transformada de Fourier (FT-IR).

El siguiente anexo presenta una fracción de la tesis doctoral donde se exponen las variables más importantes que afectan a la degradación del aceite y sus efectos en los mecanismos. Las variables nombradas son la oxidación, nitración y contaminación.

Capítulo II: Degradación de aceites lubricantes de MCIA

2.1 Introducción

Las condiciones de operación de los MCIA presentan características muy particulares que afectan la degradación de los aceites lubricantes debido a las exigentes condiciones de temperatura, presencia de gases de combustión, metales, productos ácidos provenientes de su misma descomposición entre otros. Estas condiciones hacen sin lugar a duda, que esta aplicación sea una de las más problemáticas a las que se puede someter un aceite lubricante.

La degradación de los aceites podemos definirla como el proceso por el cual se va reduciendo la capacidad del aceite para cumplir sus funciones básicas tales como: la lubricación, la refrigeración, la limpieza, la protección y el sellado. Factores como la oxidación, la nitración, temperatura, contaminación, grandes velocidades de cizallamiento, ambientes corrosivos, pérdidas de los paquetes aditivos, etc., favorecen el incremento de la velocidad de la degradación del aceite lubricante.

El presente capítulo se centrará en el estudio de los parámetros principales que afectan el proceso de degradación del aceite lubricante en MCIA como son la oxidación, nitración y la contaminación.

2.2 Variables que afectan a la degradación

2.2.1 Oxidación

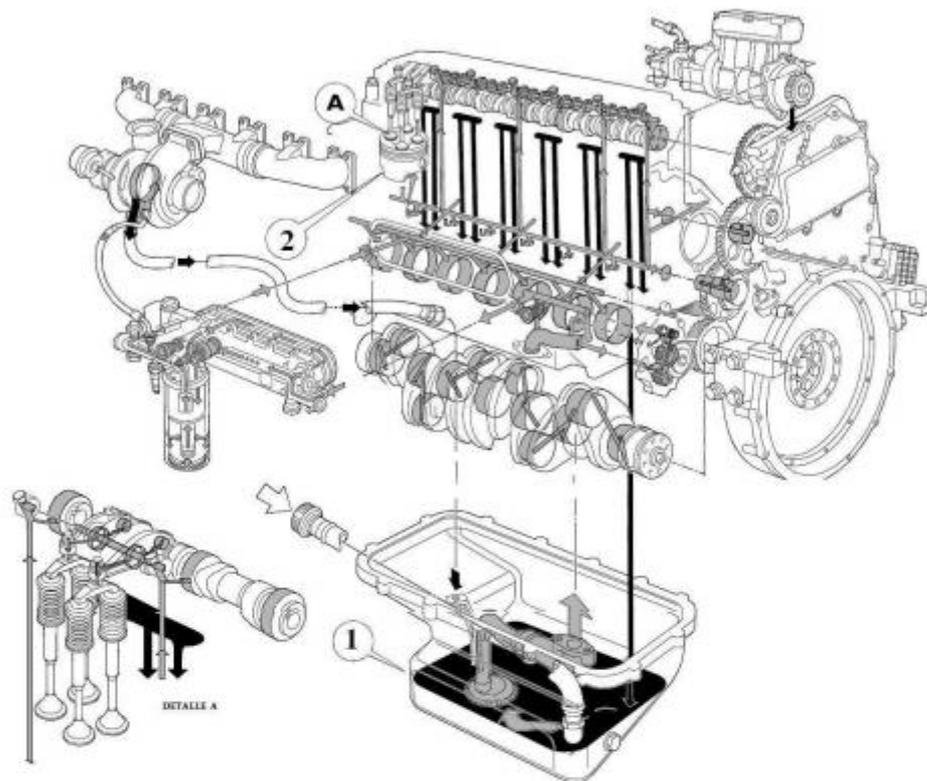
La oxidación es una reacción química que produce un cambio en la estructura molecular del aceite lubricante al ponerse en contacto con un elemento oxidante, cuya reacción es considerada como la más predominante en los aceites lubricantes de motores de

combustión interna (MCIA). Esta reacción química trae consigo la formación de productos ácidos (óxidos e hidroperóxidos) que posteriormente desencadenan una serie de reacciones químicas como el ataque a componentes metálicos, la formación de compuestos poliméricos que conducen a la formación de lodos, lacas, barnices, y en general, depósitos en el motor.

Este proceso de degradación oxidativa del aceite lubricante estará sometido a reacciones de oxidación y reducción, también conocidas como reacciones redox. Las reacciones redox son básicamente las reacciones de transferencia de electrones, las cuales se llevan a cabo entre un conjunto de elementos químicos, uno oxidante y uno reductor. Para que se dé una reacción de este tipo en cualquier medio debe haber un elemento capaz de ceder electrones y otro que los acepte, además de otros factores que pueden acelerar este proceso como la temperatura de la reacción.

Dentro de un MCIA existen dos zonas bastante diferenciadas: en una se evidencian grandes concentraciones de un elemento oxidante, como el oxígeno y otra en donde se dan condiciones de elevadas temperaturas, las cuales conducen el desarrollo de reacciones de oxidación. El cárter del motor, es el lugar donde existe un gran volumen de oxígeno, y donde se lleva a cabo una de las reacciones de oxidación conocida como "Bulk oxidation" [1] (Figura 2-1), al presentarse básicamente elevadas concentraciones de oxígeno, el cual es uno de los mejores oxidantes que existe debido a su elevada electronegatividad, es decir, es capaz de adquirir una carga negativa con más facilidad, lo que dará lugar a la formación de ácidos fuertes en el momento de oxidar al lubricante; por otra parte, la cámara de combustión es la zona que presenta mayores temperaturas dentro del todo el circuito de lubricación, donde se alcanzan temperaturas promedio del aceite entre 200 °C y 300 °C, llegando a promoverse otro tipo de oxidación del aceite lubricante llamada "Thin film oxidation" [2] (Figura 2-1). Estos tipos de oxidación, son sin lugar a dudas más evidentes en aceites lubricantes de motor, que en otro tipo de

aplicaciones, al encontrarse el aceite en condiciones de operación mucho más severas.



1. Bulk Oxidation; 2. Thin Film Oxidation

Figura 2 - 1: Tipo de oxidación en el motor.

Además de estos dos factores (presencia de oxígeno y elevadas temperaturas) existen otros factores que afectan de una u otra manera el proceso de degradación oxidativa del aceite, como es el caso de las partículas metálicas que pueden estar presentes en el seno del lubricante, entre las que se destacan: el cobre, compuestos ferrosos, además de materias extrañas y otros productos de la oxidación, que hacen de este proceso el mayor problema de la degradación del aceite lubricante de MCI.

Causas del proceso de oxidación

La principal variable que afecta este proceso es la presencia de oxígeno en el interior del circuito de lubricante que reacciona de forma lenta a temperatura ambiental, pero que a medida que la temperatura del aceite se incrementa ocasiona un aumento de la velocidad de reacción de oxidación.

La temperatura es sin lugar a dudas la otra variable más importante que afecta este proceso bajo dos premisas; la energía de activación, y por otra parte la velocidad de reacción, que están influenciadas de manera directamente proporcional. Esta relación no es lineal, llegándose en algunos casos a duplicar la tasa de oxidación en el aceite lubricante por cada 10 °C de incremento de la temperatura [3].

Cuando los aceites lubricantes están expuestos a altas temperaturas en presencia de oxígeno (aire), el aceite empieza a sufrir un proceso de oxidación en el cual las cadenas de hidrocarburos que están en el aceite reaccionan con el oxígeno para formar entre otras sustancias derivados de ácidos orgánicos tales como aldehídos y cetonas en mayores concentraciones y ésteres en concentraciones más bajas. Por otra parte, atendiendo a los diferentes tipos de combustión (ciclos termodinámicos), características de los combustibles, estequiometrías de mezclas, se llegan a producir mayores tasas de degradación en algunas aplicaciones como son los aceites de motor para vehículos GNC como se ha podido evidenciar de manera experimental en varios estudios [4-6].

Todos estos productos del proceso de oxidación llegan a producir cambios muy significativos dentro del espectro del aceite lubricante cuando éste es analizado en el infrarrojo medio, presentando variaciones de absorbancia en la zona comprendida entre 1.800 cm^{-1} y 1.670 cm^{-1} [7]. Si bien es cierto que estos productos provenientes de la reacción de oxidación del aceite son propios de este proceso degradativo, la medida de dichos productos para evaluar el estado del aceite, puede

verse afectada por la presencia de otros compuestos que ocasionen vibraciones en la misma frecuencia. Tal es el caso por ejemplo de la dilución por combustible, cuando el tipo de motor utiliza mezclas de biodiesel, las cuales se caracterizan por presentar compuestos de tipo éster dentro de su estructura. Los problemas de dilución por combustible se han estudiado durante mucho tiempo por diferentes metodologías de medición tales como: cromatografía de gases (GC), punto de inflamación, espectrometría infrarroja por transformada de Fourier (FT-IR), Fuel sniffer o variaciones de la viscosidad cinemática [8-11].

En el campo de la automoción, los combustibles fósiles convencionales se caracterizan por tener dentro de sus estructuras una gran variedad de compuestos alifáticos ramificados, compuestos aromáticos y muchos otros compuestos orgánicos de estructuras muy parecidas a las bases lubricantes, los cuales no presentan efectos o cambios significativos en el rango espectral donde son cuantificados los efectos de la oxidación de los aceites lubricantes. Estos compuestos aromáticos, por el contrario, presentan frecuencias de vibración muy características a raíz de los átomos de hidrógeno adyacentes en un anillo aromático para-sustituido, en los rangos espectrales entre 815 cm^{-1} y 745 cm^{-1} , los cuales son utilizados para identificar los problemas típicos de dilución por combustibles como la gasolina y el gasóleo [12]. Cuando un combustible de este tipo presenta concentraciones muy bajas en compuestos aromáticos, la detección de los problemas de dilución por FT-IR puede ser una tarea muy complicada de realizar, por lo que se acude a otro tipo de técnica como las mencionadas anteriormente.

Sin embargo, esta situación se ve alterada cuando se empiezan a incorporar compuestos a estos combustibles que presentan frecuencias de vibración en otras zonas dentro del rango espectral, especialmente aquellos que poseen compuestos de tipo éster como es el caso de los biodiesel. Hoy en día, en el

caso de Europa, según normativa se permite hasta un máximo de un 7% v/v de biodiesel en el gasóleo comercial sin indicarlo específicamente [13]. Los ésteres, como es sabido, presentan frecuencias de vibración en la región del espectro situada aproximadamente a 1.745 cm^{-1} , presentando grandes efectos en la cuantificación del nivel de oxidación frente a un potencial problema de dilución en motores Diesel, utilizando un biodiesel. Este efecto será más grave en función del mayor grado de mezclas de biodiesel en el combustible, pero por el contrario, hace de la metodología de FT-IR, una herramienta muy poderosa para detectar este tipo de problemas.

Consecuencias del proceso de oxidación

La oxidación del aceite provoca cambios en sus propiedades fundamentales, tanto físicas como químicas que pueden ser en algunos casos cuantificables de manera directa o indirecta. Algunos de estas alteraciones son las siguientes:

Acidez: Incremento de la acidez del aceite debido a los productos ácidos que se forman en el proceso de óxido - reducción del aceite [14]; los cuales hacen que el aceite lubricante se vuelva más agresivo con las superficies metálicas, modificando su capacidad de formar una película de lubricación, lo que conduce a un mayor potencial de desgaste del motor. Suelen ser medidos mediante un parámetro como el TAN, a través de un estándar bastante normalizado y conocido como el ASTM D 664 [15]. En paralelo a este aumento de la acidez se presenta una caída de la alcalinidad valorada por el TBN, que usualmente es medido por medio del estándar ASTM D 2896 [16], el cual podría utilizarse como una medida indirecta de esta alteración.

Viscosidad: La oxidación del aceite lubricante produce un incremento de la viscosidad del mismo como consecuencia del fenómeno de polimerización al ser sometido éste a altas temperaturas [17]. Dependiendo del tipo de aplicación en MCIA,

se observan comportamientos diferentes en relación a esta variable, evidenciándose de una manera mas clara el efecto de cizallamiento (lo que se traduce en una caída de la viscosidad) en motores Diesel que en motores GNC como se ha podido estudiar en varios trabajos [5].

Metales de desgaste: Estos productos ácidos que se generan como consecuencia del proceso de oxidación producen corrosión (por ejemplo, pitting) lo cual aumenta el desgaste en las superficies internas del motor como pueden ser los cojinetes, los cuales al estar fabricados o recubiertos con metales blandos (como el caso del cobre) son fácilmente atacados por estos productos ácidos. Tanto los metales de desgaste como aquellos que están presentes en el aceite como parte de los paquetes de aditivos, son cuantificados a través de la técnica de ICP-AES, utilizando distintos estándares como la ASTM D 5185 [18], que es muy conocida y aplicada a nivel mundial. Las partículas metálicas de elementos tales como cobre, hierro y plomo, actúan además como catalizadores de este proceso aumentando la velocidad de oxidación del aceite.

Aditivos: Los aceites lubricantes para MCI A necesitan una base con un alto nivel de estabilidad a la oxidación, combinada con unos paquetes de aditivos que optimicen su resistencia a la oxidación. Estos paquetes de aditivos son los primeros en verse afectados cuando se inicia el proceso de degradación oxidativa del aceite lubricante. Unos de los principales aditivos que disminuyen su concentración son los aditivos antioxidantes, llegando hasta valores inferiores al 10% de su concentración inicial al llegar al periodo de cambio. Estos aditivos están fabricados fundamentalmente a partir de compuestos amínicos y compuestos de tipo fenólico, los cuales presentan buenas propiedades para inhibir la reacción de oxidación. Otros aditivos que presentan propiedades antioxidantes son aquellos a base de zinc y fósforo como es el caso del dialquil ditiofosfato de zinc (ZDDP). Ésta es una sal órgano metálica, compuesta de zinc, azufre y fósforo. Forma una capa de sulfato de hierro en la superficie de las piezas,

donde el azufre puede actuar para atraer el zinc, dejando tres capas suaves para evitar contacto acero-acero. Un aceite típico para motores Diesel (API CI-4) contiene alrededor de 1.550 ppm de zinc y 1.450 ppm de fósforo, mientras que un aceite formulado solamente para motores gasolina (API SL) normalmente tiene menos, cerca de 1.000 ppm para el zinc y 900 ppm para el fósforo.

Otros aditivos que también se ven afectados por este proceso de oxidación son los aditivos detergentes / dispersantes, los cuales están formulados a base de calcio y magnesio; estos dos aditivos son utilizados para neutralizar los ácidos formados, mantener los contaminantes y lodos en suspensión hasta llegar al filtro, sin dejar que se aglomeren y formen grumos, ni que se adhieran a las superficies metálicas. Cuando más productos ácidos lleguen a formarse por la baja calidad del combustible, la temperatura en el motor o combustión incompleta, más rápido se degradan los detergentes / dispersantes. Ambos aditivos trabajan bien para este propósito, pero el magnesio deja mayores cantidades de cenizas sulfatadas al quemarse, causando problemas de cierre de válvulas y depósitos en el motor. En las aplicaciones de motores a gasolina, es muy importante controlar el nivel de estos aditivos por su probabilidad de formar depósitos.

Molibdeno. Algunos aceites para motores contienen bisulfuro de molibdeno para reducir el desgaste en altas temperaturas y presiones. En estas formulaciones el molibdeno actúa con el ZDDP para proveer la máxima protección posible.

Boro. El Boro es utilizado en algunas formulaciones de aceites sintéticos grupo V actuando como aditivo antidesgaste y modificador de fricción.

Los aditivos presentes en el aceite lubricante son cuantificados a través del estándar ASTM D 5185, aunque en algunos casos es utilizada la técnica de FT-IR para medir estos a través del estándar ASTM E 2412 y otros estándares que han sido desarrollados a partir de esta práctica como es el caso de la ASTM D 7412 y la

ASTM D 7414 [19, 20]. Para todos los casos se debe conocer la concentración inicial de cada aditivo para poder determinar con exactitud su agotamiento.

Depósitos carbonosos: estos incrementan en fases avanzadas de la oxidación.

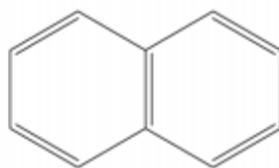
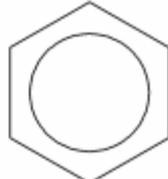
Color del aceite: el proceso de oxidación produce un oscurecimiento del aceite, pasando del tono traslucido a ser totalmente opaco como sucede en mayor proporción en los motores Diesel, por el efecto del hollín (soot). En el caso de los motores GNC el aceite toma un color bastante rojizo al término de su vida útil.

Mecanismos de reacción de la oxidación

La reacción de oxidación se inicia con la rotura de la molécula para formar radicales libres, lo que se produce cuando se da una transferencia de energía en forma de calor, luz UV, o esfuerzo cortante en las moléculas del hidrocarburo [21]. Este proceso puede verse catalizado por la presencia de algunos iones metálicos y los altos niveles de temperatura a los que es sometido el aceite; de igual manera dicha rotura del enlace R-H para formar dos nuevos radicales está determinada por la fuerza del enlace C - H. Hidrógenos terciarios, o aquellos en la posición alfa a un doble enlace carbono - carbono o anillos aromáticos, son más susceptibles (¹). Esta primera etapa conocida como la etapa de iniciación se podría representar mediante la siguiente reacción química [1]:

¹ Un átomo de carbono primario, es aquel que está unido a un solo carbono adicional; uno secundario, a otros dos; y uno terciario, a tres átomos de carbonos. De igual manera están designados los átomos de hidrógeno, si este está unido a un átomo de carbono primario, secundario o terciario. La posición alfa se refiere al primer átomo (principalmente carbono) unido al grupo funcional. Por extensión, el segundo átomo está en la posición beta, y así consecutivamente.

Tabla 2 - 1: Resistencia frente a la oxidación de los compuestos orgánicos.

<p>Parafinas $C_n H_{2n+2}$</p>	<p>Mayor resistencia</p>  <p>Menor Resistencia</p>
<p>Naftalénos</p>  <p>$C_n H_{2n}$</p>	
<p>Aromáticos</p>  <p>$C_n H_n$</p>	
<p>Asfalténos</p> 	
<p>Insaturados</p> 	

En el caso particular de los MCI, se utilizan usualmente los tres primeros tipos de hidrocarburos para la obtención de las bases lubricantes, denominándose de origen parafínico, nafténico y aromático. Estos presentan las siguientes características:

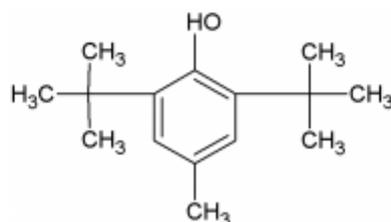
Tabla 2 - 2: Propiedades de los distintos tipos de hidrocarburos.

Parafínicos	Nafténicos	Aromáticos
Baja densidad	Elevada densidad	Densidad muy alta
Punto de congelación alto (necesidad de desparafinar o aditivar con productos depresores del punto de congelación)	Punto de congelación bajo (ausencia de punto de niebla).	Punto de congelación muy bajo
Índice de viscosidad alto	Bajo índice de viscosidad	Índice de viscosidad muy bajo
Volatilidad baja (alto punto de inflamación)	Volatilidad alta (bajo punto de inflamación)	Gran volatilidad
Carbono Conradson medio, adherente y de aspecto granuloso	Carbono Conradson bajo, poco adherente y de aspecto pulverulento	Carbono Conradson elevado
Oxidación retardada con formación de ácidos más o menos corrosivos	Menor acción corrosiva pero da formación de precipitado.	Gran oxidabilidad y precipitación de productos insolubles
Sin poder disolvente frente a sustancias de degradación del aceite	Poder disolvente frente a productos de degradación del aceite.	Alto poder disolvente
Punto de anilina elevado	Punto de anilina bajo	Punto de anilina muy bajo

Los aditivos son sustancias que añadidas al lubricante en pequeñas proporciones contribuyen a mejorar sus propiedades o características básicas. Suelen ser de origen natural o añadidos artificialmente al lubricante. Para el caso particular de los aceites de motor, estos pueden llegar a tener concentraciones superiores al 20% m/m [9].

Algunos de los aditivos más utilizados para esta aplicación son los siguientes:

- Fenólicos



2,6 diterbutil para cresol

Figura 2 - 2: Aditivos antioxidantes tipo fenólico

Sistema de lubricación

- Control de los niveles de temperatura dentro del circuito de lubricación a través de los intercambiadores de calor.
- Seleccionar de manera idónea el tipo de material para la construcción del intercambiador de calor del aceite; con el fin de minimizar los posibles riesgos de interacción con el aceite cuando éste presente cierto grado de oxidación por efecto de otras variables.

2.2.2 Nitración

La nitración al igual que la oxidación, son reacciones que están muy ligadas a la presencia de oxígeno y a las elevadas temperaturas a las que está sometido el aceite lubricante dentro del circuito de lubricación, pero sobre todo a los productos de los gases de combustión como son los óxidos de nitrógeno (NO_x) que llegan a estar en contacto con el aceite lubricante.

La nitración también limita la vida útil del lubricante, especialmente en sistemas donde se cuenta con elevadas temperaturas de combustión, como sucede en los motores estacionarios a gas. La nitración es una de las pocas variables que afectan la degradación oxidativa del aceite y que no se ha estudiado detalladamente como los procesos de oxidación en MCI.

El óxido nítrico (NO) y el dióxido de nitrógeno (NO₂) son los gases más abundantes en el gas de soplado (blow by). Estos gases reaccionan con la base y los aditivos del aceite de motor en la zona donde se presentan las máximas temperaturas (cámara de combustión) y en el cárter de aceite, para formar compuestos de nitrógeno inestables y órgano-nitratos. Estos compuestos al entrar en contacto con el aceite, reaccionan y aceleran su degradación al aumentar la velocidad de formación de lodos y barnices. Básicamente la nitración es el proceso por el cual se efectúa la unión del grupo nitro (-NO₂) a un átomo de carbono, lo que

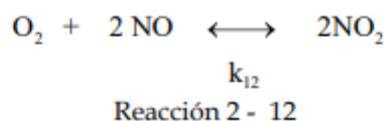
generalmente tiene efecto por sustitución de un átomo de hidrógeno.

El grupo nitro reemplaza a un átomo de hidrógeno, sin embargo puede reemplazar a otros átomos o grupos de átomos. Este proceso de nitración es altamente exotérmico (el calor de reacción varía en función del hidrocarburo a nitrar).

Mecanismos de reacción de la nitración

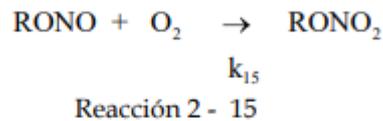
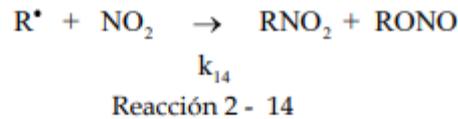
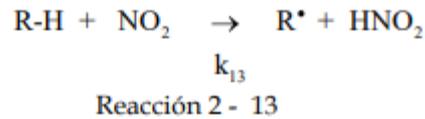
A continuación se presentará el mecanismo de reacción del proceso de nitración.

En este proceso existen dos compuestos esenciales como se ha mencionado previamente como son el óxido nítrico (NO) y el dióxido de nitrógeno (NO₂). Estos gases existen en equilibrio de acuerdo con la siguiente ecuación:



El equilibrio de óxido nítrico a dióxido de nitrógeno se desplaza hacia la formación de productos a bajas temperaturas. El óxido nítrico es el óxido de nitrógeno predominante en los gases de soplado debido a la alta temperatura y baja concentración de oxígeno. La baja temperatura y el alto contenido de oxígeno en el cárter, junto con un elevado tiempo de residencia proveen amplias oportunidades para que el óxido nítrico se convierta en dióxido de nitrógeno para luego reaccionar con el aceite formando precursores de depósitos y resinas.

Una secuencia posible de estas reacciones se muestra a continuación:



La velocidad de nitración obviamente depende de la cantidad de NOx que se tenga en el sistema de lubricación y de la temperatura de la reacción la cual acelera este proceso de manera exponencial.

Cuando es analizada esta variable por medio de la técnica de FT-IR, los productos de la nitración presentan frecuencias de absorción entre 1.600 cm⁻¹ y 1.650 cm⁻¹ dentro de su rango espectral [12].

2.2.3 Contaminación

Se llaman contaminantes a todas las sustancias extrañas que contiene el aceite, bien sean generadas por el propio aceite o bien añadidas por el sistema, las cuales pueden ser internas o externas al sistema y estar en estado líquido, gaseoso, sólido o semisólido.

Estos contaminantes pueden afectar las prestaciones del aceite, degradándolo y agotando el paquete de aditivos. Los contaminantes atacan químicamente a los componentes de los equipos y del sistema de lubricación, y crean acumulaciones de lodos o incrustaciones de barnices, lo que dificulta la circulación del aceite, el movimiento de algunos elementos, y en definitiva, la degradación acelerada del aceite. A efectos económicos, esto afecta de varias maneras:

- Disminución de los periodos de cambio establecidos por el fabricante del equipo.
- Consumo innecesario de lubricantes.
- Generación y acumulación de residuos.
- Mantenimiento correctivo debido a averías provocadas por mala lubricación.
- Productividad disminuida.
- Mayores costes en las operaciones de mantenimiento.
- Falta de fiabilidad en el motor.

Una gran parte de los fallos de componentes debidos a lubricación son causados por contaminantes.

Varios tipos de contaminantes pueden aparecer en el aceite usado, los cuales son dañinos y causan desgaste en el motor. A través de las distintas técnicas de análisis de aceites se puede cuantificar esta contaminación en partes por millón (ppm) o en porcentajes según el tipo de contaminante y de aplicación del lubricante. A continuación se hará una clasificación de los contaminantes principales que pueden afectar el procesos de degradación de los aceites lubricantes de MCIA.

Tipos de contaminación

Para detallar cada uno de los posibles contaminantes en el aceite lubricante, se clasifican estos según el estado en que se encuentran de la siguiente manera:

- Líquidos.
- Gaseosos.
- Sólidos.
- Semisólidos.

La presencia de agua dentro del sistema de lubricación es una importante causa de fallos de lubricación, fallo de componentes y falta de fiabilidad en el motor. Como todos los contaminantes, lo importante no es sólo reconocer su presencia, sino tomar medidas para eliminar o controlar la fuente. El nivel de agua debe mantenerse por debajo del nivel de saturación en todo momento, lo cual beneficiará enormemente la vida de los lubricantes y del motor.

Gaseosos

Los gases pueden entrar de diferentes maneras y provenir de diferentes fuentes, dependiendo del tipo de aplicación. En el caso concreto de los MCI, los principales gases que pueden afectar el comportamiento del aceite lubricante son la presencia de oxígeno y los óxidos de nitrógeno (NO y NO₂), los cuales se han detallado previamente sus mecanismos de reacción con el aceite lubricante y sus efectos. Algunos, como el ácido sulfhídrico, que puede provenir de un proceso de combustión, pueden llegar a disolverse en el aceite, aumentando su acidez, y degradando el aceite. Todos estos gases deben ser controlados con el fin de minimizar la degradación del aceite lubricante.

Partículas sólidas

Las partículas sólidas pueden ser originadas por el sistema o entrar en él desde fuera. Puede tratarse de virutas metálicas, polvo, fragmentos de desgaste de piezas metálicas, fragmentos de sellos, productos de la degradación del aceite o productos de la degradación del equipo. Si su tamaño es similar al de la capa de aceite pueden erosionar superficies, reduciéndose la vida de los componentes, que puede verse drásticamente reducida debido a la acción de las partículas, bien debido a fallos de lubricación (falta de lubricante en el elemento a lubricar), debido a obstrucciones que impiden que llegue la cantidad necesaria de lubricante o

porque la partícula es de tamaño ligeramente mayor que la de la capa de lubricación y crea un punto de fricción, bien debido a desgaste erosivo provocado por las partículas, o bien debido a la acción química favorecida por partículas químicamente activas. A continuación se identificaran los más importantes.

Silicio: El silicio es un indicador de presencia de polvo en el sistema, lo que indica un problema con los filtros de aire. El silicio actúa un agente abrasivo por su dureza y destroza las camisas, los segmentos y todos las partes susceptibles de fricción.

Sodio: La presencia de sodio puede entrar en algunos casos con la humedad del aire al motor, pero generalmente es un residuo de agua. Esta agua puede haber entrado por una empaquetadura o simplemente por lavado del motor con agua a alta presión.

Potasio: La contaminación por potasio es similar a lo que ocurre con el sodio, pero en menor cantidad.

Aluminio: la presencia de aluminio dentro del aceite obedece principalmente al desgaste de algún componente dentro del motor, o por estar presente en el aire que ingresa al sistema, aunque las concentraciones de aluminio en el aire están en concentraciones muy bajas del orden de 0,4 y 8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Existen diversos métodos de detección de partículas. Según el método que se emplee se puede conocer la cantidad, tamaño y composición de las mismas. Estos tres parámetros son tenidos en cuenta para evaluar la existencia de problemas: excesiva fricción entre elementos, corrosión química de los sellos o degradación química del aceite.

Sustancias semisólidas

Los productos semisólidos son generalmente productos de la oxidación o de la polimerización térmica, material carbonoso, microorganismos o productos de la reacción del aceite con los aditivos o el agua, o fragmentos de sellos degradados. En los sistemas de lubricación, éstas y otras partículas contribuyen a la formación de lodos, que al acumularse pueden provocar obstrucciones y los consiguientes fallos de lubricación.

Otro tipo de contaminación

A continuación se muestran los orígenes más comunes de los materiales que pueden estar presentes en el lubricante al momento de llevar a cabo un análisis del mismo por medio de la técnica de ICP-AES. Hay que tener presente la utilización de nuevos materiales que son empleados para la construcción de los distintos componentes del motor.

Tabla 2 - 3: Origen de Partículas Metálicas en el Motor.

	Hierro	Cobre	Plomo	Aluminio	Silicio	Cromo	Estaño	Sodio	Potasio
Anillos	X					X			
Árbol de levas	X								
Bielas	X								
Bomba de aceite	X			X					
Bujes		X		X			X		
Bujes de bielas		X	X	X			X		
Bujes de bomba de aceite				X					
Camisa	X					X			
Carcasa	X			X					
Cigüeñal	X								
Cojinetes		X	X	X			X		
Cojinetes anti-fricción	X					X			
Enfriador de aceite		X							
Guías de válvulas	X	X							
Pistones	X			X					
Tren de válvulas	X								
Turbo	X			X					
Válvula escape	X					X			

Anexo 22: Widman International SRL. Definición y características de la viscosidad de los lubricantes. 2018.

El anexo define a la viscosidad y sus tipos, nombra la importancia de una correcta viscosidad para una lubricación adecuada de los equipos que lo requieran; de esta manera es posible llevar un adecuado funcionamiento libres de desgastes excesivos.

¿Qué es la Viscosidad?

Viscosidad: Es la resistencia de un líquido a fluir.

Medida de la viscosidad: La medida de esa resistencia a fluir, es el Poise, (sistema CGM) que es definido como la fuerza (medida en dynes) necesaria para mover un centímetro cuadrado sobre una superficie paralela a la primera a la velocidad de 1 cm por segundo, con las superficies separadas por una película lubricante de 1 cm de espesor. En la práctica, es medida por tubos capilares.

La viscosidad es la oposición de un fluido a las deformaciones tangenciales y se debe a las fuerzas de cohesión moleculares. Todos los fluidos conocidos presentan algo de viscosidad. Un fluido que no tiene viscosidad se llama fluido ideal.

La viscosidad solo se manifiesta en líquidos en movimiento. Se ha definido la viscosidad como la relación existente entre el esfuerzo cortante y el gradiente de velocidad. Esta viscosidad recibe el nombre de viscosidad absoluta o viscosidad dinámica. Generalmente se representa por la letra griega μ .

La medida más común en la mecánica Se conoce como viscosidad cinemática, o "centistock" abreviada cSt y se representa por ν . Para calcular la viscosidad cinemática basta con dividir la viscosidad dinámica por la densidad del fluido. Cuando un laboratorio mide la viscosidad, mide esta resistencia y cruza con una tabla (manual o automática) para reportar la viscosidad cSt.

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}$$

La viscosidad varía inversamente proporcional con la temperatura. Por eso su valor no tiene utilidad si no se relaciona con la temperatura a la que el resultado es reportado.

La importancia de la viscosidad correcta

La viscosidad es la característica más importante de la lubricación de cualquier máquina.

- Si la viscosidad del aceite es muy baja para la aplicación, el desgaste es mayor por falta de colchón hidrodinámica.
- Si la viscosidad del aceite es muy alta para la aplicación, el consumo de energía es mayor, el desgaste puede ser mayor por falta de circulación y el aceite se calentará por fricción.

Solamente la viscosidad correcta maximizará la vida útil y la eficiencia del motor, transmisión, sistema hidráulico o lo que sea la aplicación.

Un aceite delgado es menos resistente a fluir. Por eso su viscosidad es baja. Un aceite grueso es más resistente a fluir y por eso tiene una viscosidad más alta. Las viscosidades de los aceites normalmente son medidas y especificadas en centistoke (cSt) a 40°C o 100°C. Frecuentemente se habla de esta viscosidad como viscosidad dinámica o viscosidad cinemática. Esto es la viscosidad absoluta dividido por la densidad del aceite. En la práctica es determinada midiendo el tiempo necesario para que pase una cantidad específica de aceite por un tubo capilar por gravedad a 40°C y/o 100°C. Por esta misma definición podemos ver que el aceite más viscoso ofrece más resistencia y consume más energía para moverse y permitir el movimiento de las piezas del motor, reductor, transmisión, sistema hidráulico o cualquier otro sistema que tenemos. Al mismo tiempo, podemos entender que entre más tarda a pasar por este tubo de prueba, más tardara en llegar a las piezas importantes del motor, o actuará un componente hidráulico.

Normalmente se habla de viscosidad ISO para aceites industriales y viscosidad SAE para aceites automotriz. Los términos de viscosidad ISO y SAE no implican ninguna combinación de aditivos ni propósito específico. Solamente refieren a la viscosidad. A veces se utiliza las medidas de viscosidad SUS (SSU), Redwood, Engler, e otros. Estos sistemas de medición de viscosidad pueden ser convertidos al cSt por formulas matemáticas. [Clic aquí](#) para un convertidor o [aquí](#) para ver una tabla de referencia.

Anexo 23: Mobil Serv. Análisis y pruebas para determinar elementos contaminantes en el aceite. 2019.

El anexo presenta los distintos tipos de pruebas que pueden llevarse a cabo en cuanto al análisis de aceite. El servicio de Mobil detalla cuales son los propósitos y la importancia de cada prueba que se ofrece al requerir un análisis de lubricante para detección de contaminantes.

Service profile



Engine analysis



► This service monitors engine and lubricant conditions to detect premature wear and contamination

Description

Monitoring engine and lubricant conditions helps you detect problems and contamination before they result in excessive wear and failure. This analysis is applicable to spark or compression engines in virtually all types of mobile and stationary equipment, and helps to support an Optimized Drain Interval (ODI) program.

Potential benefits

- Improved equipment reliability by identifying potential failures before they occur
- Increased productivity through reduction of unscheduled downtime
- Reduced parts replacement and labor costs
- Minimized lubricant consumption and disposal with optimized drain interval

Analysis options – Engine

	Essential ◆	Enhanced ◆◆	Elite ◆◆◆
Coolant Indicator	✓	✓	✓
Fuel Dilution	C	C	✓
Metals	✓	✓	✓
Nitration			✓
Oxidation	✓ ★	✓ ★	✓ ★
Particulate Quantifier (PQ) Index		✓	✓
Soot	✓	✓	✓
Total Acid Number (TAN)	★	★	★
Total Base Number (TBN)		✓	✓
Viscosity* at 40°C or 100°C	✓	✓	
Viscosity at 40°C and 100°C			✓
Viscosity Index			✓
Water Vol % Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR)	✓	✓	✓

Key

- ✓ Included test
- ★ TAN in lieu of oxidation for select synthetic products
- C Conditional test

*Viscosity reported at 40°C or 100°C, based on oil type or service level. Analysis may vary by laboratory, product supplied or oil condition.

Sample frequency

- Sample at OEM recommended frequency or, for general guidance, begin with:
- Off-highway diesel engine: **250 hours**
 - On-highway diesel engine: **25,000 km or 15,000 miles**

Mobil ServSM Lubricant Analysis — Engine analysis

Test	Purpose	Importance of test
Coolant Indicator	To determine the level of sodium, potassium and boron in the engine oil	Indicative of a coolant leak into the engine via a worn head gasket, cracked block or head
Fuel Dilution	To measure the amount of unburned fuel that goes to the crankcase	The presence of fuel in the crankcase reduces oil viscosity and weakens detergency. Excessive amounts may indicate potential mechanical problems
Metals	To determine the presence and levels of metallic content in the oil, including contaminants and wear particles	The level of wear metals helps determine if equipment components are wearing or if harmful contamination has entered the oil. The level of metals that are part of the additive chemistry is also reported
Nitration	To measure the amount of nitrogen by-products in the oil	Nitration results from the rapid compression of entrained air. As a result, if unchecked, nitrogen and oxidation precursors might form sticky varnishes, which may lead to valve sticking.
Oxidation	To determine the level of lubricant oxidation and deterioration	Oxidation can mean: <ul style="list-style-type: none"> • Increased wear and corrosion • Shorter equipment life • Increased viscosity • Excessive deposits and plugging
Particle Quantifier (PQ) Index	To determine ferrous metal fatigue failures and metal-to-metal contact not usually detectable with current spectrographic analysis	PQ Index can detect at an early stage: <ul style="list-style-type: none"> • Anti-friction bearing wear • Plain bearing wear • Early indications of piston scuffing • Gear wear
Soot	To determine the soot content in an oil by percentage weight	Excessive soot contamination may mean: <ul style="list-style-type: none"> • Decreased engine performance • Reduced fuel economy • Excessive deposits and sludge • Shorter oil life • High blow-by
Total Acid Number (TAN)	To measure acidic oil oxidation by-products	An elevated Total Acid Number may indicate increased oil acidity resulting from increased oil oxidation
Total Base Number (TBN)	To determine the reserve alkalinity of the oil used to neutralize the formation of acids	A decrease in Total Base Number may be indicative of: <ul style="list-style-type: none"> • Oil degradation caused by rapid acid formation due to changing fuel characteristics or a high rate of oil oxidation • Decreased acid-neutralizing reserve
Viscosity	To determine the oil's resistance to flow	<ul style="list-style-type: none"> • An increase in viscosity may be due to high soot or insoluble content, water contamination, or admixture with higher viscosity fuel or lubricant • A decrease in viscosity may be due to water contamination, or admixture with lower viscosity fuel or lubricant • Both high or low viscosity may result in premature equipment wear
Viscosity Index	To measure the change of viscosity with temperature	Higher VI demonstrates wider operating range. Monitor for cross contamination. Monitor for viscosity shear.
Water	To detect presence of water contamination	Water contamination may cause severe corrosion and subsequent wear, poor oil film thickness or hydrogen embrittlement



Mobil ServSM Lubricant Analysis

When your sample is processed, the laboratory handles each bottle as a unique and important item. Each sample is coded, labeled and tracked through the entire process. By the time test results are available, your equipment sample has directly benefitted from our knowledge of MobilTM lubricants, decades of OEM relationships and a strong heritage of hands-on application expertise. Sample comments are provided, as required, to help identify potential problems, list possible causes and recommend actions for follow-up.



By helping you enhance equipment life and reliability — which minimizes maintenance costs and downtime — our expert services can help you achieve your safety, environmental care and productivity goals.

Anexo 24: Jafari, A. y Hassanpour, M. Analysis and comparison of used lubricants, regenerative technologies in the world. 2015.

El siguiente anexo muestra un estudio en el cual se hizo un análisis comparativo de los aceites usados provenientes de distintas industrias. De igual forma, se comparan diferentes tipos de tratamientos empleados para la eliminación y reciclaje de estos desechos peligrosos.

Nomenclature	
PAHs	polycyclic aromatic compounds
PCBs	poly chlorinated biphenyls
PPM	part per million
L	liter
USEPA	United States Environmental Protection Agency
Cst	centistokes
TFE	thin film evaporation
TDA	thermal de-asphalting
MAFF	Ministry of Agricultural, Fisheries and Food
USDHPSA	United States Department of Health and Public Health Service Agency
EU	European Union
USA	United States America
SBS	styrene-butadiene-styrene
ASTM	American Society for Testing Materials
PI	penetration index
PG	performance grade
D mm	deci millimetre
PVC	poly vinyl chloride
KWH	kilo watt hour
HP	horse power
EFQM	European Federation for Quality Management
KBEM	Kanji's Business Excellence Model
CSFs	critical success factors
Pa	pascal
API	American Petroleum Institute
DLC	diamond-like carbon
HP HT	high-pressure high-temperature
CVD	chemical vapor deposition
PVD	physical vapor deposition

1. Introduction

During the Second World War, deficiency of adequate supplies of crude oil persuaded the reuse of all types of materials as sources of fuels, especially the used lubricants. With technological progresses and the ever collapsing reserves of fossil fuels, more countries are getting back towards recycling used lubricants to afford their energy demands (Udonne, 2011). The demand of lubricating oil is increasing with the establishment of new industries, increase in number of vehicular transports and mechanization of agriculture and industries (Chaffai et al., 2001). Zhang et al. (2003) indicated that in the future, the motor oil price will increase, because the motor oil production cannot supply the demands due to global crude oil shortage. On the other hand, there is high consumption in the developed governments and population growth in the developing governments. That is why the consumption motor oil and production of used oil will increase in the coming years. Hence, the quantity of spent oil generated is huge and enormous and can be considered as a source of pollution or as a fuel resource depending on the utilization and management practices. It is estimated that 3.8 L of used oil can corrupt the taste of 3,800,000 L of drinking water and 50–100 PPM of used oil can hinder or postpone the wastewater treatment processes (Pramanik, 2003). Also, 1 L of used motor oil as a fuel has a caloric value of about 8000 kJ which

can be used to light a 100-W bulb for a day or provide energy to a 1000-W electric heater for 2 h. Pawlak et al. (2010) reported that 3.8 L of used motor oil mainly can be regenerated into 2.3 kg of lubricating oil. Also, while 67 L of crude oil are requested to extract 1 L of motor oil, only 1.6 L of used oil is required to generate the same quantity of motor oil. The studies also showed that a 150 kg barrel of crude oil typically contains only 1.9 kg of lubricant-quality based oil (Sinag et al., 2010; Siddiqi and Anadon, 2011). Obtained results showed that many of the recovered oils were analogous to the crude oils in terms of their chemical composition and physicochemical properties (Hamed et al., 2002). However, the quality of regenerated oil is better than that of the crude oil (Eman and Abeer, 2013). The efficiency of used lubricants recycling is about 75–60% and the price of the oil obtained from the regenerative technologies is equivalent to crude oil prices. In addition to this, recycled lubricant oil needs lesser energy compared to the lubricant oils derived from crude oil. Therefore, governments actually need to manage the used lubricating oils produced as a valuable matter (Eterigho and Olutoye, 2008). Hassanpour and Mohammadi (2012a) showed that the best management practice in order to supplement the energy from motor oil consumption is the recovery of used oil in Iran. Hamed et al. (2002) represented that in the Emirate of Sharjah alone, recycling used oil can thrift \$168,000 per year in fuel, or 950,000 L of base oil as well as other benefits.

In current study, the term "used oil" relates to lubricating oils that are collected after usage in light and heavy automotives, vehicle engines, industrial and agricultural machines, etc. Used oil is not classified as a hazardous waste under USEPA unless it exceeds the limits in toxic and hazardous compounds such as chlorinated solvents (USEPA, 2005). Vorapot et al. (2009) has reported that total used lubricant oils are classified in the list F of hazardous waste materials. These compounds are produced from common manufacturing processes of industry or by products in synthesis of coolants, supportive components against corrosion, insulation, cleaners etc. These classes of compounds were previously called non-special source wastes. The industrial lubricants are normally classified based on their ISO grade and their viscosity in CSt at 40 °C. The currently used commercial lubricants encompass a range of ISO grades from <10 to >1000. Car motor oils are usually classified according to the SAE grade system and over the viscosity range of interest in the demand. Base oil may be obtained from various sources with crude oil being the initial commercial source. To enhance and promote the performance of lube oil, additives are combined with the base oil (Miller et al., 2007). Kheireddine and El-Halwagi (2013) showed consuming the additives increase the amounts of toxic aromatic components in the lubricating oils. The major difference between fresh lube oil and the used oil is the additives amounts to make contaminants up in the latter that will blend with light and heavy contaminants from inside the engine as well as the wearing metal interiors and dust, water and oxidative aromatic compounds.

With regard to environmental and health hazards (carcinogen) of used lubricating oils, existing numerous industries and huge volumes of used lubricating oils generated per day it would be interesting that they can be become to extremely valuable products as well as economic privileges, creating job opportunities, business and promoting the business excellence. However, the role of industrial sector for economic development and its priority for promoting and fortifying other sectors to establish and implement

Please cite this article in press as: Jafari, A.J., Hassanpour, M., Analysis and comparison of used lubricants, regenerative technologies in the world. Resour Conserv Recy (2015), <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.07.026>

job and business opportunities is clear (Powell and Snellman, 2004). Fagerberg (2000) reported that growth and development of industries have an important and significant role to achieve stable and rapid economic growth and development with exports having a positive impact on the society. Sustainable development has been explained on the three aspects including, environmental performance, societal responsibility and economic assessments. Economic estimates of indices contain the impacts of the industry on the economic well-being, stakeholders and economic systems at all levels (Krajnc and Glavic, 2005).

Hsu et al. (2010a) have showed the scale and complexity of lubricant regenerative technologies. At present, there are many kinds of typical lubricant recycling technologies such as: (1) acid/clay process; (2) distillation process; (3) solvent de-asphalting, (4) TFE with hydro-finishing; (5) TFE with clay finishing; (6) TFE with solvent finishing; (7) solvent extraction hydro-finishing, (8) TDA with clay finishing and TDA with hydro-finishing. There are some differences among these technologies such as economic privileges, evolution and environmental impacts. Also, many modern technologies are being developed and requested continuously. Therefore, governments shall be responsible for analysis, technology assessment and processing the ideas of academia, industrial processes and government sectors to implement a measuring index for selection of used lubricants regenerative technologies. On the other hand, disposal of acidic sludge produced by the formerly mentioned techniques as a secondary pollutant is a matter of greater environmental concern (Alhamed and Al-Zahrani, 1999). In this review, the various regeneration technologies and operation processes for used lubricants shall be discussed along with their advantages and drawbacks.

2. The classification of used lubricants

2.1. Clean used oil

This class contains the cutting and hydraulic oils. Processing of this oil type is performed by re-refining and laundering processes.

2.2. Mixed used oil with clean oil

These include hydraulic oil, hydraulic mineral oil and diathermic oils without chlorine rate. Processing of this oil type is regeneration or re-refining.

2.3. Mixed used oil

This includes all the oils that are not separated at the production source. Processing of this oil is by gasification. The oil is passed through plasma jet equipped with incinerators having temperature control, to produce oxygen-rich gases, hydrogen, carbon monoxide and other gases which are used in the industry itself.

2.4. Total used oils

The total oils that are not separated in the production source plus heavy base oil form the total used oil. There are three types of processing used for these oils such as intensive processing, soft processing and direct incineration.

2.5. Other used oils

Used synthetic oils are placed in this category. These are mainly processed by thermal cracking (Hsu et al. (2010b); Hassanpour and Mohammadi, 2012b; MAFF, 1999, 2002).

There is a classification for oily waste materials that set by USEPA. Oily waste materials are produced from the processing and

Table 1
Classification the oily waste materials based on the (USEPA, 2005).

Oily waste materials	Process/industry type	Industry group
Used motor oil	Vehicle repair facilities, petroleum stations	G/L
Acidic oily wastes	Texture industry	H
Polluted fuel oils	Oil chambers	Different
Compressed materials in compressors	Compressors	Different
Concentrated materials	Supplying building materials, chemical	E
	Saving tanks	Different
Oily sludge containing cyanide	Cleaning of metal surface	G
Oily sludge	Recovery and cleaning	F
	Exploration Petroleum and Mines	C
	Petroleum refining	C
Tank bottom sludge	–	–
Thermal exchanger sludge and APJ separators sludge	–	–
Floating material in dissolved air floatation silt/runoff	–	–
Oily sludge	Coking unit and gas refinery	C
Caustic sludge	Process/industry type	F
Used emulsions in cutting and grinding	Vehicle repair facilities, petroleum stations	C
Waste vegetable oils	Texture industry	A

Table 2
Special limitations of used oil for incineration (MAFF, 2002).

Elements	Concentration (mg/L)
Lead	100
Arsenic	5
Chromium	10
Cadmium	2
Total halogens	4000–1000
PCBs	2
Sulfur	1

using or maintenance of “mineral oils” (oil that is made from crude oil). Table 1 presents the classification oily waste materials.

3. Disposal methods of used lubricants

Some of the main options which may be considered for disposal of used lubricants are reuse, thermal cracking and incineration. However, each one of these practices has certain limitations. Tables 2 and 3 represent the disposal limitations of used oils so that incinerating and mulching, respectively. The USDHPPHSA (1997) has reported that the mulching method can be followed by observing the limitation of 0.19 L per 0.093 square meter the soil, twice per year for a period of twelve to twenty years. Also rotation cultivation maybe followed in ground treatment procedure. The soil pH

Table 3
Special limitations of used oil for mulching (MAFF, 2002).

Elements	Concentration (mg/L)
Lead	71
Arsenic	>0.5
Chromium	6.4
Cadmium	1
Total halogens	4000–1000
PCBs	>0.5
sulfur	0.4
Copper	100
Silver	1
Chlorine	184
Naphthalene	125
PAHs	204

Please cite this article in press as: Jafari, A.J., Hassanpour, M., Analysis and comparison of used lubricants, regenerative technologies in the world. Resour Conserv Recy (2015), <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.07.026>

Table 4
Production of lubricating oil, its collection and loss to the environment (Pawlak et al., 2010).

Country	Production	Collection	Loss to the environment
USA	4.5 Billion kg	2.6 Billion kg	660 Million kg
Australia	465 Million kg	180 Million kg	54–88 Million kg
EU	5 Billion kg	2.5 Billion kg	100 Million kg

can be controlled and these operations can be performed during 6 to 8 weeks of summer. Burning and all other routes of disposals of used lubricating oils are uneconomical and result in the wastage of resources. The recycling of used lubricating oils may be a suitable and economical alternative instead of burning (Katiyar and Husain, 2010; Venerando et al., 2009).

In the EU, about 25 companies participate with used oils recovery and have a total production of about 500 kt/y, with individual capacities ranging from 35 to 160 kt/y. Recovery typical processes are running in many countries like Germany (seven units), Italy (five units), France, Spain, Denmark, Iran, Poland and Greece. Currently, a wane trend in recovery capacities may be seen in some EU countries (France, Germany, and Italy). New units are establishing and implementing in a number of countries (France, Germany, Italy, and Spain). Two industries—Detox the Banska Bystrica and Konzeko Markusovce are active with used oils recovery in Slovakia. According to the many reports there are about 200 recycling units (small industries) of the used oil in Iran. Globally, there are about 400 recovering units with a total capacity of 1800 kt/y, in the USA, Canada, Tunisia and Saudi Arabia. Most of these units have been located in East Asia (India, China, Pakistan). The majority of these units utilize by acid/clay process and only a few of them observed and heeded to environmental protection (Jonidi and Hassanpour, 2013a; Willing, 2001; Yoon et al., 1999).

Jonidi and Hassanpour (2013a) estimated the disposal rates of used oil by common methods like incineration with and without reuse energy, landfill, saving, reuse and reprocessing to be 37, 3.7, 18, 1, 21.17 and 69.8%, the landfill and reprocessing rates 18.87 and 81.13%, 8.1 and 91.88 in England, Scotland and Ireland, respectively, in 2002. The collecting level has been mentioned to be 65, 52, and 75% in Australia, Europe and US in 2002. Lengyel et al. (2009) showed that the rates of collected oils arrived about 50% of the consumption oils, of which about 30% were utilized for energy production, about 30% were converted to base lubricating oils, about 25% were applied to industrial fuels and about 10% encompass cleaning to yield special industrial oils in 2009. California annually generates more than 495 million kg of used oil and the recovery rate has been estimated about 59%. In California, USEPA permits

Table 5
Recovery rate of lubricants in European regions (Hsu et al., 2010b).

Region	Consumption (t)	Predicted recoverable rate	Predicted recovery (t)	Actual recovery	Recoverable rate (%)
Austria	102,400	44	45,000	33,500	74
Belgium	173,608	44	76,388	60,000	79
Denmark	71,416	65	46,420	35,000	75
Finland	89,194	54	48,165	38,532	80
France	888,771	49	435,498	242,500	56
Germany	1,076,149	50	538,075	460,000	85
Greece	88,000	68	60,000	22,000	37
Ireland	38,900	51	19,839	17,062	86
Italy	681,100	40	272,440	200,395	74
Luxemburg	10,150	50	5075	2000	39
Netherlands	154,685	54	83,530	60,000	72
Purtugal	113,200	55	62,260	39,620	64
Spain	496,141	55	223,263	105,000	47
Sweden	146,847	54	79,297	63,438	80
Great Britain	803,667	51	409,870	352,500	86
Europe	4,934,228	49	2,405,120	1,731,546	49

Please cite this article in press as: Jafari, A.J., Hassanpour, M., Analysis and comparison of used lubricants, regenerative technologies in the world. *Resour Conserv Recy* (2015), <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.07.026>

Table 6
List of common additives used in lubricating oils (MAFF, 2002).

Common additives	Example (s)
Friction modifiers	Boron nitride, graphite
Anti-wears	Esters, chlorinated paraffins
Rust and corrosion inhibitors	Organic acids, alkaline compounds
Anti-oxidants	Alkyl sulfides, hindered phenols
Detergents	Phenolates, sulfonates
Dispersants	Hydrocarbon succinimides
Pour point dispersants	Co-polymers of polyalkyl methacrylates
Viscosity index improvers	Acrylate polymers
Anti-foaming	Dimethyl silicones
NANO-particles and composites	Diamond and etc

the combustion of used oil generated by heaters. The recovery rate has been estimated about 94% in Taiwan in 2010. Australia annually generates around 465 million kg of crude lubricant oils and collection rate is about 180 million kg, about 54–88 million kg is refused to the environment. Currently, the rates of collected lubricating oils have been estimated about 2.6 billion kg per year in the USA. According to the some reports about 83% of this rate is burned and 17% is regenerated, but in the EU these rates are 77% and 33%, and in Australia 97% and 3%, respectively (Pawlak et al., 2010). Tables 4 and 5 represent the production of lubricating oil, its collection, loss to the environment and its recovery in the US, EU and Australia respectively in some studies. These rates are not clear in Iran.

4. Additives and pollutants

Over the last century, an increasing range of additives has been incorporated into lubricating oils to achieve chemical stability, enhance performance and fortify physiochemical properties. Ribeiro et al. (2007) have reported that the additives enhance ignition and combustion efficiency, stabilize fuel content, protect the motor against corrosion, oxidation, friction, abrasion and deposition, and abatement pollutant dissemination as well as other advantages. Recently, the nano-materials are discussed in order to add into oil and lubricants to confer friction reduction and increase longevity (Girotti et al., 2011). Table 6 is a list of the most common additives used in the lubricant oils.

A barrel of used oil includes 1–15% water as free or emulsion, 1–5% light hydrocarbons, 60–90% recoverable rate and 7–20% additives and contaminants. The important source of oil contamination during use is the chemical disrupt of additives and their interaction to generate corrosive unfavorable components. PAHs are of main concern due to their known carcinogenicity. However,

Table 7
Contaminants of potential concern in used oils (El-Fadel and Khoury, 2001).

Organic contaminants	Probable source	Concentration ($\mu\text{g/L}$)
Aromatic hydrocarbons		
Polynuclear (PNA)	Petroleum base stock	
Benzo (a) pyrene		360–62,000
Benzo (a) anthracene		870–30,000
Pyrene		1670–33,000
Monoaromatic		
Alkylbenzenes		900,000
Diaromatic		
Naphthalenes		400,000
Chlorinated hydrocarbons		
Trichloroethylenes	Chemical reactions	18–1800
Trichloroethylene	During use of waste	18–2600
Perchloroethylene	Oil	3–1300
Metals		
Barium	Additives package	Mg/kg 60–690
Zinc		630–2500
Aluminium	Metal wear	4–40
Chromium		5–24
Lead	Leaded gasoline	3700–14,000

contents of pollutants depend on several parameters including type of original detergents, added diluents, storage circumstances and management and utilization practices. For example, pay attention to recede use of leaded gasoline, consequently the lead concentrations in used oil will decrease significantly, therefore the necessary concentration of bromine and chlorine additives will also decrease, additionally reducing the occurrence of halogenated hydrocarbons in used oil (Diphare et al., 2013; El-Fadel and Khoury, 2001). Table 7 shows the contaminants of potential concern.

5. Re-refining or regeneration technologies

The selection of regeneration technologies to be used for used lubricant oils depends on various criteria such as (1) Technology (operating temperature, recovery quantity, products quality and process development stage), (2) The economic aspects (water costs, total required energy costs, unit scale, equipment costs) and (3) The environment protection (PCBs removal, acidic sludge generated, residual oil sludge, hazardous chemical substances used). Nowadays, there are many regeneration technologies to generate lubricating oil for reuse. The operational framework of all technologies encompass the following four steps, (1) Dewater/defuel; in the use of lubricating oil, foreign components are combined into it depend on different conditions; moisture is penetrated into the lubricating oil in a long-term service. On the other hand, the fundamental compounds of light fuel are fuel and naphtha, main source from these compounds are leakage of fuel for vehicle motor to the lubricating oil and the deterioration of compounds of lubricating oil. These foreign components should be segregated based on the difference between their physical properties and the lubricating oil. (2) De-asphalt; there are solid foreign components such as metal powder derived from mechanical wear and additive added in during operation. The most important point to eliminate this type of pollutants is the different physical properties such as different solubility and boiling points. Totally, de-asphalt is fulfilled mainly by adding in sulfuric acid, solvent treatment method and film separation or heat treatment. (3) Fractionation; the fractionation classifies different materials based on boiling points of components to select or eliminate a specific sort of materials. (4) Finishing; the final treatment is carried out to eliminate some foreign components, like chlorine, nitrogen, oxygen, and sulfur, which cannot be eliminate through the mentioned steps. Clay or hydro-treatment is often requested for the finishing step. Among these technologies the important difference is the de-asphalting and the finishing procedure (Guerin, 2008; Hsu et al., 2010b).

The latest available technology, TFE, has three different processing trends based on different finishing trends, such as TFE with clay finishing, TFE with solvent finishing, and TFE with hydro-finishing. TDA is in addition to the latter procedures. On the other words, the physicochemical technologies used to regenerate lubricants include vacuum distillation with clay, chemical material-finishing (i.e. thermal, chemical materials, solvent or clay or integrated methods) and vacuum distillation with hydro-finishing. The distillation process depends upon the process type, pollutants concentration of used lubricants and requirement product quality as vacuum distillation, heating or preliminary distillation and TFE (Hani and Al-Wedyan, 2011). TFE are generally used in America and Europe but the other methods, especially the acid/clay technology are utilized usually in the developing governments. Reuse of the used lubricants is performed using re-refining process. The re-refining of used lubricants is used when they contain high concentrations of contaminants. This process yields by-products that find their use as fuel. Thus, the re-refining processes used for the treatment of used lubricants have a marked influence on the pollutants concentration and the applied product quality (Guerin, 2008). The operational processes of all technologies encompass the following has been explained.

6. Operational processes from used lubricants regenerative technologies

6.1. Acid/clay process

In this process, after dehydration and distillation of used lubricant oil, re-refining or reprocessing operation is done using sulfuric acid. Clay is used to remove certain impurities. The acid/clay process has minimal environmental safety. The main by-product of this process is the large amounts of acidic sludge. Based on the concentration of contaminants, the type of lubricant oil and the regenerated oil quality, this process can be as a reprocessing or regenerative method. These two methods are different in terms of the heating rate (distillation unit) and the generated by-products (Ogbeide, 2010; Hsu et al., 2010b). According to the report of Iranian industry organization, more than 200 reprocessing units (acid/clay process) of used motor oil are currently active in Iran (Hook et al., 2009; King et al., 2005). Acidic sludge is a by-product from acid/clay process which is regarded as hazardous waste material base on USEPA list. Jonidi and Hassanpour (2013a) showed that decreasing the volume of acidic sludge with eco-friendly methods can be an appropriate management process. The limitation of this method is the lack of sufficient scientific information in this field. These techniques apply sophisticated sciences and complex technologies. Other management that has practices worth a mention is the acidic sludge incineration and the utility of the energy obtained from combustion (Hassanpour et al., 2013). Thermal value of acidic sludge incineration is calculated to be about 4000 kcal/kg. Acidic sludge basically encompasses unsaturated compounds, which are polar and asphaltene. Acidic sludge composition is analogous to bitumen. Bitumen encompasses hydrocarbons with high molecular weight such as oil, resin and asphaltene (Mohammadi and Hassanpour, 2011a; Kavak et al., 2010; Sadraddini et al., 2002). Hassanpour et al. (2014) reported that the environmental and health hazards of acidic sludge can be decreased by its modification and neutralization. Also, for it to be used as the prime raw material in the production of bitumen, acidic sludge has to be modified or amended in one way or the other. In the physical modification, acidic sludge is mixed with additives like bentonite, polyethylene, ethylene vinyl, ethylene vinyl acetate, SBS and other forms of these polymers as well as nano-composites and nano-particles (Shahabadi et al., 2010; Williams, 2005). The observations and findings of Jonidi et al. (2014)

Please cite this article in press as: Jafari, A.J., Hassanpour, M., Analysis and comparison of used lubricants, regenerative technologies in the world. *Resour Conserv Recy* (2015), <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.07.026>

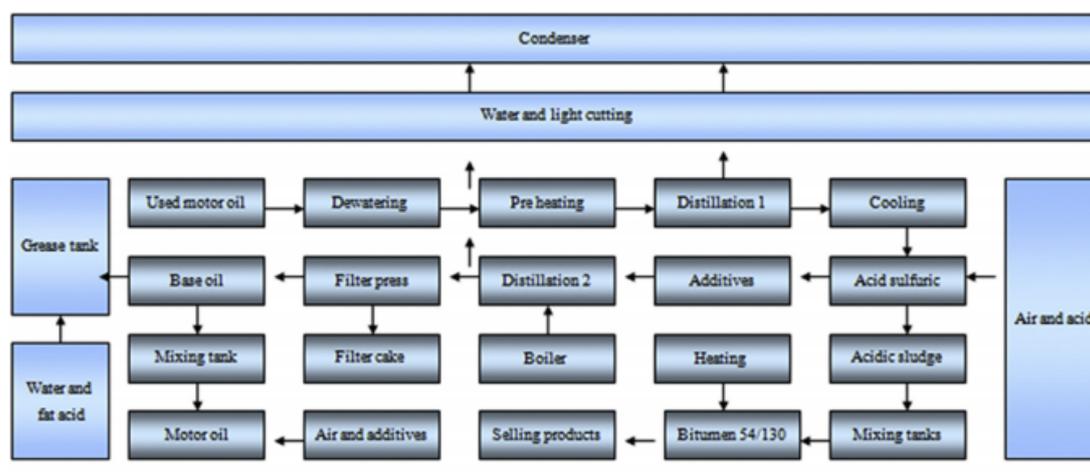


Fig. 1. Diagram of layout acidic sludge recycling units and reprocessing industry of used oil (Jonidi et al., 2014).

Table 8
Performance parameters of acidic sludge recycling (ASTM, 2000).

The properties of bitumen	The optimal properties of bitumen for climatic conditions of Iran	Jonidi et al. (2014)
Softening point (°C)	20 to 85	54
Weight loss %	1	1
Penetration degree (dmm)	30 to 130	130
PI	-2 to +2	0.5774
Frass breaking point	-12	-11
PG	Different	Different

have been summarized in Table 8, for the production of bitumen 54/130 from acidic sludge. The obtained products could also be utilized in building and road construction according to its specific bitumen criteria and characteristics (Ouyang et al., 2005; Kok and Çolak, 2011). In the study, acidic sludge was a by-product of used oil reprocessing industries which was disposed into the environment as hazardous waste material. Fig. 1 represents a diagrammatic layout of acidic sludge recycling units and reprocessing industry of used motor oil.

Eterigho and Olutoye (2008) showed that the acidic sludge could be converted to the valuable products and raw materials for the synthesis of compounds such as organic fertilizers, explosives materials, paint, ink, chemical fibers and industrial detergent. Processing of acidic sludge generates different commercial products such as surfactants, sulfuric acid, light hydrocarbons, coke, activated carbon, furnace fuels, different types of bitumen and asphalt, thermal insulators, etc. Acidic sludge can be used as an additive in bitumen materials and in the preparation of carbon rods. Based on the technical studies conducted by the Iranian industrial organization, bitumen materials can be used as raw material or as additives in the industrial production of a wide variety of essentials such as wool fibers, books and booklets, laminated paper envelopes, asphalt heat insulators, plastic bags, automotive fan belts, PVC floorings, proof insulated pipe covers, blown bitumen, emulsion bitumen, polymer bitumen, motorcycle battery, paint, ink, printing ink, liquid bitumen, etc (Jonidi et al., 2014).

Santos (1994) patented a process for converting the acidic sludge, produced by used oil refineries, into an intermediate sludge which can be used in the production of either soft, un-oxidized or

hard, oxidized asphalt. The acidic sludge obtained from oil refineries is not biodegradable in nature and is about 30 to 50% soluble in water. In used oil refining process, the acidic sludge is approximately 5% by volume of 98% sulfuric acid and has a pH less than 2, typically a pH of 0.1. Consequently, this acidic sludge is highly acidic and toxic. The volume of acidic sludge produced is approximately 0.95 L per 3.8 L of used oil. There are prior industrial processes which combine acidic sludge with other compounds to produce asphalt. Various additives may be added to alter the characteristics or improve the quality of the resulting asphalt. Table 9 shows some of the patents in the field of reprocessing and regeneration technology.

Jonidi and Hassanpour (2014) showed economic indices of the reprocessing industry equipped to acidic sludge recycling unit (The breakeven point about 6% and the time of return on investment about 0.26 (3.2 month)). The economical point of view, the indices values such as value-added percent, annual income, breakeven point, value-added were demonstrated for the acidic sludge recycling process by Jonidi et al. (2015). The low breakeven point of about 14.7% and the time of return on investment 1.05 (about 13 months) demonstrated the fiscal success of this project. Further validation comes from the research of Iranian industrial organization which shows that low breakeven point of about 22.5% and the time of return on investment 0.9 (about 11 months) implied economic success of project for used motor oil reprocessing industries without acidic sludge recycling unit. Tables 10 and 11 show the results of studies. The acidic sludge recycling unit is generally within or next to the recycling units of used motor oil. In the aforementioned studies by Jonidi et al. (2015) the working hours of the personnel was determined to be 270 working days per year with a shift of 8 h. Treatment capacity of used motor oil was estimated to be about 100 barrels (220 L) per day, 15% of which was acidic sludge. The required electrical energy (kWh) and water were calculated for 300 working days per year. The required water was calculated to be 3 L/m²-green space and 100 L/person for a day. Total water required for the firefighting and safety purpose was calculated by a factor of 1.5. The staff salaries were calculated for a period of 14 months, with 23% of total staff salaries for insurance costs and pensions and a cost of \$ 100 per month for transportation. Due to the low cost of working capital, the percentage of the worker's salary going for the payment of loans was neglected. Finally, economic

Please cite this article in press as: Jafari, A.J., Hassanpour, M., Analysis and comparison of used lubricants, regenerative technologies in the world. *Resour Conserv Recy* (2015), <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.07.026>

Table 9
Patents related with the topic (Uspto.org).

Title	Name	Data publication	Patents
Process for reclaiming spent motor oil	Company	1977	US4029569
Sulfonic acid source, sulfuric acid sludge	Schneider G L	1980	US4238241
Converting acid sludge to intermediate sludge in refineries	Santos B S	1994	US5288392
Bitumen production of acidic sludge from reprocessing industries	Jonidi et al.	2012	Iran 75360

Table 10
Requirements of used oil reprocessing industry (Jonidi and Hassanpour, 2014).

Main annual material and equipments	Total annual rates	Total cost \$
Acidic sludge	891 m ³	-
Bentonite soil	330.32 t	103,225
SBS polymer	35.64 t	66,825
Barrels (220 L)	4050 Number	36,450
Used motor oil	5770 m ³	1,154,000
Acid sulfuric	411.3 t	154,237.5
Cao	22.5 t	1406.25
Additives as polymer for base oil	66 t	144,375
Fat acid	112.5 t	249,600.5
Drums 4.5 L for motor oil	700,000 Number	284,375
Drums 1 kg for grease	787,500 Number	123,046.8
Boxes with 24 empty spaces for grease	34,453 Number	10,766.6
Boxes with 6 empty spaces for motor oil	122,500 Number	15,312.5
Bitumen 54/130	891 t	417,656.25
Motor oil	3000 t	4,687,500
Grease	750 t	703,125
Required energy for heating of mixing tanks to 180 °C and distillation tanks	60,324,098 kJ	Supply by by-product
Required electrical energy	287,820 kWh	3598
Required water	16,980 m ³	1171.6
Water supply facilities		15,625
Split AC (Internal wiring, transformers and emergency power generators)		13,125
Fire extinguishers (total)	54 Number	3402
Stoves (total)	9 Number	270
Cooler (total)	8 Number	240
Ventilation system (total)	14 Number	280
Office equipment, furniture and etc		2500
Lab equipments (for the oil and bitumen quality control)		5000
Transportation (a vehicle weighing 4t, car and fork)	7 Number	85,000
Staffs salary (33 persons)	33 Persons	110,000
Required fuel (stoves)	2360 L	332
Petroleum expenses (Transportation vehicle and cars)	44,400 L	9712.5
Required land	20,000 m ²	100,000
Construction of infrastructure (buildings)	2284 m ²	228,400
Pavement and asphalt	5542 m ²	53,688
Landscaping	2000 m ²	2000
Ground tank 2 × 15 × 12	1 Number	28,000 ^a
Mixing tanks equipped with heating to 180 °C	2 Number	3150 ^a
Propeller mixers with power 3.5 hp	5 Number	945 ^a
Sewage pumps with power 10 hp	2 Number	840 ^a
Stainless steel vacuum pumps with power 7.5 hp	4 Number	1260 ^a
Gear pumps with power 5.5 hp	13 Number	2730 ^a
Condenser	4 Number	840 ^a
Sedimentation tank 20 m ³	7 Number	26,250 ^a
Distillation tanks	4 Number	104,864.55 ^a
Mixing tanks	5 Number	12,796.87 ^a
Grease cooking chamber	1 Number	3062.5 ^a
Filter presses with 20 blades (62 × 62)	1 Number	17,187.5 ^a

^a With 5% cost of installation.

Table 11
Economic indices (Jonidi and Hassanpour, 2014).

Economic indices of the used motor oil industry equipped to acidic sludge recycling unit	Cost \$
Data value	
Grease	703,125
Bitumen 54/130	417,656.3
Motor oil	4,125,000
Total value of annual selling of products	5,245,781.3
Output value	
Additives, barrels and required materials	2,240,498.4
Maintenance	1624.075
Energy consumption	14,814.1
Unforeseen costs of fixed capital	33,049.43
Total cost	2,289,986
Value-added	2,955,795.3
Value-added percent	56.34%
Profit	2,795,396.8
Variable cost of good unit	535
Breakeven point (6%)	260.83
Production cost	2,470,258.36
Annual income	2,775,522.94
Time of return on investment	0.26 (3.2 month)
Economic indices of recycling acidic sludge project of reprocessing industries to bitumen	
Data value (value of annual selling of the product: bitumen)	417,656.25
The total production price	163,248.9\$
Output value	
Additives and barrels	108,843.75
Maintenance	8214.77
Energy consumption	7407.125
Unforeseen costs of fixed capital	8055.85
Value- added	285,134.75
Value- added percent	68.2%
Profit	249,552.5
Variable cost of goods unit	141.8
Breakeven point (14.7%)	131.4
Production cost	169,285.7
Annual income	248,370.5
Time of return on investment	1.05 (13 months)
Economic indices of used motor oil industry (Iranian industries organization, 2000)	
Value- added	73,941.8
Value- added percent	36.3%
Breakeven point (14.7%)	22.5%
Production costs	-
Annual income	-
Return time on investment	0.9 (11 months)

evaluation was performed using empirical Eqs. (1)–(11) and professional experiences (Santana et al., 2010; Wiedmann et al., 2006).

$$Q = MC'T \quad (1)$$

$$W = 0.75 \left(\sum e \right) \times A \quad (2)$$

$$C = 0.005 \times P \quad (3)$$

$$V = p - \left(\left(\sum \right) e + A' + F + C_f \right) \quad (4)$$

$$\%V = V \times \frac{100}{p} \quad (5)$$

$$Q_p = V - \left(\left(\sum \right) I + L + D + S \right) \quad (6)$$

Please cite this article in press as: Jafari, A.J., Hassanpour, M., Analysis and comparison of used lubricants, regenerative technologies in the world. *Resour Conserv Recy* (2015), <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.07.026>

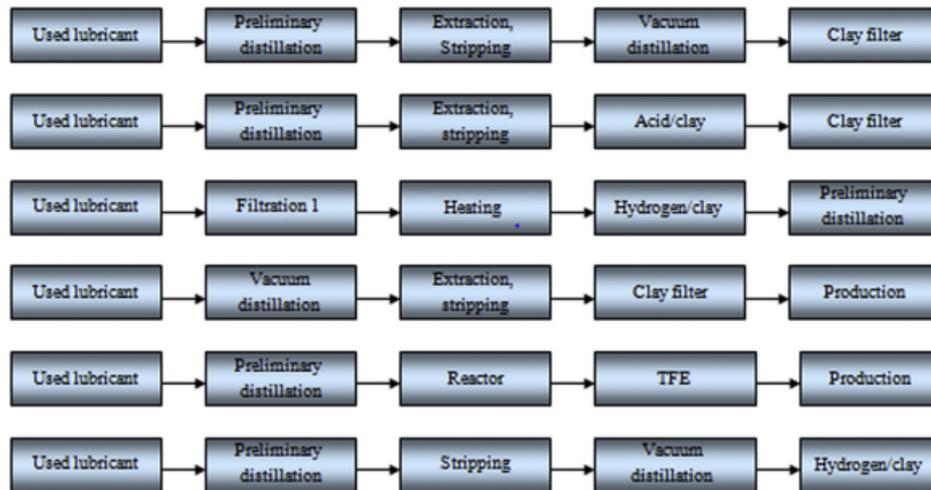


Fig. 2. Layout of various industrial and semi-industrial processes from regeneration lubricants in the world, these are operation processes from Bartlesville (industrial), solvent extraction (industrial) in Europe, Phillips (semi-industrial or pilot stage) process, RTI (industrial) in Norway, Recyclon process (industrial), KTI in America, respectively (Beg et al., 2010; Hamad et al., 2005; Durrani, 2010). In this figure, the number 1 is filtration to eliminate metals; and extraction and stripping are related to solvent.

$$C_v = \frac{C_{vd}}{C_p} \quad (7)$$

$$P_h = \frac{T_f}{C_v - C_s} \quad (8)$$

$$C_{pi} = C_{vp} + C_{fp} \quad (9)$$

$$A_i = T_s - C_{pi} \quad (10)$$

$$V_t = \frac{I_f}{A_i} \quad (11)$$

In Eqs. (1) to (11), Q , M , C , T , W , e , A , C , P , V , A' , F , C_f , Q_p , I , L , D , S , C_v , C_{vd} , C_p , P_h , T_f , C_s , C_{pi} , C_{vp} , C_{fp} , A_i , T_s , V_t and I_f are the required heating rate (kJ), flow rate (m^3/h), thermal capacity, temperature (K), required electrical energy, sum of electrical energy consumption (facilities, manufacturing line apparatus, building and campus), area (m^2), selling costs, selling price, value-added, initial materials (Additives and barrels), maintenance, unforeseen costs, profit, insurance, cost of interest and fees, depreciation, salary, variable costs of good unit, variable project costs, production capacity, breakeven point, total fixed costs, selling cost of good unit, manufacturing costs, variable manufacturing costs, fixed manufacturing costs, annual income, total selling price, time of return on investment and fixed capital respectively (Tainer, 2005; Cutler, 2005). The requirements of used motor oil reprocessing industry capital cost have been calculated from the data of DACE price book (DACE, NAP DACE, 2012 Dutch Association of Cost Engineers), edition November 2012.

In the similar researches on the economic assessment were published by Van Kasteren and Nisworo (2007) showed that biodiesel can be sold at US\$ 0.17/L (125000 t/yr), US\$ 0.24/L (80,000 t/yr) and US\$ 0.52/L for the smallest plant capacities (8000 t/yr) with the existing alkali, acid catalyzed and a supercritical trans-esterification process. Zhang et al. (2003) showed that for three biodiesel plants with capacities 100,000 (1994), 7800 (1996) and 10,560 (1999) t/yr the breakeven prices in \$/ton were 340,763, 420, respectively which used both alkali- and acid-catalyzed processes with waste cooking oil as the raw material. Among the studies conducted on the economic cycle of industries in Iran Moosavi and Rajabi (2013) were reported that the value-added

will increase almost equal to the average annual growth rate of 18 percent for industries sector since 2009 to 2025 in Iran. Nelson et al. (2006) which dealt with the four indicators of water quality (sediment yield, surface runoff, Nitrate in surface runoff and edge-of-field erosion), the Switchgrass grown on the cropland in Delaware basin in Kansas had a production between 527,000 and 1.27 million metric tons of Switchgrass per year. The break-even price for Magnesium was calculated to be around \$ 41 without used nitrate and slightly less than \$ 25 at 224 kg of used nitrate per ha Kh^{-1} . Thus, the produced Switchgrass had a break-even price of \$ 30 Mg^{-1} or less.

On the other hand, Table 12 shows the results of a case study was published by Hassanpour (2014) in a used oil industry using business excellence models. These models allow multi-dimensional views on different aspects of the organization's internal, external and CSFS that include the required activities to get the industry or company objectives and key motors of performance (especially in

Table 12 Comparison of scores system in the used oil industry (Hassanpour, 2014).

KBEM		EFQM	
Criteria	Score	Criteria	Score
Leadership	90.33	Leadership	90.55
Satisfy the citizen and customers	77.5	Policy and strategy	87.7
Satisfy the external customers	60	Employees	85.83
Satisfy the internal customers	60	Resources and partnership	90
Fact-based management	74.16	Process	81.66
Process or total work	80	Customer results	78.33
Measurement	60	Employees results	73.88
Management relies on employees	70.41	Community results	70
Team work	98	Key performance results	49.42
Employees make quality	70	-	-
Continuous improvement	70.4	-	-
Continuous improvement cycle	70.8	-	-
Prevention	80	-	-
Business excellence score	768.2	Business excellence score	806.77

Please cite this article in press as: Jafari, A.J., Hassanpour, M., Analysis and comparison of used lubricants, regenerative technologies in the world. Resour Conserv Recy (2015), <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.07.026>

Table 13
Regenerative technologies comparison in terms of economic costs (Hsu et al., 2010b).

Regenerative Technologies	Energy requirement	Recycling rate (%)	Quality of regenerative oil	Economic costs
Acid/clay	Low	63	Good	Low
Distillation	High	50	Good	Low
Solvent de-asphalting	High	70–65	API	High
TFE with hydro finishing	High	72	API	High
TFE with clay finishing	High	72	API	High
TFE with solvent finishing	High	72	API	High
Solvent extraction hydro-finishing	High	74	API	High
TDA	High	74–77	API	High

KBEM). The EFQM has been based on the assumption that excellence of industries and companies are obtained through leadership driving policy and strategy that are delivered through people, partnership, resources and processes. In order to study CSFS and different items together were used multiple weighting systems. Every one of criteria of the EFQM must be matched with two dimensions of KBEM. On the other hand, every one of KBEM items has a worth equal with 50 scores in EFQM. Therefore, in the obtained system were added 900 scores for criteria in EFQM until KBEM be enable to investigate organizational excellence in a diagram. The models criteria, factors and obtained results indicated that the industry was in sustainable development conditions.

6.2. Distillation process

This process is to fortify the purifying effect by using vacuum distillation (for re-refining or regeneration technologies) or preliminary distillation, heating (for reprocessing technology) prior to treating the used oil by using the acid-clay process, and the rest of operation flow is analogous to the acid-clay process (Fig. 1).

6.3. Solvent de-asphalting process

The solvent is used to segregate insoluble and suspended substances such as asphalt, metallic compounds and resin in the used oil. The process is analogous to the aforesaid two processes extra steps are solvent extraction and solvent stripping. Organic solvents, such as propanol and supercritical ethane can also be used for the solvent de-asphalting process (Rincon et al., 2003).

6.4. TFE with hydro-finishing and TFE with clay finishing

These methods are utilized to segregate oil and foreign components via a TFE, and purify it through hydro-finishing to prevent the secondary pollution. First, the moisture and light oil contained in the used oil are eliminated and then vacuum distillation of free components is required to permit for continuous separation of a TFE. Finally, the oil is encountered to hydro-finishing to eliminate chlorine, nitrogen, oxygen, and sulfur compounds. There is a difference between these both methods, that clay is used for absorption (Kalnes, 1990).

Table 14
Regenerative technologies comparison in terms of environmental-friendly (Hsu et al., 2010b).

Regenerative Technologies	Acidic sludge	Residual oil sludge	Hazardous chemical materials	Secondary pollution
Acid/clay	Much	Much	Acid sulfuric	Yes
Distillation	Little	Much	Acid sulfuric	Yes
Solvent de-asphalting	Little	Much	Acid sulfuric and organic solvent	Yes
TFE with hydro finishing	None	Little	None	Few or none
TFE with clay finishing	None	Little	None	Few or none
TFE with solvent finishing	None	Little	Volatile organic solvent	Few or none
Solvent extraction hydro finishing	None	Little	Volatile organic solvent	Few or none
TDA	None	Little	None	Few or none

Please cite this article in press as: Jafari, A.J., Hassanpour, M., Analysis and comparison of used lubricants, regenerative technologies in the world. *Resour Conserv Recy* (2015), <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.07.026>

6.5. TFE with solvent finishing

This method is used to segregate oil and foreign substances via a TFE, and request the solvent-finishing with the flow process analogous to TFE with hydro-finishing.

6.6. Solvent extraction hydro-finishing

This method combines solvent extraction and hydro-finishing by eliminating the foreign substances using the solvent and then fortifying oil quality by hydro-finishing. First, the moisture is eliminated and segregated the used oil. Then the mixture of solvent and used oil is encountered to hydro-finishing to eliminate sulfur, nitrogen and oxygen for purification purposes.

6.7. TDA with clay finishing and TDA with hydro-finishing

The dehydrated used oil is vacuum-heated at 360°C. The ash remains at the bottom, and the oil is divided to 3 types, i.e. vacuum gas oil, base oil (as lubricant) and asphalt residues. Next, the base oil is encountered to hydro-finishing or clay-finishing under high-pressure (10⁷ Pa) for continuous utilization (Hamad et al., 2005).

7. Layout some of the various operational processes of industrial and semi-industrial processes in the world

In the regeneration technologies each of the functional processes can be used as a treatment path. The layout of operation processes carry out depending on the quality of product oil and concentration of available contaminants in used lubricant oils (Abdel-Jabbar and Al Zubaigy, 2010). Fig. 2 shows the layout of various processes from regeneration lubricants in the world.

8. Comparison of operational processes of used lubricants in terms of economic and environmental factors

The operating costs and required temperature of acid/clay process is comparatively less than other processes. However, the water quantity required for operating of TDA process is more than other processes. Tables 13 and 14 show the comparison of the various parameters of regenerative technologies (Hsu et al., 2010b; Alhamed and Al-zahrani, 2011; Al-Zahrani and Daous,

Table 15
Properties of base motor oils (International Standard DEF STAN 91-43/8).

Motor oil grade	SAE50	SAE40	SAE30	SAE10	SAE5	Re-refined oil	Reprocessing oil ^b
Specific gravity	0.89	0.89	0.89	-	-	-	0.88
Viscosity in 100 °C (Cst)	21.9-16.3	16.3-12.5	12.5-9.3	9.6-7.3	7.3-5.5	9.63	9.5-12.5
Minimum viscosity index	95	95	95	-	-	92	90
Minimum flash point	204	204	200	190	185	234	200
Pour point	-9	-9	-18	-25	-30	-3	-
Color	3-4.5	3-4	3-3.5	-	-	1	2.5-3.5
Maximum rate of acidic number	-	-	-	-	-	-	5%
Copper corrosion (100 °C)	-	-	-	-	-	-	0

^b Base oil quality of reprocessing (acid/clay process).

2000). Table 15 gives a comparative view of the different grades of motor oils and reprocessed oil in terms of their various physical properties. Acid/clay process is increased the PAHs rates of base oil (production) about 4–17 times in compare with obtained base oil of crude oil. The process of vacuum distillation with chemical material-finishing does not decrease the PAHs content unlike hydro-finishing. On the other hand, the process of vacuum distillation with hydro-finishing decreases the PAHs levels drastically compared to that of vacuum distillation with chemical material-finishing process (Al-Ghouti and Al-Atoum, 2009).

9. Management of obtained by-products from the regenerative technologies

According to Table 14 there are some secondary pollutants such as acidic sludge, residual oil sludge and some hazardous waste materials. Also, in the processes equipped to clay filter are produced high rates of cake filter. The filter cake from the filter press can be used in drilling mud. It can also be buried or treated. Metals of filter cake can be used on the basic materials of road (under asphalt road) in road construction operation. The acidic sludge generated was main subject discussed in current study that has been converted to new type of bitumen. Asphalt residues and button residuals of all distillation units can be used to produce different types of bituminous or raw materials for some industries and etc. The organic solvents used in some processes are recovered in the following recycling trend (Bridjanian and Sattarin, 2006). The obtained fuels of regenerative technologies are used so that burning. Table 16 shows the derived fuels properties of used oil as by-product.

The oily sludge generated during the regenerative technologies has hazardous nature (carcinogen). Oily sludge contains various petroleum hydrocarbons, water, heavy metals, and solid particles as hazardous waste materials. Therefore, efforts should focus on the integrated waste management as well as improvement of current technologies (Musee et al., 2008). Hu et al. (2013) showed that some recovery and disposal methods could be used to operate such as, biodegradation, oxidation, stabilization/solidification, incineration, froth floatation, ultrasonic irradiation, electro-kinetic method, microwave irradiation, pyrolysis, freeze/thaw, surfactant enhanced oil recovery, centrifugation, and solvent extraction.

Table 16
Derived fuels properties of used oil as by-product of recovery (MAFF, 2002).

Properties	Unit	Value
Density	15 °C	0.82–0.92
Viscosity	Cst	100–170
Thermal values	kcal/kg	10,277.7–10,694.4
Water	(%)	>3
Sulfur	(%)	0.9–0.5
Lead	PPM	500–1000
Flash point	°C	90–75
Solids	(%)	0.5
Fly ash	(%)	1–14

9.1. New technologies for management of obtained by-products and used lubricant oils

In the classical view, materials can exist in any of the three states of matter such as solid, liquid and gas. But in modern physics, a fourth state called the plasma state has been recognized. Plasma technology may be of two types, natural and manmade. Plasma forces (natural plasma) play a major role in the formation and destruction of celestial bodies like planets and stars, black holes and also influence the earth's magnetic field. Plasmas manmade are being produced in laboratories by raising the energy content of a material, and the energy in question can be any one of the following types—mechanical, thermal, chemical, radiation, rays, electrical, nucleus, energies, combination of them, energies of thermal, mechanical (explosives). Plasma can be present as hot and cold plasma. Plasma technology is a relatively new technology and can be used very efficient for the removal and recovery of hazardous waste materials (in solid, liquid and gas states) in the by-products. Thus, plasma technology may be applied for recycling, eliminating and decreasing the levels of pollutants and toxicity of materials (Jonidi and Hassanpour, 2013b; Hassanpour and Mohammadi, 2012c). Yoon et al. (1999) have reported the processing of used motor oils performed by waste plastics through a tertiary recycling technique (using plasma technology for polymerization) into commercially viable chemicals or fuel oils. Used motor oil contains some paraffinic compounds and it can utilize to provide typical thermoplastics. Therefore, simultaneous processing of combined waste plastics with used motor oils can yield intensive effects and can increase the generation of fuel oils. The uniqueness of plasma processes is associated to the fact that they permit the conversion of an extensive range of organic compounds encompassing important group elements into charged and neutral molecular-fragments and atomic types. These fragments can then fortify surface-functionalization reactions or make macromolecular thin layers up to produce highly and less cross-linked polymers, more highly functionalized films and controlled surface modification. Some of plasma productions are used in medicine, treatment, industries and environmental treatment (Denes and Manolache, 2004).

One of the most important types of hot plasma is the plasma jet. There are several industrial applications of plasma jet reactors, including synthesis (such as SiC, Si3N4, AlN, acetylene gas and etc) of diamond, processes of heating, melting metals, mixed metals refining to separate specific metal, reactive melt, recycling metals, precipitation (mixed metals, metallurgical powder, processed oxide with high conductivity material, ceramic/metal and etc) and coating. Based on the results of the various tests conducted, plasma jet has been reported to be successful in the disposal of municipal solid wastes, heavy metals, fly ash, radioactive waste, industrial wastes materials, kiln dust, solid and liquid organic wastes, used tires, plastics, biomedical waste, chemical wastes, asbestos fibers and products containing PCBs (Gomez et al., 2009; Park et al., 2005; Tong and Reddy, 2006). Thermal plasma is being used in

Please cite this article in press as: Jafari, A.J., Hassanpour, M., Analysis and comparison of used lubricants, regenerative technologies in the world. *Resour Conserv Recy* (2015), <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.07.026>

Anexo 25: Stan, Andreescu, y Toma. Some aspects of the regeneration of used motor oil. 2018.

El anexo compara algunos de los procedimientos y aspectos básicos para la regeneración de lubricantes usados. Así mismo, compara los valores resultantes obtenidos por tratamientos de ácidos con muestras de aceite usado y fresco y sus respectivos valores característicos obteniéndose variaciones según los ácidos aplicados.



Available online at www.sciencedirect.com

ScienceDirect

Procedia Manufacturing 22 (2018) 709–713

Procedia
MANUFACTURING

www.elsevier.com/locate/procedia

11th International Conference Interdisciplinarity in Engineering, INTER-ENG 2017, 5-6 October 2017, Tîrgu-Mureș, Romania

Some aspects of the regeneration of used motor oil

Cornelia Stan^{a,*}, Cristian Andreescu^a, Marius Toma^a

^aUniversity Politehnica of Bucharest, Spl. Independentei 313, Bucharest, RO-060042, Romania

Abstract

The used motor oil recycling is a well-known alternative of world-wide power resources conservation, with a growing importance in the context of the limited resources of fossil fuels. At the same time, it represents a viable way of protecting the natural environment.

The research investigates the effect of different alcohols used in acid treatment of used motor oil and the influence of the bleaching treatment on the properties of the regenerated oil. The used motor oils are contaminated by contaminants and impurities resulted from undesirable oxidation processes: sediment, water, metallic particles and degraded additives.

The regeneration of used oil implies the removal of the contaminants. There are several recycling methods; the present research follows the basic steps: acid treatment to remove gums, greases etc., sedimentation/decantation, bleaching, neutralization, sedimentation/decantation and filtration.

The used oil samples subjected to the experiment are drawn from the automotive service stations. Various acids (sulfuric acid, acetic acid, nitric acid, phosphoric acid, formic acid) are used in acid treatment. The bleaching is achieved by industrial bleaching earth (bentonite). Hydrated lime is employed in neutralization. For each different procedure of treatment, at the end of sedimentation/decantation and filtration, regenerated oil is obtained. The following determinations have been made for its properties: kinematic viscosity, flash point, specific gravity, TAN and color.

The values of these characteristic parameters of the regenerated oil are presented compared to those of used and fresh oil. The results show variations of the measured properties which depend both on the type of acid used and the source of waste oil.

© 2018 The Authors. Published by Elsevier B.V.

Peer-review under responsibility of the scientific committee of the 11th International Conference Interdisciplinarity in Engineering.

Keywords: Lubricants; used engine oil; recycling; regenerated oil, oil properties.

* Corresponding author. Tel.: +40-735-580-612; fax: +40-21-402-9549.
E-mail address: cornelia.stan@upb.ro

1. Introduction

The research concerning the actual proved reserves of fossil fuels show the fact that these can only be exploited on a limited period of time [1]. The conservation of petroleum has been declared national policy in several countries [1,2]. Consequently, the management of these resources includes the search for means to recover the used oil products, direction to which also subscribes the recovery of used motor oils. The concern regarding used oils processing has been known for some time now (since the early '30), but it became a priority in the context of the growing need of protecting the natural environment [2].

The used oil represents a very pollutant product for the earth as much as for the water. Therefore, its recycle has a positive impact both on environmental protection and oil cost.

In 2010 the European Commission launched the Europe 2020 strategy, on purpose of guiding the economic development of Europe up until 2020. Three directions of action are aimed regarding the waste management: prevention, recycling & revaluation and the final elimination of waste [3].

The first European directive 75/439/EEC followed by 87/101/CE establish the priorities for a proper management of used oils. The current regulations in force have clear directions of revaluation/elimination of used oils: reuse, revaluation by co-incineration, revaluation by other methods than reuse and co-incineration, elimination by incineration. The Directive gives priority to the recovery method. Incineration is accepted as a last alternative in case none of the others can be applied. From the total of collected used oils in UE, 65% (in 2000) and more than 70% (in 2009) derives from internal combustion engines (i.c.e.) oils [4,11].

In Romania, by HG 235/2007, the producers and importers are required to ensure the organization of used oils management system.

The ways of used oils processing for reuse are: regeneration (re-refining), thermal cracking, gasification, mild/severe reprocessing, combustion. Among the regenerating technologies we list: acid/clay, distillation/clay, distillation/ chemical treatment or solvent extraction etc [12,13,14,15]. The most used procedure (90%) and the most inexpensive is acid/clay [16,17,18]. This is the second best method, next to the method of extraction by composite solvent [5, 19].

The acid/clay oil treatment consists in the following steps: acid treatment for removing gums, greases etc., discoloration or bleaching, neutralization, sedimentation, decantation and filtration [6,12].

The study's objective is the comparison between the different acids used as part of the acid treatment process for used motor oil and the highlighting of their consequences over the main properties of the regenerated oils.

2. Experimental determination

2.1. Used materials

A sufficient supply of oil has been extracted from a barrel for collecting used oils. The oil used in the experimental determinations has been collected from a service station barrel where the oil change takes place. A sample was taken from a used oil mixture, and two others directly from the oil pan (MOW30; M5W40) at the time of change oil. The two samples of the oil pan have been treated using different acids: sulfuric acid (94-96%), acetic acid (99,84%), nitric acid (65%), acid phosphoric (85%) and formic acid (99%). Activated industrial bentonite was used as fading agent in the bleaching treatment: a calcic dried bentonite, selectively ground and activated with sodium carbonate (produced by Chimforex). Hydrated lime was used in neutralization.

Both samples from the mixture and the oil pan were drowned after the oil has been left to decant for several days. The acid treatment consisted in using the named acids at a rate of 10% v/v from the oil sample volume [7,9]. The acid addition was made after the heating of the used oil on a thermostatic hot plate at a temperature of 50°C [8]. This temperature was maintained constant during 15 minutes, whereas the oil was being stirred. The acidic oil was left to form sediment for more than 24 hours. The residue was discarded and the oil was filtered through a filter cloth.

The bleaching of the resulted oil after the acid treatment was made by adding fuller's earth (bentonite) at a rate of 6% w/v [7,9,12]. The oil was heated at 100°C, maintained at this temperature and stirred for 15 minutes.

The neutralization of the mixture was made using hydrated lime at a quantity of 5% of the oil weight [7,9]. The mixing of the hydrated lime with the obtained oil took 10 minutes.

The resulted product is allowed to settle 24 hours and then it was decanted. After decantation, the obtained oil is filtered using a filter cloth, applying a mild aspiration.

2.2. Determination of the regenerated oil properties

The oil used in i.c.e. fulfills several functions: lubrication, cooling, protecting the contact surfaces. During its use, the oil is submitted to some degradation processes by oxidation, contamination and the additive exhaustion. This way, the used oil consists of a base (undegraded base oil and additives with high concentration of metals, gums, asphaltic component, acids, fuel etc.) and other toxic residues (lead, benzene, zinc, cadmium, arsenic), whose properties are changing throughout the period of operation. The oil degradation is revealed by the alteration of its main properties. There have been also carried out measurements of the density, the flash point and the conventional viscosity of used oil after the regenerating treatment applied to the oil [2,6,10,15,19].

The density of used oil is altered by the contamination with fuel, water, mechanical impurities, products resulted in combustion oxidation processes.

Specific gravity is defined as the ratio of the density of material to density of the equal volume of water. Specific gravity is influenced by the chemical composition of the oil; it grows along with the increasing content of aromatic hydrocarbons and drops along with the increasing content of saturated hydrocarbons.

The flash point is the lowest temperature at which the air-vapour mixture fires up completely at contact with a flame. A low value of the flash point shows the contamination level of the oil with unburnt fuel, whereas a high value is due to the evaporation of light fractions from the oil.

The conventional viscosity depends on the molecular mass of the oil components, on the oil contamination level with oxidation and products of polymerization, gums, deposits, impurities, which result in increasing the value of viscosity, and on the fuel contamination, which leads to the reduction of its value. Viscosity measurement was performed with the Engler device.

Total Acid Number (TAN) characterizes both the fresh oils and the used ones, from the point of view of the formulation, the oxidation state or the alkaline supply. Acidity number shows the quantity of alkali required for the oil unit mass neutralization. The oil oxidation processes lead to an increase in the acidity value that is due to the oil oxidation and contamination with acid products resulted in the fuel combustion. The TAN values of the oil have been assessed by experimental measurement. At 100 ml methanol 4 drops of phenolphthalein indicator were added which was neutralized with 0.5 normal potassium hydroxide solution. The alcohol was added to a weighed sample of oil and they were stirred. TAN was calculated: $TAN = (56.1 \times NV) / W$, where N=normality of alcohol KOH solution, V is the volume of KOH solution and W is the grams of sample used.

The flash point measurement was made in the open vessel with the Marcusson apparatus. Viscosity measurement was performed with the Engler device.

3. Results and discussions

The values obtained by practical determinations for each property on the samples of regenerated oil that were treated with different acids are comparatively presented with the value for the used oils mixture, and for two separately collected used oils (Fig.1).

Also, in the graphic representations the properties values for the fresh oils 0W30 and 5W40 have been shown.

Specific gravity of the oils mixture has a higher value than for the used oils 0W30 and 5W40, with the mixture constituted of different types of used oil. Lower values were registered for the regenerated samples that have been treated with acetic, nitric, phosphoric and formic acid than for the used oils mixture, whereas a higher value is obtained by using sulphuric acid. This increase is also due to the treatment with the very finely ground bentonite which was not completely removed from the oil during filtration. One can note that the same effect is present in the case of 0W30 used oil regeneration, where the same sulphuric acid was used (Fig. 1, (a)).

The value of specific gravity for used oil 0W30 is superior to a fresh 0W30 oil, most probably due to the contamination with impurities and water. The lower value of specific gravity in the case of 5W40 used oil compared

with the fresh one is due to the fuel contamination, fact also confirmed by the value of the flash point, which is 35 degrees lower than that of a fresh oil.

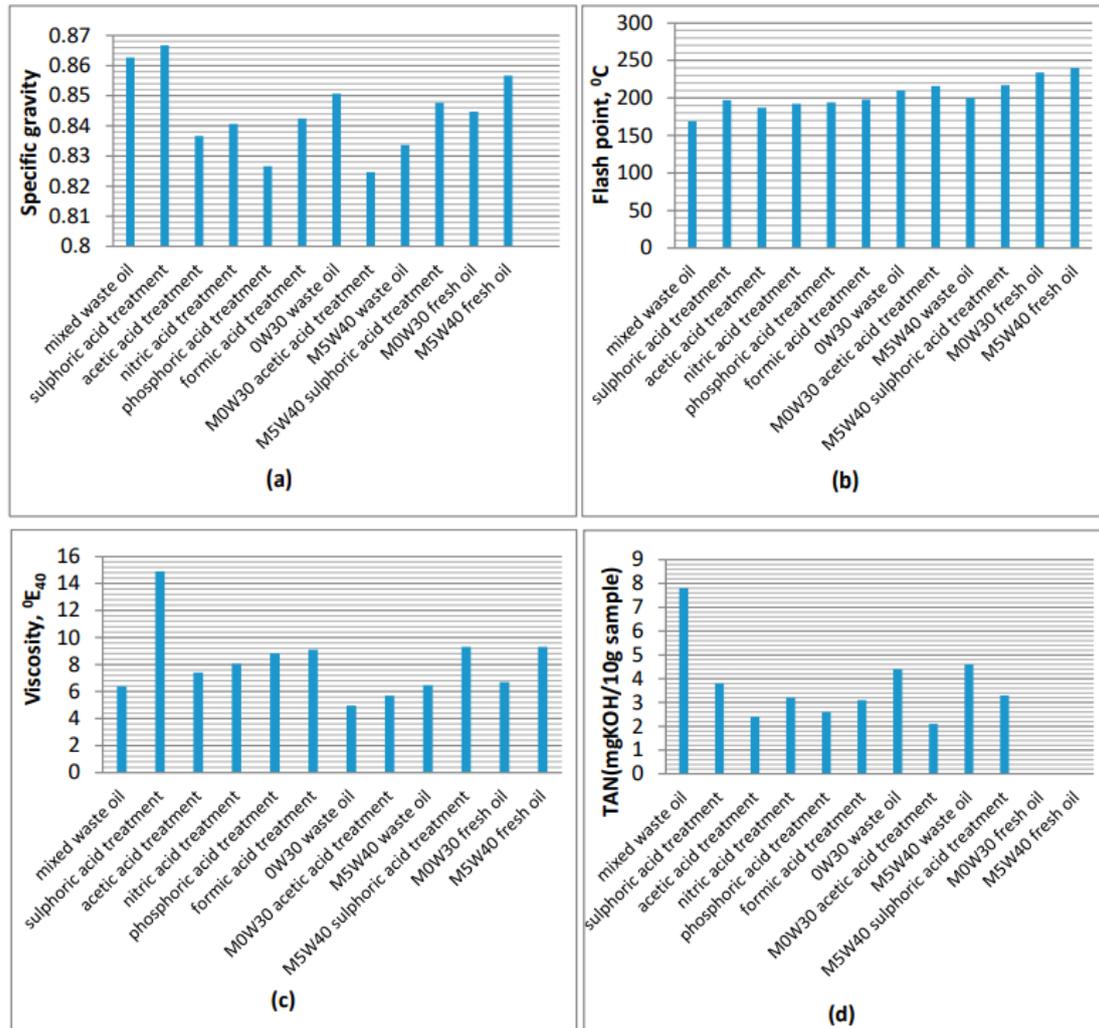


Fig. 1. Effect of various acids on the properties of the mixed waste oil and of the waste oils M0W30 and M5W40: (a) specific gravity; (b) flash point; (c) conventional viscosity; (d) TAN.

The flash point registers considerable increases for all the regenerated samples, the most significant of them (by 18%) being in the case of sulphuric acid use for the used oils mixture. There are also notable the values of the flash points for the M0W30 and 5W40 used oils, superior to the value of used oils mixture (Fig.1, (b)).

The conventional viscosity at 40°C has increased for all the treated samples, both in case of the oils mixture and the 0W30 and 5W40 samples. The highest increases are registered as effect of sulphuric acid use both for the oils mixture and the 5W40 used oil. The next increase of viscosity also stands in the case of formic and phosphoric acid used for the treatment of used oils mixture (Fig.1, (c)).

Despite the fact that the oils mixture contains a large variety of oils, the value of its viscosity turns out to be close to the values corresponding to the 0W30 and 5W40 samples, which indicates a more pronounced fuel contamination in the case of the mixture.

In the case of TAN determinations, the results could only be compared qualitatively, as the quantitative precision is poorer. The used oils mixture has registered the highest value of TAN. After the regenerating treatment, the TAN values considerably decreased by under 30% of the initial value. The rate of the TAN decrease is presented in Fig.1,(d).

The colour was determined by visual inspection of the sample, in comparison with the initial colour. An improvement of the colour has been noticed from black to brown or dark brown when the treatment was done with formic, respectively acetic and formic acid. For none of the samples the resulted colour was similar to the one of the fresh oil.

4. Conclusions

The oil regenerating treatment which uses an acid treatment stage had a substantial efficiency on the used oil properties as regarding the flash point, the viscosity and the TAN. Remarkable is the effect of sulphuric acid on the viscosity and on specific gravity for both cases: the used oils mixture and the 5W40 used oil. In terms of efficiency, the sulphuric acid is followed by formic and phosphoric acids as concerning the increase of the viscosity and of the flash point. The colour has improved firstly in the case of formic acid, then the acetic and phosphoric acids. Further work will be required to find solutions for significant improvement of the regenerated oil colour.

References

- [1] BP-statistical-review-of-world-energy-june-2016-full-report.pdf.
- [2] J.D. Udonne, O. Bakare, Recycling of Used Lubricating Oil Using Three Samples of Acids and Clay as a Method of Treatment, *International Archive of Applied Sciences and Technology IAAST*; Vol 4 [2], pp. 08- 14, 2013.
- [3] Annual report by the National Environmental Protection Agency on the state of environment in Romania, the years 2009-2015.
- [4] Review of the National Waste Management Plan, Ministry of the Environment, VersionNumber: 1 of 12 March 2009.
- [5] R. Abro, X. Chen, K. Harijan, Z.A. Dhakan, M. Ammar, A Comparative Study of Recycling of Used Engine Oil Using Extraction by Composite Solvent, Single Solvent and Acid Treatment Methods, *ISRN Chemical Engineering Volume*, Article ID 952589, p.1-5, 2013.
- [6] R. Abu-Ellella, M.E. Ossman, R. Farouq, M. Abd-Elfatah, Used Motor Oil Treatment: Turning Waste Oil Into Valuable Products, *International Journal of Chemical and Biochemical Sciences IJCBS*. 7 (2015) 57-67.
- [7] A.G. Isah, M. Abdulkadir, K.R. Onifade, U. Musa, M.U. Garba, A. Bawa, Y. Sani, Regeneration of Used Engine Oil, *Proceedings of the World Congress on Engineering*, Vol I, London, 2013.
- [8] V. Katiyar, S. Husain, Recycling of used lubricating oil using 1-butanol, *Int. J. Chemical Science-Royal Society of Chemistry*. 8(3) (2010) 1999-2012.
- [9] M. Naimul Haque, M. Yunus Miah, S. Ali Ashruff, Rafiqul Islamb, M. and Kumar Dasb, A., Effects of Acid Washing and Additives on Qualities of Waste Lubricating Oil, *Bangladesh Journal of Scientific and Industrial Research*, 43(4) (2008) 529-536.
- [10] R. Haycock, A. Caines, J. Hillier, *Automotive Lubricants Reference Book*, second edition, SAE International and Professional Engineering Publishing, 2004.
- [11] Critical review of existing studies and life cycle analysis on the regeneration and incineration of waste oils, European Commission DG Environment, Final Report, 2001.
- [12] F. Danane, A. Ahmia, A. Bakiri, N. Lalaoui, Experimental regeneration process of used motor oils, *Revue des Energies Renouvelables*. 17(2) (2014) 345 – 351.
- [13] A. Kupareva, P.M. Arvela, D.Y. Murzin, Technology for re-refining used lube oils applied in Europe: a review, *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*. 88(10) (2013) 1780–1793.
- [14] M.J. Diphare, E. Muzenda, T.J. Pilusa, M. Mollagee, A Comparison of Waste Lubricating Oil Treatment Techniques, 2nd International Conference on Environment, Agriculture and Food Sciences, Malaysia, 2013.
- [15] C. Shri Kannan, K.S. Mohan Kumar, M. Sakeer Hussain, N. Deepa Priya, K. Saravanan, Studies on Reuse of Re-refined used automotive lubricating oil, *Research Journal of Engineering Sciences*, 3(6) (2014) 8-14.
- [16] H. Bridjianian, M. Sattarin, Modern Recovery Methods in Used Oil Re-refining, *Petroleum & Coal*. 48 (1) (2006) 40-43.
- [17] H.A.Durrani, Re-Refining Recovery Methods of Used Lubricating Oil, *International Journal of Engineering Sciences & Research Technology*. 3(3) (2014) 1216-1220.
- [18] F.D. Giovanna, O. Khlebinkaia, A. Lodolo, S. Miertus, *Compendium of Used Oil Regeneration Technologies*, International Centre for Science and Technology, 2003.
- [19] Z.K. Bhushan, S.M. Anil, K. Sainand, H. Shivkumar, Comparison between Different Methods of Waste Oil Recovery, *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*. 5(11) (2016) 20001-20009.

Anexo 26: Incinerox. Incineración de desechos peligrosos.

El anexo muestra la descripción del proceso de eliminación de desechos sólidos a través de la incineración de los mismos y sus ventajas, elaborado por el gestor ambiental Incinerox. Dentro de este proceso se utiliza una formulación química para obtener el poder calórico ideal para la incineración de los productos detallados, de los cuales forman parte los filtros de aceite.



Incineración de Residuos

Contamos con un incinerador de diseño inglés, con **capacidad de 12 toneladas al día (12 ton/d)**. La eficiencia del sistema supera el 90%, es decir de toda la cantidad de residuos que ingresan al incinerador, únicamente el 10% en peso queda remanente en forma de ceniza.

La alimentación de residuos sólidos se realiza mediante el sistema de carga hidráulico. Primero se clasifican los residuos que pueden ser incinerados, en base a las características físico-químicas de los mismos. Los residuos son mezclados mediante una formulación específica para obtener un poder calórico ideal entre 3500 y 4000 Kcal/Kg, lo cual logra una estabilidad de temperatura y facilidad de ignición de los respectivos residuos a incinerar.

Los gases de combustión ingresan al sistema de lavado de gases, **filtro de carbón activado y filtro de mangas para la purificación de los mismos antes de salir a la atmósfera**, cumpliendo plenamente con los parámetros y límites máximos permisibles establecidos en la normativa ambiental aplicable ecuatoriana.

Las cenizas que se obtienen del proceso de incineración de residuos, son transportadas a la **celda de seguridad**.

Residuos típicos para el proceso de incineración:

Textiles contaminados (hidrocarburos, solventes, etc), filtros (aceite, aire, etc), sólidos combustibles, aguas residuales industriales, documentación confidencial, líquidos con hidrocarburos, destrucción de marca, equipos de protección personal, bajas de inventario, etc.

Ventajas de la incineración de residuos peligrosos.

1. Forma más rentable y barata de eliminación de recursos
2. Las nuevas generaciones de incineradoras tienen una producción de dioxinas asumible para el medio ambiente, menor comparativamente que la producción de otras fuentes como las calefacciones urbanas domésticas.
3. Valorización energética, la posibilidad de producción eléctrica a partir de la combustión de los residuos, contribuye a un menor coste y medioambientalmente a diversificar la producción nacional energética, ayudando al cumplimiento del Protocolo de Kyoto y las directivas comunitarias al respecto.
4. Espacio disponible limitado para sistemas de vertido.

Anexo 27: Incinerox. Eliminación de desechos peligrosos a través de celdas de seguridad.

El anexo muestra la descripción del proceso de eliminación de desechos sólidos a través de las celdas de seguridad, permitiendo dar una estabilización a estos residuos. En estas celdas se colocan los residuos de las cenizas resultantes de la incineración, así mismo como metales pesados y otros reactivos químicos.



Celda de Seguridad y Estabilización de Residuos Industriales

La celda de seguridad fue construida con mallas superpuestas, arcilla y geo membrana de alta densidad. Todos estos materiales con altos estándares de calidad y bajo impacto ambiental. **El objetivo de la impermeabilización es que no exista ningún tipo de contaminación directa o lixiviado al suelo o al acuífero/aguas subterráneas.**

Disponemos de la celda de seguridad con la mayor capacidad del país y altos estándares técnicos. Además, con el objetivo de recolectar posibles lixiviados, el diseño de la misma fue estructurado con un sistema de espina de pescado y cajas para almacenarlos en caso de que se generen. Finalmente, como medida adicional preventiva, tenemos chimeneas que servirán para liberar vapores naturales del proceso a la atmósfera.

La disposición de los residuos en la celda de seguridad, se da dependiendo de las características de los mismos, es decir, antes de ingresarlos, atraviesan por un **proceso de estabilización química, fijación y solidificación y encapsulamiento con concreto para ciertos tipos de desechos, lo que garantiza la disminución del potencial de peligrosidad de los residuos**. Una vez alcanzada la estabilidad, estos se confinan en pisos a un mismo nivel, se compacta el área donde se los ubica y se continua con los siguientes pisos de manera segura y eficiente para una correcta disposición final.

Residuos típicos para estabilización y disposición en celda de seguridad: Polvos de acería, material contaminado con metales pesados Plomo (Pb), Cromo (Cr), Níquel (Ni), Cobre (Cu), Cadmio (Cd), mercurio metálico (Hg), resinas vinílicas, cenizas de combustión, sustancias ácidas y alcalinas (básicas), pilas y baterías (Níquel (Ni) y Cadmio (Cd), reactivos químicos, blisters, material peligroso de construcción (asbesto, amianto), etc..

Anexo 28: Builes, S. Biodegradación de aceites usados.

El anexo muestra un fragmento del texto elaborado por Santiago Builes, del cual se obtuvo información acerca de los tratamientos más comunes empleados para la recuperación de los desechos peligrosos. Sin embargo, menciona otros tipos de procesos y los detalla, haciendo un enfoque hacia la realidad del país vecino de Colombia.

Recuperación y reciclado de aceites usados

El aceite recuperado se debe emplear para condiciones de servicio menos críticas que aquellas en las que estaba sometido inicialmente.

Los aceites usados que se generan en el mundo son manejadas en tres formas principales: rerrefinadas (regeneración) en bases lubricantes para su posterior uso, destiladas a combustible diesel y comercializadas como combustible sin tratar (fueloil).

La combustión de 1 litro de aceite usado produce en promedio emisiones al aire de 800mg de zinc y 30mg de plomo. La combustión de los aceites usados comparados con la rerrefinación y la destilación genera en promedio 150 y 5 veces más contaminación respectivamente. [1,7]

Antes de decidir cual método se usara en la recuperación de un aceite usado es necesario conocer la composición química de dicho aceite (cuanto menor sea la calidad del aceite base en el aceite usado mayor será el precio y dificultad de su tratamiento), ya que el método de recuperación a elegir esta intimamente ligado a la composición química de un aceite usado, en algunos casos el factor decisivo es la disposición de infraestructuras adecuadas. [5]

1. Destilación

Éste proceso es empleado para producir MDO y flux de asfalto, al comienzo del proceso se destila el aceite usado para remover compuestos volátiles, agua y el destilado final es la separación de los aceites pesados (destilado) de los contaminantes (fondos). El proceso de destilación requiere suministro de materia (NAOH) y energía (electricidad y gas natural). El producto de la destilación es un aceite diesel de alta calidad (bajo en cenizas y contenido de azufre) y un subproducto de flux de asfalto.

El volumen de combustible MDO es una fracción menor del producto total. Por destilación los metales pesados y otros contaminantes del aceite usado salen por el flujo de asfalto. [8]

2. Combustión

Para el aprovechamiento energético de los aceites usados se pueden seguir dos caminos diferentes en función de las instalaciones en las que se va a realizar el mismo. El primer camino está destinado como combustible en instalaciones con alta potencia térmica, altas temperaturas, gran consumo de combustible y alta producción de gases. El mayor ejemplo de esto son los hornos de clinker en las cementeras, estos hornos queman el aceite usado y los contaminantes de éste especialmente los metales quedan incorporados al cemento, aquellas partículas que no lo hacen son retenidas por precipitadores electrostáticos.

El segundo camino es usado en la aplicación de tratamientos físico-químicos más complejos con el fin de fabricar un combustible que pueda tener un espectro de utilización más amplio en instalaciones con menos potencia térmica o en motores de combustión y calderas. Estos tratamientos deben incluir como mínimo la separación de elementos volátiles y de metales pesados, así como agua y sólidos (normalmente esto se hace por destilación o por tratamiento con aditivos floculantes).

El aceite se constituye en uno de los residuos con mayor potencial para ser empleado como combustible por su elevada capacidad calorífica. La transformación del aceite usado a energético, requiere la aplicación de un tratamiento tendiente a adecuar las condiciones del aceite a las características propias del proceso de combustión, consistente básicamente en la aplicación de dos etapas: adecuación del aceite usado mediante procesos de filtración para retirar partículas gruesas y remoción de partículas finas, mediante procesos de sedimentación y centrifugación. Estas etapas involucran la adición de desmenuzantes, para el rompimiento de las emulsiones formadas con el agua. [4, 6]

Los aceites usados contienen concentraciones de metales pesados, sulfuros, fósforo y total de halógenos un poco más altas que las de los petróleos crudos, por la baja calidad como combustible de los aceites usados estos se mezclan con otros combustibles antes de su uso, con esto los niveles específicos de contaminantes se disminuyen a los límites aceptados. Desde el punto de vista global las emisiones netas por unidad de combustible quemado son las mismas sin importar el grado de dilución. [8]

3. Regeneración

La regeneración de aceites usados es la operación mediante la cual se obtienen de los aceites usados un nuevo aceite base comercializable. Casi todos los aceites usados son regenerables aunque en la práctica la dificultad y el costo hacen inviable la regeneración de aceites usados con alto contenido de aceites vegetales, aceites sintéticos, agua y sólidos.

Un proceso de regeneración consta de tres fases:

Pretratamiento: esta fase consiste en eliminar una parte importante de los contaminantes del aceite usado, como son: el agua, los hidrocarburos ligeros, los lodos, las partículas gruesas, etc. Cada proceso emplea un método determinado o incluso una combinación de varios.

Regeneración: en esta fase se eliminan los aditivos, metales pesados y fangos asfálticos. Éste punto es el paso principal de cada método, cada uno de ellos obteniendo al final un aceite libre de contaminantes con una fuerte coloración que lo hace inviable comercialmente, por esto es necesario incluir una última etapa de acabado.

Acabado: Dependiendo del objetivo final del aceite dependerán los métodos usados en esta etapa. Dependiendo del proceso empleado pueden existir o no todas las fases. [3, 8]

3.1. Proceso convencional Ácido-Arcilla

La carga de lubricante usado es sometida a una evaporación de aquellos productos ligeros como agua e hidrocarburos del rango de la gasolina.

Después de éste paso previo la carga se trata con ácido sulfúrico obteniéndose un rendimiento de 85% aproximadamente en relación con el producto tratado. El resto constituye un desecho aceitoso y ácido.

El producto obtenido después del tratamiento ácido es enviado a filtración con arcilla y cal, para mejorar su color y su acidez. En éste proceso de filtración se obtiene un desecho del 3 al 4 por ciento constituido por una mezcla de aceite ácido y arcilla. En la siguiente etapa el aceite se fracciona para separar destilados livianos del tipo gas-oil y así obtener finalmente la base lubricante.

El proceso tiene un rendimiento global de 70% en peso. [5]

3.2. Proceso Meinken

La carga de aceite usado es previamente deshidratada para eliminar el agua existente y otros contaminantes de bajo punto de ebullición. Posteriormente el aceite se pasa a través de una unidad de termocracking, la cual permite reducir los desechos, por el tope de esta unidad se obtiene un destilado que unido al producto de la unidad de vacío, formaran después de la redestilación el "spindle oil". El producto de salida de la unidad de termocracking se bombea a la unidad de tratamiento ácido, en la cual se pone en contacto con el ácido sulfúrico, obteniéndose de esta operación el aceite ácido, resultante del tratamiento y un desecho ácido, el cual representa el 10.5% en peso en relación ala carga. Este aceite ácido se lleva a la unidad de vacío donde se despoja de la fracción de gas oil y finalmente se trata en la unidad de filtración-neutralización, donde se obtiene un básico de alta calidad.

El rendimiento de la planta es del 70% en peso con relación a la carga sin contar un 12% de gas oil obtenido como producto secundario, el cual se utiliza como combustible. Este proceso es el más difundido mundialmente por su versatilidad y eficiencia. [5]

3.3. Proceso selecto propano ácido-arcilla

Es una modificación del proceso ácido-arcilla convencional. En éste proceso, se incluyen nuevas unidades con el objeto de disminuir el consumo de ácido sulfúrico y por consiguiente la producción de desechos.

El rendimiento del proceso en relación con la carga es 79.5% en peso y un 6% de gas oil, y el volumen de residuos se limita a un 5%. [5]

3.4. Proceso selecto propano-hidroterminado

Este proceso tiene como fin producir bases de alta calidad, sin dejar desechos como el proceso selecto propano ácido-arcilla. La carga de aceite usado, alimenta a la unidad de pretratamiento, para eliminar agua e hidrocarburos livianos, esta carga pretratada, se bombea a la unidad de selecto propano, en la cual se preparaba los destilados con propiedades lubricantes y un residuo de hidrocarburos pesados, que pueden usarse como combustible.

Los destilados obtenidos se bombean a la unidad de hidrotratamiento, en donde son hidrogenados. Las bases hidrogenadas se destilan en tres cortes, los cuales se filtran y almacenan. Las bases obtenidas del tipo "spindle oil", neutral y bright-stock representan un 83.2% en peso con relación a la carga, se obtiene además un 6% de gas oil, 1.5% de gas combustible y un 5% de combustible pesado. [5]

3.5. Proceso K.T.I.

Éste proceso no deja productos de desecho y consiste en las siguientes etapas:

Pretratamiento y destilación al vacío: el aceite usado es deshidratado y son eliminados parte de los hidrocarburos livianos, subsiguientemente el aceite se envía a una torre de destilación al vacío, donde se extraen los livianos remanentes por la cabeza y contaminantes diversos por el fondo. Esto último es considerado de suma importancia para minimizar el consumo de hidrógeno en el hidrotratamiento posterior del aceite, la destilación al vacío produce bases lubricantes en el rango deseado para su posterior tratamiento.

Un diseño especial de la torre permite la obtención de altos rendimientos de destilado, con mínimo de arrastre de compuestos asfálticos en los cortes, con el objeto de evitar el envenenamiento prematuro y excesiva deposición de coque en el catalizador de hidrogenación. Los productos livianos separados pueden ser usados como combustibles. El fondo contiene metales, productos

de polimerización y materiales asfálticos, que se pueden mezclar con residuos de refinería para la manufactura de asfalto para pavimento.

Hidroterminado: estabiliza el color y olor en los aceites, produce bases lubricantes con las especificaciones deseadas. [5]

3.6. Proceso Berk

Éste proceso incorpora un primer paso de deshidratación para eliminar agua e hidrocarburos livianos, seguido por una precipitación de lodos que se consigue con el uso del solvente 2-propanol-metilcetona-1-butanol con una relación de aceite de 3:1. Éste paso provee una recuperación promedio de la base 95% en peso con una reducción de cenizas del 75%. Posteriormente el aceite extraído con solvente se pone en contacto con arcilla para mejorar el color y el olor.

Finalmente se realiza el hidrotratamiento que es el paso más complejo y más costoso con la ventaja de generar un mínimo de subproductos. [5]

3.7. Proceso PROP

El aceite usado se pone en contacto con una solución de fosfato diamónico, los metales (excepto el zinc ditiofosfato) reaccionan con el fosfato para producir fosfatos insolubles en agua y en aceite.

El aceite sale de éste proceso convertido en una emulsión que contiene aproximadamente el 1% de los sólidos, esta emulsión se trata mediante un tratamiento térmico que produce la degradación de una cantidad apreciable de éste compuesto de fósforo y a la vez produce la aglomeración de los sólidos dispersos, los cuales se separan posteriormente por filtración.

El aceite desmetalizado y deshidratado se mezcla con hidrógeno en caliente utilizando níquel-molibdeno, éste tratamiento remueve compuestos de azufre, nitrógeno y cloro.

El aceite se hace circular a través de un lecho de arcilla, la arcilla tiene como fin la descomposición de los ácidos sulfónicos y mejorar el color y el olor del aceite obtenido.

Finalmente se lleva a cabo un proceso de limpieza para remover la fracción de combustibles restantes, esta operación permite controlar el punto de encendido del aceite purificado.

Esta es una de las tecnologías usadas en la regeneración de lubricantes que no produce contaminación (ya que no usa ácidos o solventes en el tratamiento), no requiere destilación al vacío, no cambia la estructura de los hidrocarburos que constituyen el aceite y los contaminantes se retiran de forma tal que no contaminan el ambiente. [5]

3.8. Extracción por solvente

Esta técnica es uno de los procesos más económicos y más eficientes en la recuperación de aceites usados. Éste proceso reemplaza el proceso de ácido-arcilla produciendo un lodo orgánico útil en lugar de un lodo tóxico. El proceso consiste en mezclar el aceite usado y el solvente en proporciones adecuadas para asegurar una completa miscibilidad de la base lubricante en el solvente. El solvente debe retener los aditivos y las impurezas orgánicas que normalmente se encuentran en los aceites usados, estas impurezas floculan y sedimentan por acción de la gravedad. Al final se recupera el solvente por destilación para propósitos de reciclaje.

Éste proceso es capaz de remover entre 10-14% del aceite usado como contaminante, lo cual corresponde a la cantidad de aditivos e impurezas que normalmente se encuentran en el aceite usado. La etapa más crítica en el diseño de éste proceso es desarrollar el tipo apropiado de solvente, los parámetros de extracción y la relación de solvente: aceite. El sistema debe tener la capacidad de separar el máximo posible de lodos del aceite usado y al mismo tiempo perder la mínima cantidad de base lubricante en los lodos.

El aceite usado se guarda en un tanque con fondo cónico para permitir la sedimentación de partículas grandes, se deja en el tanque por 3 días para

homogenizarlo. Una mezcla de aceite usado y solvente (se recomienda usar: 2-propanol, MEK o 1-butanol) se agita a 275rpm durante 15 minutos, estas condiciones aseguran un mezclado adecuado. La mezcla se deja sedimentar por 24 horas, después de esto se lavan los lodos usando 2-propanol y n-hexano, éste proceso de lavado remueve un 95% del aceite intersticial presente en los lodos. Siguiendo el proceso de lavado los lodos se llevan al horno por 5 minutos a 100° C para evaporar el exceso de solventes. Las pérdidas del aceite se calculan como el peso de los lodos húmedos antes de lavarlos menos el peso de los lodos secos sobre el peso del aceite adicionado en la mezcla.

4. Destrucción térmica

Esta solución se usa cuando no es posible ni la regeneración, ni la combustión de los aceites usados, debido a la presencia de contaminantes tóxicos en el aceite usado. La estabilidad de estos compuestos y la dificultad de su eliminación hacen inviable otros procedimientos. La presencia de PCBs en el aceite en concentraciones superiores a 50ppm se debe eliminar por éste método. [4, 8]

5. Opciones en Colombia

En Colombia se generan mensualmente 2.9 millones de galones de aceites usados al mes, 450 mil de ellos proceden del Valle de Aburrá. En la estación de transferencia de Corpaúl se pueden recolectar 176 mil galones mensuales. La recolección de aceites usados en la planta se hace con cuatro camiones para recolección con tambores de 55 galones y un carro tanque para la recolección a granel. [10]

La opción más adecuada para el país, por la factibilidad del montaje y los costos, es la combustión de los aceites usados. En éste proceso luego de realizada la operación de separación, se origina un desecho o lodo con alto contenido de metales pesados, el cual debe ser dispuesto de forma tal que asegure de cualquier manera que estos metales no serán absorbidos por los seres vivos, existen 4 opciones posibles para tratar estos lodos: incineración,

encapsulamiento en clinker, vitrificación o ceramizado y relleno en las vías durante la elaboración de capa asfáltica.

Una vez el residuo es transformado, puede producir distintos combustibles industriales al mezclarse con los energéticos tradicionales y comúnmente empleados en la industria en general como son el ACPM y el fueloil, cumpliendo igualmente con las especificaciones establecidas por la ASTM 396.

La cantidad máxima de aceite usado tratado que puede ser mezclado con otros combustibles pesados, se encuentra limitada por algunas especificaciones determinantes, como el contenido de cenizas (generalmente 0.1 % máx.) y principalmente por los rangos de viscosidad, que varían de acuerdo con los diferentes equipos a los cuales se destinen estos combustibles. [6]

Anexo 29: Biofactor. Re-refinación de aceites usados. 2016.

El anexo muestra el proceso de re-refinación que realiza Biofactor como gestor Ambiental. También se explican los antecedentes relacionados al aceite usado, las ventajas que trae el proceso de re-refinación del mismo y las diferencias entre el aceite virgen, refinado y reciclado.

Re-refinación

BIOFACTOR restaura la composición química del aceite usado que se puede utilizar para producir nuevos productos lubricantes una y otra vez.

La Re-refinación es un método de manejo del aceite usado que utiliza eficientemente la energía y beneficioso para el medio ambiente. En lugar de quemar el aceite usado, que libera emisiones nocivas a la atmósfera, la re-refinación conserva el aceite base.

Antecedentes

- El aceite usado esta no solo considerado como un desecho peligroso por el Convenio de Basilea, sino como el mayor contaminante de los países en vías de desarrollo, debido a sus grandes cantidades generadas.
- El Ecuador consume 25 Millones de galones de aceites lubricantes al año. De estos alrededor del 10-15% se consumen en su uso y el 85-90% se convierte en desecho.
- Si 1 Lt. de aceite usado puede contaminar hasta 20,000 lts. de agua el riesgo que presenta el aceite usado a las fuentes de agua dulce y al mar es muy alto.
- Biofactor de crea en el año 2004 para contribuir en la recolección y correcta disposición final de los aceites usados.

Proceso



Beneficios

- La manera más recomendada de disposición de aceite usado, estamos disponiendo de 4.8 millones anuales de aceites usados que ya no contaminan el medio ambiente.
- Se puede ahorrar divisa: 4.8 millones de galones a 4 USD/galón ahorra 19.2 Millones USD anuales
- Se obtiene aceite que cumple con las expectativas de fabricantes, los aceites lubricantes no se descomponen y se puede hacer un ciclo de muchos reciclajes dando mejor uso a este recurso.
- Eleva la conciencia ambiental del usuario e incentiva a reciclar.
- Empresa nacional: trabajo, tecnología, responsabilidad.

Diferencias entre Aceite Virgen, Aceite Reciclado y Aceite Re-Refinado

Seguramente, si alguna vez oíste hablar de aceite refinado o reciclado, de inmediato dejaste de considerar la posibilidad de utilizarlo, porque no tienes ningún interés en compra de aceite que ha sido usado anteriormente. De ser así, no serías el único. Tanto como para los coches usados como para los lubricantes usados, estamos programados para creer que nada será tan bueno como lo era cuando era nuevo, por lo que la mayoría de la gente ve las palabras reformadas, recicladas o re-refinadas y asume que esos productos han visto mejores días (y que todas esas palabras son intercambiables). Sin embargo, no es necesariamente el caso de los lubricantes. El aceite Re-refinado es realmente tan bueno en calidad o mejor que el aceite virgen, y el aceite reciclado es una categoría completamente diferente y tiene otro propósito.

Aceite Virgen

El aceite virgen (base lubricante virgen) es el tipo más común de aceite utilizado en la fabricación de productos de lubricación, y establece el estándar para la calidad del aceite (si la base lubricante es de alta calidad, los productos fabricados con esta también lo son). El aceite virgen es aceite crudo que ha pasado con el proceso de refinación del petróleo, y que no se ha utilizado todavía. Una vez que se lo utiliza como lubricante en máquinas ó motores de combustión, es degradado a aceite lubricante usado.

Aceite Reciclado

Reciclar el aceite, consiste en tomar aceite usado y procesarlo a través de un sistema de filtración para eliminar las impurezas insolubles. Este proceso no elimina contaminantes químicos, pero sí elimina los físicos y sólidos, por lo que lo convierte en un producto adecuado para ser quemado como combustible en algunos hornos de muy alta temperatura (como los de las cementeras) o para ser reutilizado en sistemas no críticos como máquinas simples como las moto sierras.

El aceite reacondicionado es una subcategoría de aceite reciclado, donde el aceite reciclado se mezcla con aditivos para ayudar a prolongar su vida útil. El aceite reacondicionado es recomendado su uso una sola vez, y no conveniente en automóviles.

Para una planta con muchos sistemas de hidráulicos, puede usar un sistema de filtración para filtrar los contaminantes de sus aceites hidráulicos, recargar los fluidos y volverlos a usar en sus sistemas hidráulicos no críticos para ahorrar dinero. Sin embargo, sólo se recomienda reciclar en el sitio si usted tiene los conocimientos y el equipo para hacerlo correctamente, ya que necesitará el análisis de calidad adecuado para validar que su aceite todavía está en especificaciones para el uso de sus máquinas. Si usted no tiene las herramientas o el conocimiento para realizar un análisis apropiado de su aceite, su proveedor de lubricantes debe poder ayudarle.

Aceites Re-refinados

Mientras que el aceite reciclado es aceite que se ha filtrado para eliminar las impurezas solubles, el aceite re-refinado va mucho más lejos y elimina tanto las impurezas solubles como insolubles. Posterior a una etapa de filtración de los aceites usados, los aditivos degradados se quitan químicamente por extracción por solventes, ó por destilación al vacío. A partir de aquí, el aceite es procesado en un sistema de destilación y fraccionamiento al vacío, igual al utilizado para producir aceite virgen, donde se eliminan las moléculas de agua, otros contaminantes como combustibles livianos presentes en el aceite usado. El aceite re-refinado obtenido es certificado por el API con las mismas exigencias del aceite base virgen, cumpliéndolas en su totalidad.

Debido a que el aceite refinado ha pasado por el mismo proceso de refinación que el aceite virgen, es tan bueno en calidad como el aceite virgen (y muchas veces mejor). Además, el aceite re-refinado es más respetuoso con el medio ambiente que el aceite virgen. La re-refinación de aceites usados utiliza 3 veces menos energía de la que se necesita para refinar el crudo en aceite virgen. Algunos aceites, como los aceites de motor, pueden re-refinarse muchas veces para obtener el máximo ahorro.

Sabiendo que los aceites refinados sólo se permiten en el mercado si cumplen los mismos estándares API que los aceites vírgenes, no hay razón para dudar de su calidad, y al utilizarlo estará tomando una decisión "verde" que beneficie al medio ambiente.

ANEXOS MATERIALES Y MÉTODOS

Anexo 30: AHMSA. Propiedades de los aceros estructurales bajo la norma ASTM. 2019.

La tabla muestra los diferentes tipos de aceros estructurales que están disponibles para la selección según su aplicación. Para la estructura de la máquina recicladora se utilizó acero A36.

Las normas aprobadas por la ASTM para placas y perfiles laminados en caliente son A36, A529, A572, A242, A588, A709, A514, A852, A913 y A992. La norma A709 es especial, en ella se definen aceros convenientes para la construcción de puentes.

ASTM A36. Esta norma es aplicable a una gran variedad de perfiles estructurales laminados en caliente y a placas de la misma calidad que aún están disponibles en el mercado mexicano. Tiene un esfuerzo de fluencia de $2\,530\text{ kg/cm}^2$ (250 MPa , 36 ksi) y un esfuerzo mínimo de ruptura en tensión de $4\,080\text{ kg/cm}^2$ a $5\,620\text{ kg/cm}^2$ (400 a 550 MPa , 58 a 80 ksi), y su soldabilidad es adecuada. Se desarrolló desde hace muchos años en Estados Unidos para la fabricación de estructuras remachadas, atornilladas y soldadas, mejorando el contenido de carbono de los aceros disponibles en aquella época, como el ASTM A7. Con la innovación de este tipo de acero, las conexiones soldadas empezaron a desplazar a las remachadas que pronto desaparecieron.

ASTM A529. El ASTM A529 se usa con mucha frecuencia en la construcción de edificios de acero, también es un grado de acero común en barras y perfiles (ángulos, canales de calidad estructural). El acero A529 básico incluye grado 50 para perfiles de los grupos 1 y 2 de la ASTM; placas hasta de una pulgada de grueso y 12 pulgadas de ancho ($25\times 300\text{ mm}$) y barras hasta de $2\,1/2\text{ in}$ (64 mm) de grueso. Los esfuerzos F_y y F_u mínimos son 42 y $60\text{--}85\text{ ksi}$ ($2\,950$ y $4\,220$ a $5\,975\text{ kg/cm}^2$).

ASTM A572. Este acero está disponible en varios grados dependiendo del tamaño del perfil y grueso de la placa. El grado 50, con $F_y = 345\text{ MPa}$ o 50 ksi ($3\,515\text{ kg/cm}^2$) y $F_u = 450\text{ MPa}$ o 65 ksi ($4\,570\text{ kg/cm}^2$) está disponible en todos los tamaños y espesores de placa hasta 100 mm (4 in). Este es el grado de acero estructural más utilizado actualmente en el mercado estadounidense, aunque está siendo sustituido rápidamente por el acero A992 en perfiles tipo W.

ASTM A992. El A992 es la adición más reciente (1998) de la lista de aceros estructurales en Estados Unidos. Se produjo para usarse en construcción de edificios, y está disponible solamente en perfiles tipo W. Para propósitos prácticos se trata de un acero A572 grado 50 con requisitos adicionales. Específicamente, además de un esfuerzo de fluencia mínimo especificado de 345 MPa o 50 ksi ($3\,515\text{ kg/cm}^2$), el A992 también proporciona un límite superior de F_y de 65 ksi ($4\,570\text{ kg/cm}^2$). La relación F_y/F_u no es mayor de 0.85 y el carbono equivalente no excede de 0.50 . Ofrece características excelentes de soldabilidad y ductilidad.

En la fabricación de estructuras metálicas fabricadas con aceros de alta resistencia ASTM A529, 572 y 992 se recomienda utilizar electrodos E 7018 (Resistencia mínima a la ruptura en tensión del metal de soldadura, $F_{EXX} = 70\text{ ksi} = 4\,920\text{ kg/cm}^2$, el 1 corresponde a electrodos adecuados para cualquier posición: plana, horizontal, vertical o sobrecabeza y el número 8 se refiere a las características de la corriente que debe emplearse y a la naturaleza del recubrimiento). El recubrimiento de este electrodo se caracteriza por tener un bajo contenido de hidrógeno y alto porcentaje de polvo de hierro.

Grados de acero para secciones estructurales huecas (Hollow Structural Section)

Las normas de acero estructural aprobadas por la ASTM para secciones estructurales huecas (HSS) son ASTM A500, A501, A618, A847 y la A53.

Tabla 5. Propiedades de aceros estructurales

Material ASTM núm y productos	Resistencia última, Su		Resistencia a la cedencia, Sy		Porcentaje de alargamiento en 2 plg
	ksi	Mpa	ksi	Mpa	
A36 - Perfiles, placas y barras de acero al carbón	58	400	36	248	21
A242 - Perfiles, placas y barras de baja aleación y alta resistencia					
≤ 3/4 plg espesor	70	483	50	345	21
3/4 a 1 1/2 plg de espesor	67	462	46	317	21
1 1/2 a 4 plg de espesor	63	434	42	290	21
A500 - Tubería estructural formada en frío					
Redonda, grado A	45	310	33	228	25
Redonda, grado B	58	400	42	290	23
Redonda, grado C	62	427	46	317	21
Perfilada, grado A	45	310	39	269	25
Perfilada, grado B	58	400	46	317	23
Perfilada, grado C	62	427	50	345	21
A501 - Tubería estructural formada en caliente, redonda o perfilada	58	400	36	248	23
A514 - Placa de acero aleado templado y enfriado de alta resistencia a la cedencia					
≤ 2 1/2 plg de espesor	110	758	100	690	18
2 1/2 a 6 plg de espesor	100	690	90	620	60
A572 - Perfiles, placas y barras de acero de baja aleación de columbio-vanadio de alta resistencia					
Grado 42	60	414	42	290	24
Grado 50	65	448	50	345	21
Grado 60	75	517	60	414	18
Grado 65	80	552	65	448	17

*Valores mínimos; pueden ser más elevados.

El American Institute of Steel Construction especifica $E = 29 \times 10^6 \text{ lb/plg}^2$ (200 GPa) para acero estructural.

Anexo 31: SurveyMonkey. Expresión matemática utilizada para obtención de la muestra. 2020.

Fórmula utilizada en la herramienta de SurveyMonkey para realizar la selección de la muestra.

$$Muestra = \frac{\frac{(z^2)(p)(1-p)}{e^2}}{1 + \left[\frac{(z^2)(p)(1-p)}{(e^2)(N)} \right]}$$

Anexo 32: SurveyMonkey. Niveles de confianza para selección de la muestra. 2020.

El anexo muestra los valores asignados para el valor Z, el cual debe reemplazarse en la formula indicada anteriormente según el nivel de confianza que se requiera.

Tabla 6. Valor de puntuación Z para selección de la muestra

Nivel de confianza deseado	Puntuación Z
80%	1.28
85%	1.44
90%	1.65
95%	1.96
99%	2.58

(SurveyMonkey, 2020)

Anexo 33: Vásquez. M. Diseño de componentes para el banco de reciclaje propuesto. 2020.

El anexo evidencia el diseño propuesto de la máquina recicladora, el cual ha sido realizado mediante el software Autodesk Inventor.

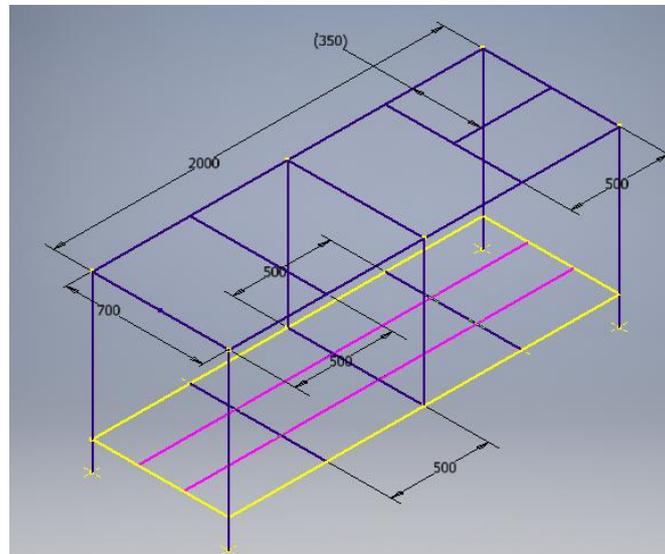


Ilustración 8. Esqueleto del banco
Fuente: (Vásquez, 2020)

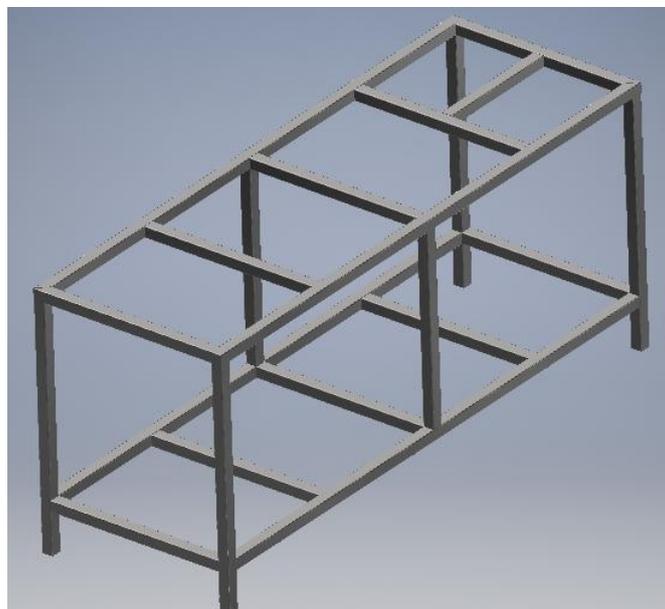


Ilustración 9. Ensamble de tubería cuadrada
Fuente: (Vásquez, 2020)

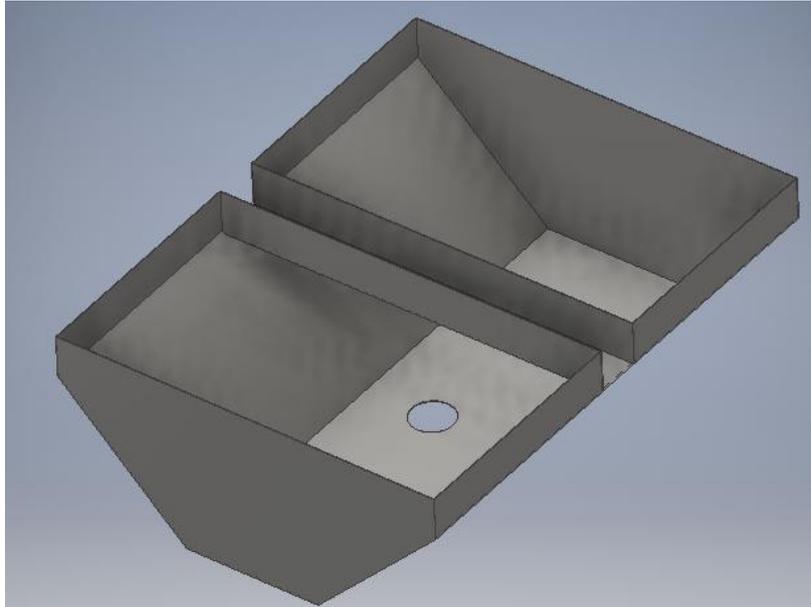


Ilustración 10. Lavabo del sistema de separación
Fuente: (Vásquez, 2020)

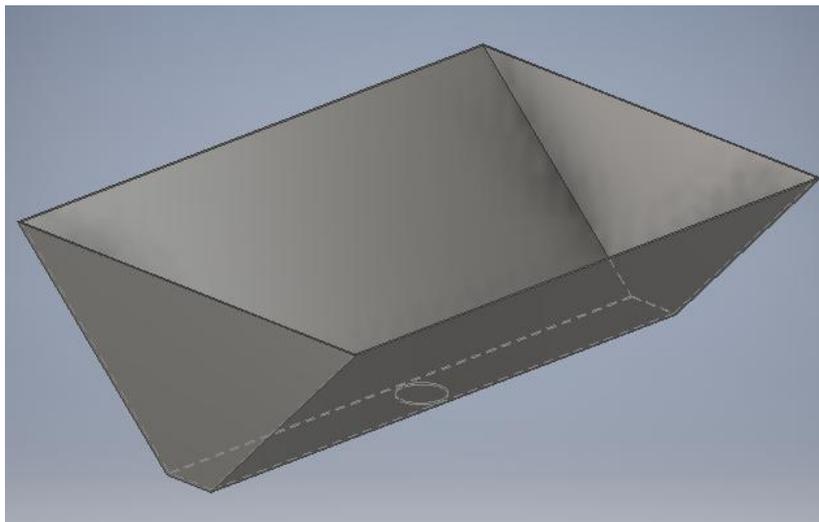


Ilustración 11. Diseño de lavabo para los sistemas de compactación y limpieza
Fuente: (Vásquez, 2020)

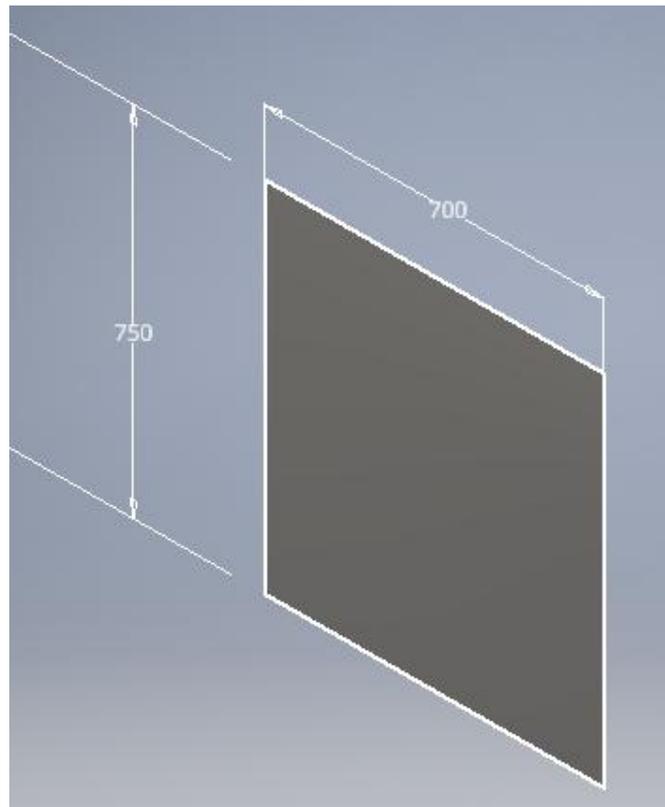


Ilustración 12. Perfil lateral de la máquina
Fuente: (Vásquez, 2020)

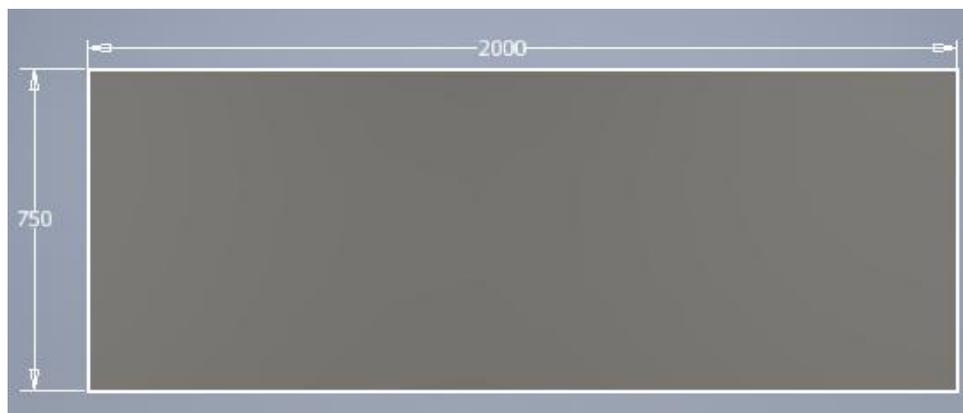


Ilustración 13. Perfil posterior de la máquina
Fuente: (Vásquez, 2020)

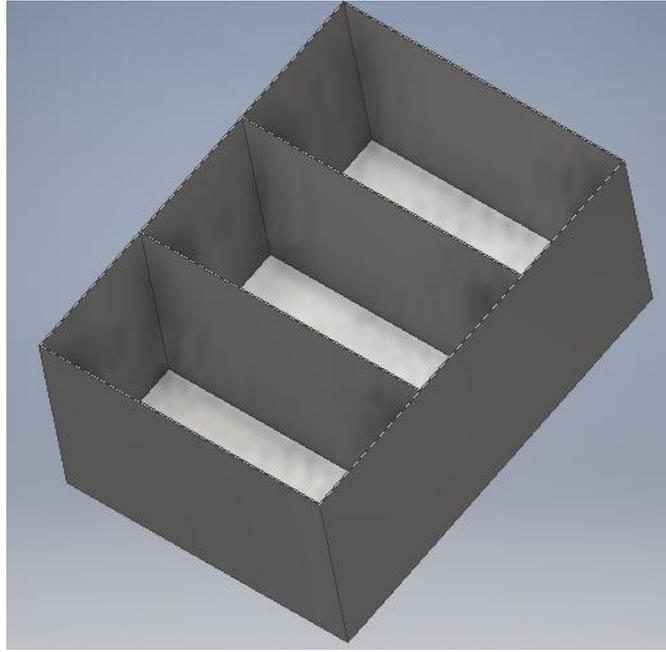


Ilustración 14. Depósitos de material reciclado
Fuente: (Vásquez, 2020)

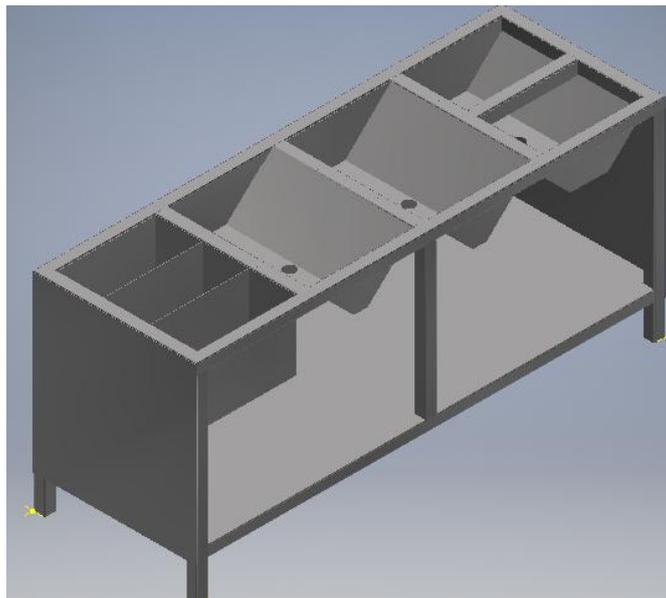


Ilustración 15. Ensamble de componentes en el banco
Fuente: (Vásquez, 2020)

Anexo 34: Criterios de diseño para esfuerzos normales directos

El anexo presenta una tabla en la cual se determinan los criterios de diseño para esfuerzos normales directos según su forma de carga y el tipo de material utilizado.

Tabla 7. Criterios para esfuerzo de diseño; esfuerzos normales directos

Forma de carga	Material dúctil	Material quebradizo
Estática	$\sigma_d = s_y/2$	$\sigma_d = s_u/6$
Repetida	$\sigma_d = s_y/8$	$\sigma_d = s_u/10$
De impacto o choque	$\sigma_d = s_y/12$	$\sigma_d = s_u/15$

Fuente: (Mott, 2009).

Anexo 35: Mott. R. Resistencia de Materiales.

El anexo muestra un fragmento del libro "Resistencia de Materiales" publicado por Robert Mott. En el texto se distinguen las consideraciones que hay que tomar en cuenta al momento de elaborar algún tipo de diseño. Es importante comprender cuáles son los esfuerzos a los cuales se va a someter el diseño, para de esta manera determinar el factor de seguridad adecuado en base al material con el cual se trabajará.

3-2 DISEÑO DE MIEMBROS SOMETIDOS A TENSIÓN O COMPRESIÓN DIRECTA

En el capítulo 1 se desarrolló la fórmula de esfuerzo directo y se estableció como sigue:

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (3-1)$$

donde

σ = esfuerzo normal directo: tensión o compresión
 F = carga axial directa
 A = área de sección transversal del miembro sometido a F

Para que la ecuación (3-1) sea válida, es necesario satisfacer las siguientes condiciones:

1. El miembro cargado debe ser recto.
2. La sección transversal del miembro cargado debe ser uniforme a todo lo largo del tramo considerado.
3. El material del cual está hecho el miembro debe ser homogéneo.
4. La carga debe aplicarse a lo largo del eje centroidal del miembro de modo que no haya tendencia a flexionarlo.
5. Los miembros sujetos a compresión deben ser cortos para que no haya tendencia a pandearse (consulte en el capítulo 11 el análisis especial requerido para miembros largos y esbeltos sometidos a esfuerzo de compresión, y por el método para decidir cuando un miembro debe ser considerado largo o corto).

Es importante reconocer que el concepto de esfuerzo se refiere a la resistencia interna opuesta por un *área unitaria*, es decir, un área infinitamente pequeña. Se considera que el esfuerzo actúa en un punto y que, en general, puede variar de un punto a otro en un cuerpo particular. La ecuación (3-1) indica que para un miembro sometido a tensión o compresión axial directa, el esfuerzo es uniforme a través de toda el área si se cumplen las cinco condiciones. En muchas aplicaciones prácticas las variaciones menores que pudieran ocurrir en los niveles de esfuerzo local son tomadas en cuenta mediante una cuidadosa selección del esfuerzo permisible, como se verá más adelante.

3-3 ESFUERZOS NORMALES DE DISEÑO

Un miembro, sometido a carga, falla cuando se rompe o deforma en exceso, lo que lo hace inaceptable para el propósito pretendido. Por ello es esencial que el nivel del esfuerzo aplicado nunca exceda la resistencia máxima a la tensión o la resistencia a la cedencia del material. Más adelante en este capítulo se considera la deformación excesiva sin cedencia.

El esfuerzo de diseño es ese nivel de esfuerzo que puede desarrollarse en un material al mismo tiempo que se garantiza que el miembro cargado es seguro.

Para calcular el diseño de esfuerzo, dos factores deben ser especificados: el *factor de diseño* N y la *propiedad del material en el que se basará el diseño*. En general, para metales, el esfuerzo de diseño está basado en la resistencia a la cedencia s_y o la resistencia máxima s_u del material.

El factor de diseño N es un número entre el cual se divide la resistencia reportada de un material para obtener el esfuerzo de diseño σ_d .

Se utilizan varios símbolos en diferentes campos para las propiedades de resistencia de materiales. En este libro se utilizan los siguientes:

s_y = Resistencia a la cedencia de un material
 s_u = Resistencia máxima a la tensión de un material o simplemente resistencia a la tensión

El término *resistencia a la cedencia* se utilizará haciendo caso omiso de si el valor se obtuvo observando el punto de cedencia o utilizando la técnica desviación descrita en el capítulo 2.

Puede que otras referencias utilicen los símbolos σ_y y σ_u para estos valores. En el campo de construcción de edificios, en particular para estructuras de acero de edificios y miembros regidos por el Instituto Americano para la Construcción en Acero (AISC, American Institute of Steel Construction), se utilizan los símbolos F_y y F_u .

Se utilizan las siguientes ecuaciones para calcular el esfuerzo de diseño para un cierto valor de N :

 Esfuerzo de diseño

$$\sigma_d = \frac{s_y}{N} \quad \text{basado en resistencia a la cedencia} \quad (3-2)$$

$$\sigma_d = \frac{s_u}{N} \quad \text{basado en resistencia máxima} \quad (3-3)$$

El diseñador normalmente determina el valor del factor de diseño, basado en criterio y experiencia. En algunos casos, los códigos, estándares o la política de compañía pueden especificar los factores de diseño que han de ser utilizados. Cuando el diseñador tiene que determinar el factor de diseño, su criterio debe basarse en su conocimiento de cómo las piezas pueden fallar y de los factores que afectan el factor de diseño. Las secciones 3-4, 3-5 y 3-6 dan información adicional sobre el factor de diseño y la opción de métodos de calcular esfuerzos de diseño.

Otras referencias pueden utilizar el término *factor de seguridad* en lugar de *factor de diseño*; además, se puede utilizar *esfuerzo permisible* o *esfuerzo de trabajo* en lugar de *esfuerzo de diseño*. La selección de los términos utilizados en este libro recalca el rol del diseñador al especificar el esfuerzo de diseño.

Teóricamente, un material podría ser sometido a un esfuerzo hasta s_y antes de que ceda. Esta condición corresponde a un valor del factor de diseño de $N = 1$ en la ecuación (3-2). Asimismo, con un factor de diseño de $N = 1$ en la ecuación (3-3), el material estaría al borde de la fractura máxima. Por lo tanto, $N = 1$ es el valor más bajo que podemos considerar.

En este libro utilizamos el concepto de esfuerzos de diseño y factores de diseño en oposición al margen de seguridad.

3-4 FACTOR DE DISEÑO

Muchos aspectos del problema de diseño intervienen en la especificación del factor de diseño. En algunos casos no se conocen las condiciones precisas de servicio, por lo que el diseñador entonces debe hacer estimaciones conservadoras de las condiciones, es decir, estimaciones que harían que el diseño resultante estuviera del lado seguro al considerar todas las variaciones posibles. La selección final de un factor de diseño depende de las 12 siguientes condiciones:

Códigos y estándares. Si el miembro que se está diseñando queda dentro de la jurisdicción de un código o estándar existente, obviamente el factor de diseño o esfuerzo de diseño debe ser seleccionado para satisfacer el código o estándar. Ejemplos de cuerpos que establecen estándares son:

Instituto Americano para la Construcción en Acero (AISC): edificios, puentes y estructuras similares que utilizan acero

Asociación del Aluminio (AA, Aluminum Association): edificios, puentes y estructuras similares que utilizan aluminio

Asociación Americana de Ingenieros Mecánicos (ASME, American Society of Mechanical Engineers): calderas, recipientes a presión, sistemas de ejes de transmisión y muchos otros componentes mecánicos.

Códigos de construcción estatales: edificios, puentes y estructuras similares que afectan la seguridad pública.

Departamento de Defensa de Estados Unidos—Estándares Militares: estructuras de vehículos aeroespaciales y otros productos militares.

Instituto Nacional Americano de Estándares (ANSI, American National Standards Institute): una amplia variedad de productos

Asociación Americana de Fabricantes de Engranajes (AGMA, American Gear Manufacturers Association): engranes y sistemas de engranes.

Es responsabilidad del diseñador determinar cuáles, si los hay, estándares o códigos se aplican al miembro que se está diseñando y garantizar que el diseño satisfaga dichos estándares.

Resistencia del material como base. La mayoría de los diseños que utilizan metales están basados en la resistencia a la cedencia, en la resistencia máxima o en ambas, como previamente se estableció. Esto es porque la mayoría de las teorías de falla de un metal manifiestan una fuerte relación entre el esfuerzo a la falla y estas propiedades de material. Además, estas propiedades casi siempre se reportan para materiales utilizados en diseño de ingeniería. El valor del factor de diseño será diferente dependiendo de qué resistencia de material se utilice como base para el diseño, como se demostrará más adelante.

Tipo de material. Una consideración primordial con respecto al tipo de material es su ductilidad. Los modos de falla de materiales frágiles son bastante diferentes de aquellos de materiales dúctiles. Como los materiales frágiles, tal como el hierro gris, no exhiben cedencia, los diseños siempre se basan en la resistencia máxima. En general se considera que un metal es frágil si su porcentaje de alargamiento en una longitud de calibración de 2 in es de menos de 5%. Con excepción de las aleaciones altamente endurecidas, prácticamente todos los aceros son dúctiles. Con excepción de las fundiciones, el aluminio es dúctil. Otros factores de material que puedan afectar la resistencia de una pieza son su uniformidad y la confianza en las propiedades estipuladas.

Forma de la carga. Es posible identificar tres tipos principales de carga. Una *carga estática* es la que se aplica a una parte de manera lenta y gradual, y permanece aplicada, o por lo menos se aplica y retira sólo infrecuentemente durante la vida de diseño de la parte. Las *cargas repetidas* son aquellas que se aplican y retiran varios miles de veces durante la vida de diseño de la parte. Las fluctuaciones significativas de la carga sin que se descargue completamente la parte también se consideran cargas repetidas. Con cargas repetidas, una parte falla por el mecanismo de fatiga a un nivel de esfuerzo mucho más bajo que el que provocaría una falla con cargas estáticas. Las partes sujetas a *impacto* o *choque* requieren el uso de un gran factor de diseño por dos razones. Primero, una carga repentinamente aplicada provoca esfuerzos en la parte que son varias veces más altos que aquellos que se calcularían por medio de fórmulas estándar. Segundo, bajo una carga de impacto en general se requiere que el material absorba energía del cuerpo que produce el impacto. La certeza con la que el diseñador conozca la magnitud de las cargas esperadas también debe ser considerada cuando se especifique el factor de diseño.

Posible abuso de la parte. En la mayoría de los casos el diseñador controla las condiciones de uso reales del producto que diseña. Legalmente, es responsabilidad del diseñador considerar cualquier uso o *abuso* previsibles del producto y garantizar su seguridad. Además se debe considerar la posibilidad de una sobrecarga accidental en cualquier parte de un producto.

Complejidad del análisis de esfuerzo. A medida que la manera de carga, o la geometría de una estructura o una parte se vuelven más complejas, el diseñador es menos capaz de realizar un análisis preciso de la condición de esfuerzo. Por lo tanto, la confianza que se tenga en los resultados de los cálculos del análisis de esfuerzo afecta la selección de un factor de diseño.

Ambiente. Los materiales se comportan de forma diferente en diferentes condiciones ambientales. Es necesario considerar los efectos de la temperatura, humedad, radiación, clima, luz solar y atmósferas corrosivas en el material durante la vida de diseño de la parte.

TABLA 3-1 Efecto del tamaño en el acero AISI 4140 OQT 1100.

Tamaño de la probeta		Resistencia a la tensión		Resistencia a la cedencia		Porcentaje de alargamiento
in	mm	ksi	Mpa	ksi	Mpa	% en 2 in
0.50	12.7	158	1089	149	1027	18
1.00	25.4	140	965	135	931	20
2.00	50.8	128	883	103	710	22
4.00	101.6	117	807	87	600	22

Efecto del tamaño, en ocasiones llamado efecto de masa. Los metales presentan diferentes resistencias conforme el área de la sección transversal de una parte varía. La mayoría de los datos de propiedad de material se obtuvieron por medio de probetas estándar de aproximadamente 0.50 in (12.7 mm) de diámetro. Las partes con secciones más grandes en general tienen resistencias más bajas; las partes de tamaño menor, por ejemplo el alambre estirado, tienen resistencias significativamente más altas. En la tabla 3-1 se muestra un ejemplo del efecto del tamaño.

Control de calidad. Mientras más cuidadoso y completo sea un programa de control de calidad, un diseñador conocerá mejor cómo aparecerá en realidad el producto en servicio. Con un control de calidad deficiente, se deberá utilizar un factor de diseño más grande.

Riesgo presentado por una falla. El diseñador debe considerar las consecuencias de la falla de una parte particular. ¿Ocurriría un colapso catastrófico? ¿Se pondría en peligro a las personas? ¿Sufriría daños otro equipo? Tales consideraciones pueden justificar el uso de un factor de diseño más alto que el normal.

Costo. Generalmente es necesario hacer sacrificios de diseño en favor de la limitación de costos a un nivel razonable en condiciones de mercado. Por supuesto, en los casos en que se pone en riesgo la vida o propiedad no debe hacerse sacrificios que pudieran afectar seriamente la seguridad final del producto o estructura.

Segmento del mercado donde se va a utilizar la parte. Normalmente usted estará enterado del uso que se le va a dar a la parte que está diseñando y esto afecta su decisión sobre el factor de diseño apropiado. El uso de un factor de diseño bajo requiere que se conozcan bien las cargas, las propiedades de material y las consideraciones de diseño. La falta de confianza en cualquiera de estos parámetros debe inclinarlo a especificar un factor de diseño mayor. La adquisición de esa confianza puede requerir una cantidad significativa de investigación adicional, análisis de esfuerzo, control de calidad y pruebas, y todo eso es costoso. La industria aeroespacial en general invierte en la investigación y análisis necesarios para justificar un factor de diseño bajo, de modo que la parte resultante sea tan pequeña y liviana como sea práctico. A la inversa, los diseñadores de equipo de fabricación y de algún equipo agrícola y de construcción para trabajo pesado, en ocasiones utilizan factores de diseño más altos debido a la incapacidad de hallar datos precisos sobre las condiciones de uso.

3-5 MÉTODOS DE DISEÑO Y GUÍAS PARA SELECCIONAR FACTORES DE DISEÑO

Se deberá aplicar la experiencia de diseño y el conocimiento de las condiciones analizadas en la sección precedente para determinar un factor de diseño para una situación particular. Por último, es responsabilidad del diseñador establecer el factor de diseño para garantizar la seguridad del componente que se esté diseñando, al tiempo de lograr un diseño efectivo en cuanto a costos.

En este capítulo encontrará varias guías para especificar un factor de diseño para los esfuerzos directos que se utilizarán en este libro. Las guías no son precisas y están basadas en condiciones promedio. En futuros capítulos se presentan guías adicionales para otras clases de esfuerzos, tales como esfuerzos cortantes torsionales y esfuerzos de flexión.

TABLA 3-2 Criterios para esfuerzo de diseño—Esfuerzos normales directos.

Forma de la carga	Material dúctil	Material frágil
Estática	$\sigma_d = s_u/2$	$\sigma_d = s_u/6$
Repetida	$\sigma_d = s_u/8$	$\sigma_d = s_u/10$
Impacto o choque	$\sigma_d = s_u/12$	$\sigma_d = s_u/15$

Es dispendioso sobrediseñar intencionalmente un componente. Sin embargo, hay ocasiones en las que la incertidumbre con respecto a las condiciones reales de servicio justifica utilizar una selección más conservadora de un factor de diseño que los datos en las guías.

Además existen numerosos códigos y estándares que deben ser consultados en ciertas industrias. Entre éstos se encuentran los relativos a la construcción, tuberías y recipientes de presión, vehículos militares y aeroespaciales. Es su responsabilidad investigar si el producto o sistema que está diseñando es controlado por dichos códigos y estándares. En la siguiente sección se presenta una pequeña muestra de los códigos para el uso de acero o aluminio en edificios.

Las guías aquí presentadas son muy simples como para concentrarse en las cargas básicas de los esfuerzos abordados en este libro. En general se aplican a metales homogéneos, isotrópicos. Se recomienda un estudio adicional para ampliar su conocimiento de componentes y estructuras más complejos, materiales no isotrópicos y clases de carga más complejas. En particular se recomienda estudiar más las cargas repetidas (llamadas cargas de fatiga), el choque y el impacto. Todas las referencias que aparecen al final de este capítulo proporcionan información sobre tales estudios adicionales.

Guías para seleccionar el factor de diseño para esfuerzos normales directos. La tabla 3-2 incluye guías para seleccionar factores de diseño para utilizarlos en los problemas incluidos en este libro donde el componente que se está diseñando o analizando se encuentra sometido a esfuerzos normales directos, a tensión o a compresión.

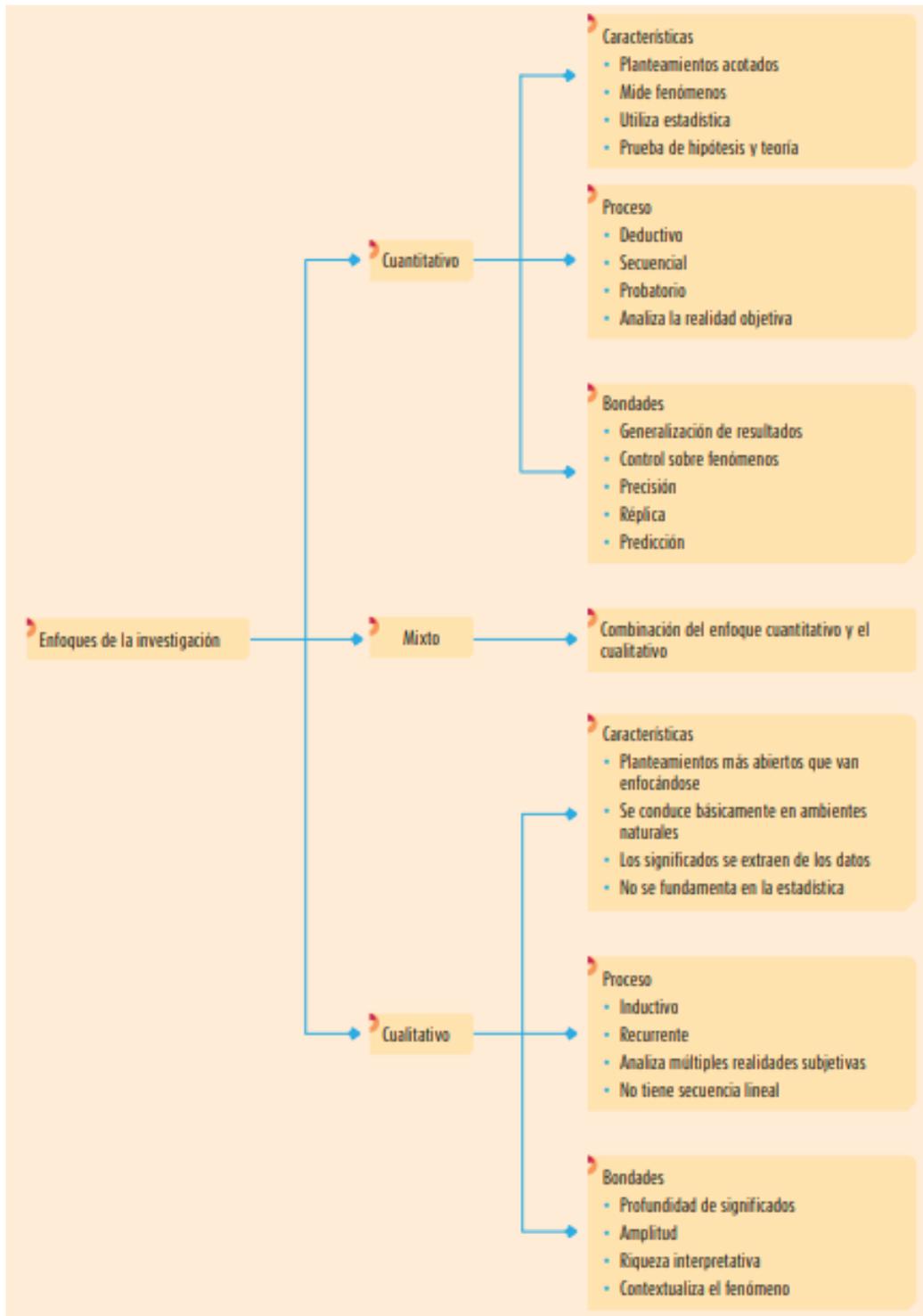
El uso de factores de diseño y esquemas de métodos típicos de diseño se resumen aquí. El método específico utilizado depende del objetivo del problema. ¿Es el objetivo evaluar la seguridad relativa de un diseño dado? ¿Especificar un material adecuado del cual hacer un componente? ¿Determinar la forma y dimensiones requeridas del componente cuando se conoce la carga, y el material ha sido especificado?

Caso A Evaluar la seguridad de un diseño dado.

Datos	<ul style="list-style-type: none"> a) La magnitud y el tipo de carga que actúa en el componente de interés. b) El material, incluida su condición, del cual está hecho el componente. c) La forma y dimensiones de la geometría del componente.
Determinar	Si el componente es o no razonablemente seguro:
Método	<ul style="list-style-type: none"> 1. Identificar la clase de esfuerzo producido por la carga dada. 2. Determinar la técnica de análisis de esfuerzo aplicable. 3. Completar el análisis de esfuerzo para determinar el esfuerzo máximo esperado, σ_{\max} en el componente.

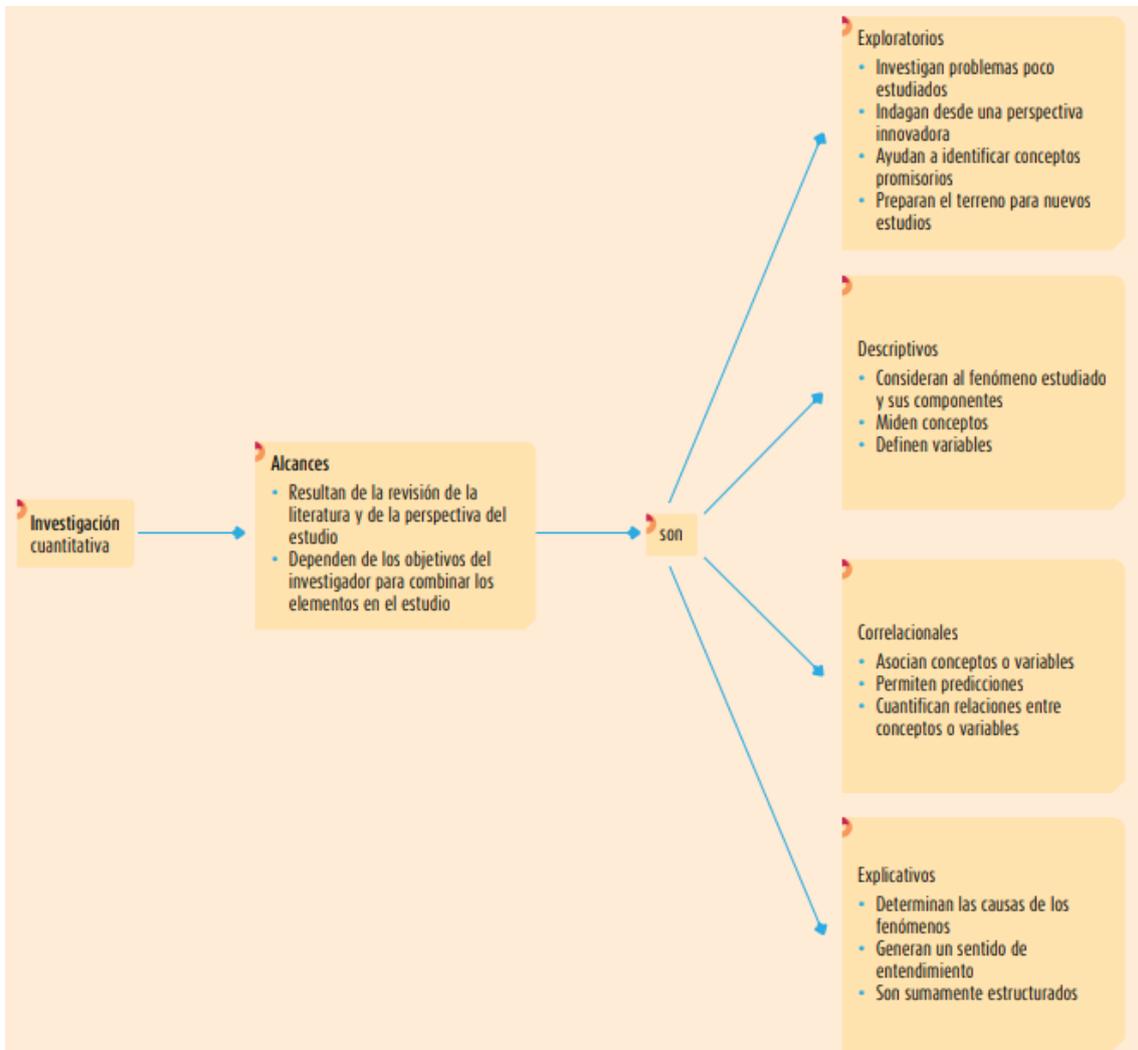
Anexo 36: Hernández R. y otros. Enfoque de la metodología de investigación. 2014.

El anexo indica los tipos de enfoques que se pueden tener en una investigación. Para este estudio se determinó que el enfoque debe ser de tipo cuantitativo ya que se está poniendo a prueba la hipótesis planteada, de esta manera se puede obtener la medición de incidencia de contaminación.



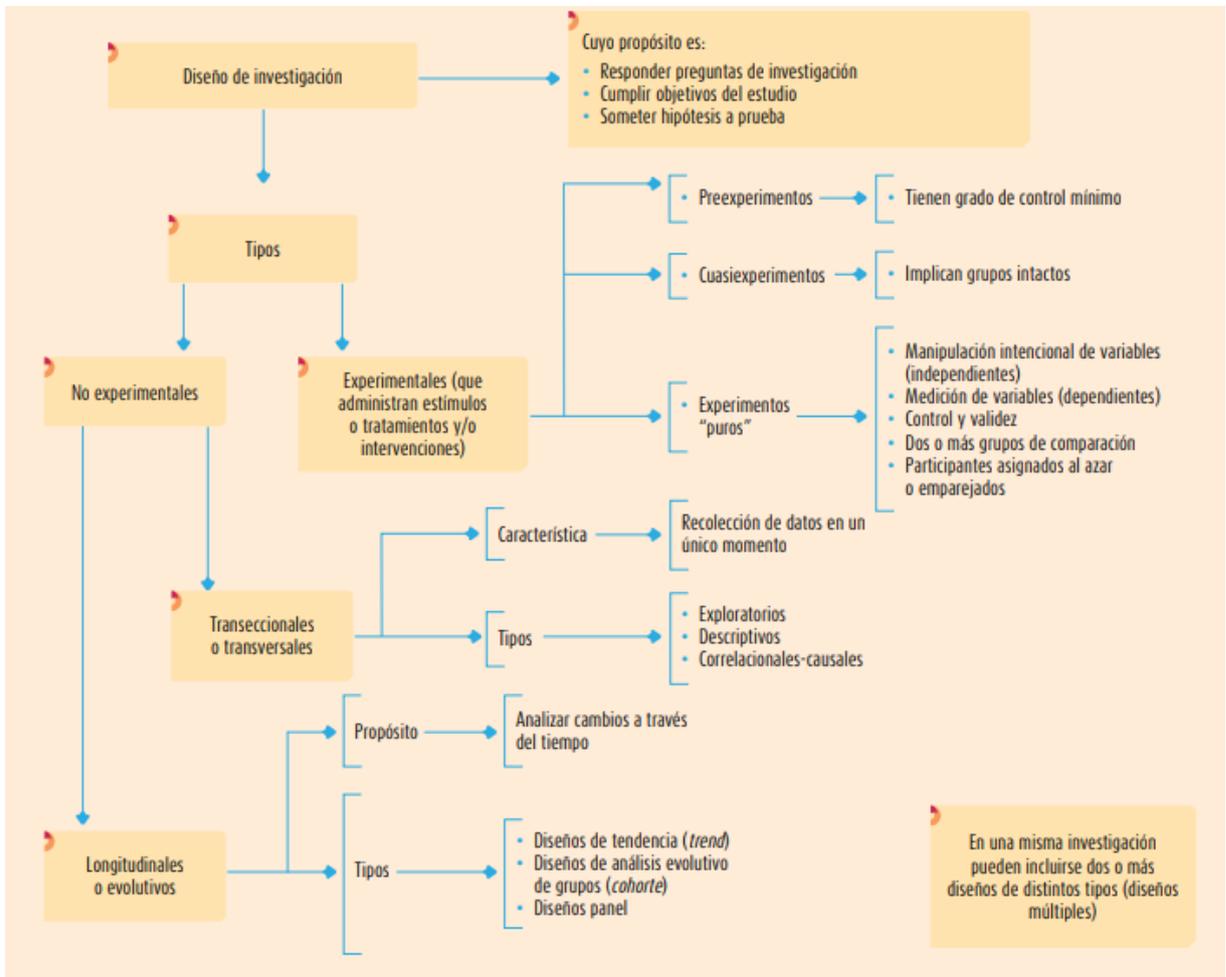
Anexo 37: Hernández R. y otros. Alcance de la metodología de investigación. 2014.

El anexo indica los tipos de alcances que se pueden tener en una investigación. Para este estudio se determinó que el alcance debe ser de tipo explicativo ya que se están determinando las causas de los problemas de contaminación causados por los desechos sólidos.



Anexo 38: Hernández R. y otros. Diseño de la metodología de investigación. 2014.

El anexo muestra los tipos de diseños de investigación. Para este estudio se utilizó un diseño de tipo experimental ya que existe manipulación y medición de variables para la obtención de resultados.



Anexo 39: Modelo de la encuesta realizada a los generadores.

El anexo muestra el modelo de encuesta utilizado para la recolección de los datos requeridos para llevar a cabo la investigación. Dentro de la encuesta hay preguntas relacionadas a la cantidad de cambios de aceite realizados y al manejo y conocimiento sobre los desechos sólidos provenientes de estos servicios.

ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

ENCUESTA PARA EL MANEJO DE FILTROS Y LUBRICANTES USADOS

1. NOMBRE DEL TALLER / LUBRICADORA / CENTRO TÉCNICO

2. PROMEDIO DE VEHÍCULOS MENSUALES CON MOTOR A GASOLINA INGRESADOS PARA CAMBIO DE ACEITE Y FILTRO

3. ¿QUÉ REALIZA EL TALLER / LUBRICADORA / CENTRO TÉCNICO CON EL RESIDUO DEL LUBRICANTE POSTERIOR AL CAMBIO?
 - a) RECICLAJE ()
 - b) VENTA ()
 - c) ALMACENAJE ()
 - d) ENTREGA A LA ENTIDAD DE RECOLECCIÓN COMPETENTE ()
 - e) DESECHA AL ALCANTARILLADO ()
 - f) OTROS ()

4. ¿QUÉ REALIZA EL TALLER / LUBRICADORA / CENTRO TÉCNICO CON EL RESIDUO DE LOS FILTROS POSTERIOR AL CAMBIO?
 - a) RECICLAJE ()
 - b) VENTA ()
 - c) ALMACENAJE ()
 - d) ENTREGA A LA ENTIDAD DE RECOLECCIÓN COMPETENTE ()
 - e) DESECHA AL ALCANTARILLADO ()
 - f) OTROS ()

5. ¿CONOCE USTED SI EXISTE ACTUALMENTE UN CONTROL EN CUANTO AL ACEITE Y FILTROS USADOS?

6. ¿CREE USTED QUE SEA NECESARIO DAR UN TRATAMIENTO ESPECIAL PARA EL RECICLAJE DE ESTOS DESECHOS CONTAMINANTES?

Anexo 40: Llanos, F. Propuesta para el manejo del aceite usado de vehículos automotores en el cantón Sigsig.

El anexo evidencia el factor de contaminación tomado para el cálculo de incidencia de contaminación en suelos.

27

público o cualquier destino final de agua. (Ordenanza de Conservación, Protección y Uso Adecuado de los Recursos Naturales y de Calidad Ambiental p.16)

Aspectos destacables.

Dentro de la ordenanza municipal del Cantón Sigsig se manifiesta la obligación de obtener el permiso para realizar una actividad, en la que se maneje productos que puedan ser una fuente de contaminación para la salud humana flora y fauna del lugar. Establece las obligaciones por parte de las personas que realicen actividades industriales, para tener un lugar de trabajo adecuado que permita una limpieza total de los residuos; y a tener un plan de contingencia para disminuir la contaminación que pueda perjudicar a la vida humana, la flora y fauna. Así como las sanciones respectivas en caso de no cumplir con las obligaciones plateadas. En la ordenanza del cantón Sigsig no está estipulada la normativa que regule la recolección transporte, almacenamiento y disposición final de los residuos, como para el caso de aceite automotor usado y es motivo de la presente investigación.

1.11 CONTAMINACIÓN AMBIENTAL.

Los aceites usados son considerados como residuos peligrosos y su principal incidencia la contaminación de las aguas tanto superficiales como subterráneas. Por tanto, es primordial realizar un estudio sobre este problema ambiental y a partir de ello elaborar una propuesta que para minimizar el impacto negativo que tiene esta clase de residuo peligroso para el ambiente y el ser humano. La contaminación ambiental en los últimos años es motivo de diferentes discusiones a nivel del todo el mundo, especialmente de los países desarrollados. De acuerdo a la agencia para la protección ambiental de los Estados Unidos (EPA).

Un galón de aceites lubricantes usados provenientes del cambio de un vehículo, puede contaminar un millón de galones de agua fresca y volverla inservible para el consumo humano, agua que satisficaría las necesidades de consumo de cincuenta personas por un año. Como se puede apreciar la contaminación es actualmente el principal problema que enfrenta la humanidad.” (Agencia para la protección ambiental de los Estados Unidos (EPA))

Un ejemplo de ello sería el hecho de que un litro de aceite usado que es regado en el suelo en un perímetro de 4000 metros cuadrados puede llegar al agua superficial por la lluvia y filtrarse al agua subterránea, o evaporarse al aire, contaminando el ambiente y creando serios problemas de salud para la población, una gota de aceite mineral usado contamina 1.000 litros de agua. 5 litros de aceite quemado contaminan el aire que una persona respira en tres años.

<http://www.etapa.net.ec/DGA/dga_pro_rec_ace_cam_con.aspx>

1.11.1 LAS INFLUENCIAS DIRECTAS AL SUELO.

Un galón de aceite usado puede llegar a formar una mancha de 15000 m². Los aceites usados generalmente llegan al suelo por descuido o intencionadamente para sustituir el asfalto o evitar el polvo etc. Según estudios sobre la efectividad de los aceites usados como un aglutinante del polvo en las carreteras resulta que solo el 1% de la cantidad del aceite es efectivo para este fin. Del 70 al 75% serán lavados por las lluvias o por el viento en conjunto con el polvo, del 20 al 25% por evaporación y destrucción biológica. Los aceites lavados por las lluvias causan una fuerte contaminación de las áreas aledañas de las carreteras con graves consecuencias para los seres vivos.

<http://www.etapa.net.ec/DGA/dga_pro_rec_ace_cam_con.aspx>

1.11.1.1 Efectos de los aceites en el suelo.

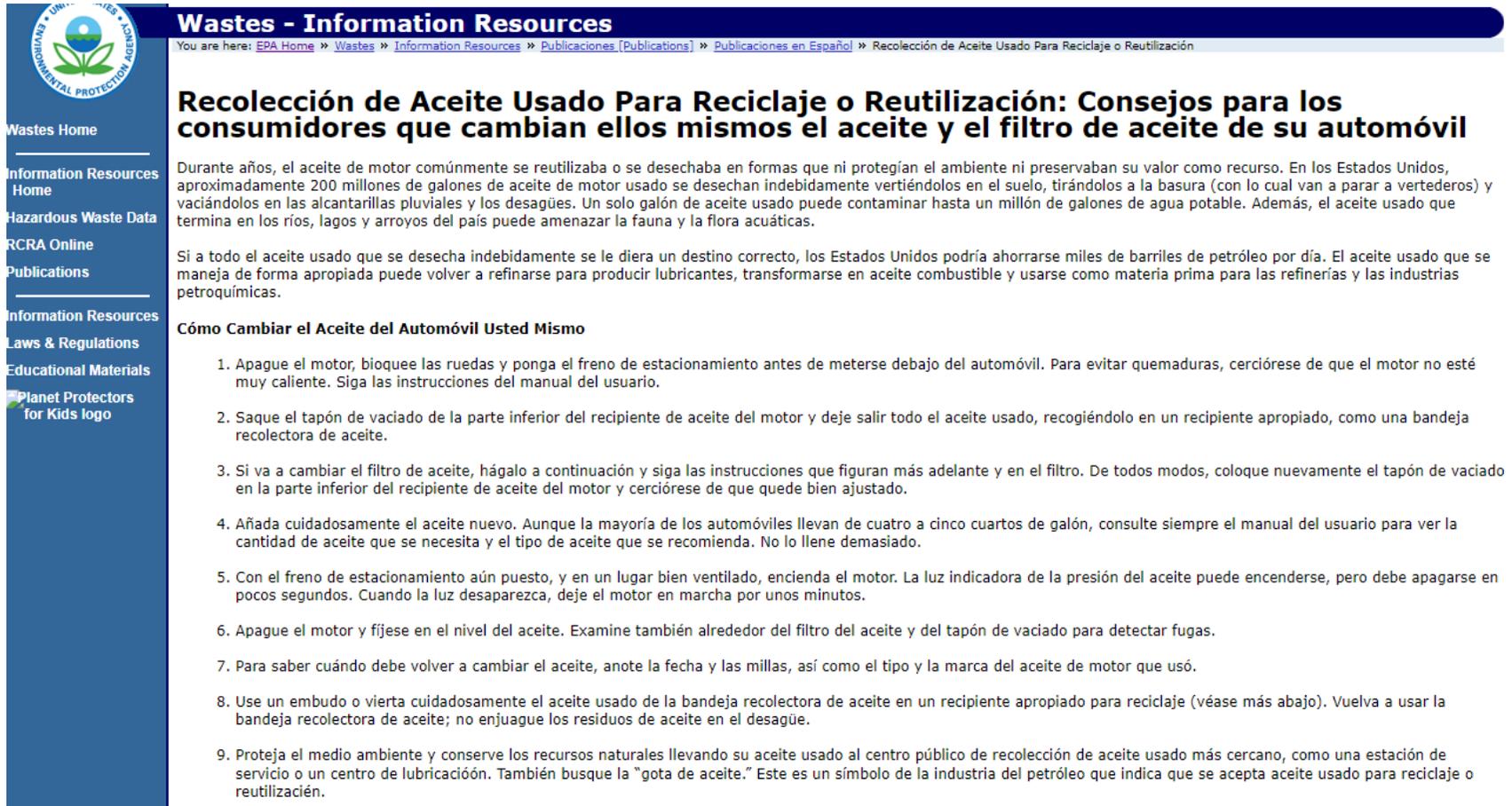
Los efectos que pueden desembocar los aceites en el suelo son importantes por 2 razones:

El aceite se acumula en el suelo representando un peligro para la vida micro-orgánica y las plantas. El aceite impide por la eliminación de oxígeno la libre germinación de las plantas.

Por filtración puede llegar a las aguas subterráneas. El aceite vertido al suelo se filtra primero por las capas superficiales del mismo. Con el tiempo por la gravedad, se filtra a las capas más profundas hasta llegar a un material impermeable o al agua subterránea. La velocidad de filtración depende de la viscosidad de aceite y por supuesto de la densidad del suelo. Los aceites usados tienen las siguientes consecuencias negativas para el suelo: <http://www.etapa.net.ec/DGA/dga_pro_rec_ace_cam_con.aspx>

Anexo 41: Environmental Protection Agency. Incidencia de contaminación en agua por contacto con lubricante de motor usado.

A continuación se muestra el anexo referente al factor de contaminación tomado para la aproximación de la incidencia en agua. Dicho factor es expuesto por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) y se menciona que un galón de aceite usado puede contaminar hasta un millón de galones de agua potable.



The screenshot shows the EPA website's 'Wastes - Information Resources' section. The page title is 'Recolección de Aceite Usado Para Reciclaje o Reutilización: Consejos para los consumidores que cambian ellos mismos el aceite y el filtro de aceite de su automóvil'. The content includes an introductory paragraph, a list of 9 numbered steps for changing oil, and a sidebar with navigation links.

Wastes - Information Resources

You are here: [EPA Home](#) » [Wastes](#) » [Information Resources](#) » [Publicaciones \(Publications\)](#) » [Publicaciones en Español](#) » [Recolección de Aceite Usado Para Reciclaje o Reutilización](#)

Recolección de Aceite Usado Para Reciclaje o Reutilización: Consejos para los consumidores que cambian ellos mismos el aceite y el filtro de aceite de su automóvil

Durante años, el aceite de motor comúnmente se reutilizaba o se desechaba en formas que ni protegían el ambiente ni preservaban su valor como recurso. En los Estados Unidos, aproximadamente 200 millones de galones de aceite de motor usado se desechan indebidamente vertiéndolos en el suelo, tirándolos a la basura (con lo cual van a parar a vertederos) y vaciándolos en las alcantarillas pluviales y los desagües. Un solo galón de aceite usado puede contaminar hasta un millón de galones de agua potable. Además, el aceite usado que termina en los ríos, lagos y arroyos del país puede amenazar la fauna y la flora acuáticas.

Si a todo el aceite usado que se desecha indebidamente se le diera un destino correcto, los Estados Unidos podría ahorrarse miles de barriles de petróleo por día. El aceite usado que se maneja de forma apropiada puede volver a refinarse para producir lubricantes, transformarse en aceite combustible y usarse como materia prima para las refinerías y las industrias petroquímicas.

Cómo Cambiar el Aceite del Automóvil Usted Mismo

1. Apague el motor, bloquee las ruedas y ponga el freno de estacionamiento antes de meterse debajo del automóvil. Para evitar quemaduras, cerciórese de que el motor no esté muy caliente. Siga las instrucciones del manual del usuario.
2. Saque el tapón de vaciado de la parte inferior del recipiente de aceite del motor y deje salir todo el aceite usado, recogiéndolo en un recipiente apropiado, como una bandeja recolectora de aceite.
3. Si va a cambiar el filtro de aceite, hágalo a continuación y siga las instrucciones que figuran más adelante y en el filtro. De todos modos, coloque nuevamente el tapón de vaciado en la parte inferior del recipiente de aceite del motor y cerciórese de que quede bien ajustado.
4. Añada cuidadosamente el aceite nuevo. Aunque la mayoría de los automóviles llevan de cuatro a cinco cuartos de galón, consulte siempre el manual del usuario para ver la cantidad de aceite que se necesita y el tipo de aceite que se recomienda. No lo llene demasiado.
5. Con el freno de estacionamiento aún puesto, y en un lugar bien ventilado, encienda el motor. La luz indicadora de la presión del aceite puede encenderse, pero debe apagarse en pocos segundos. Cuando la luz desaparezca, deje el motor en marcha por unos minutos.
6. Apague el motor y fíjese en el nivel del aceite. Examine también alrededor del filtro del aceite y del tapón de vaciado para detectar fugas.
7. Para saber cuándo debe volver a cambiar el aceite, anote la fecha y las millas, así como el tipo y la marca del aceite de motor que usó.
8. Use un embudo o vierta cuidadosamente el aceite usado de la bandeja recolectora de aceite en un recipiente apropiado para reciclaje (véase más abajo). Vuelva a usar la bandeja recolectora de aceite; no enjuague los residuos de aceite en el desagüe.
9. Proteja el medio ambiente y conserve los recursos naturales llevando su aceite usado al centro público de recolección de aceite usado más cercano, como una estación de servicio o un centro de lubricación. También busque la "gota de aceite." Este es un símbolo de la industria del petróleo que indica que se acepta aceite usado para reciclaje o reutilización.

Wastes Home

Information Resources Home

Hazardous Waste Data

RCRA Online

Publications

Information Resources

Laws & Regulations

Educational Materials

Planet Protectors for Kids logo

Anexo 42: Datos recolectados de los generadores en base a la cantidad de cambios de aceite realizados mensualmente.

El anexo muestra la tabulación de los datos obtenidos mediante la encuesta realizada, para conocer cuáles son las cantidades de servicios realizados referentes al cambio de aceite y filtros según la ubicación delimitada para el estudio.

Tabla 8. Cambios de filtros promedio realizados mensualmente

# Encuesta	Taller	Ubicación	Cambios de filtros aproximados
1	AutoX	Cochapamba	30
2	Mr. Frenos	Canal 4	30
3	Multiservicio Integral	Canal 4	33
4	Automotrices César Baldus	Antiguo Aeropuerto	13
5	Lubricadora Aeropuerto	Antiguo Aeropuerto	30
6	Auto Splash Express	La Prensa	40
7	Milenium Lavadora y Lubricadora	La Prensa	160
8	MOYABACA Centro Automotríz	La Prensa	71
9	Talleres Esteban Chemali	Iñaquito	40
10	ASIMEC Servicio Automotríz	Iñaquito	20
11	Ecuallanta	Mañosca	50
12	Taller Multimarcas	Mañosca	20
13	MADARCO	Mañosca	35
14	Anónimo	10 de Agosto y República	12
15	Depot Tire	Gaspár de Villaroel	15
16	Automotores Fiat	Gaspár de Villaroel	35
17	Total Car	La Y	50
18	Talleres Mecánicos Integrados	Parque Bicentenario	100
Total de Filtros Mensuales			784
Valor Base Para Reciclaje			160

(Vásquez Barzallo, 2020)

Anexo 43: Hipótesis de volumen retenido

La siguiente tabla muestra la aproximación de volumen retenido de aceite lubricante que se ha planteado hipotéticamente. El volumen mencionado pertenece al lubricante que debe drenarse a través del sistema de corte implementado en la máquina.

Tabla 9. Aproximación de volumen retenido

Total de filtros usados	Volumen promedio [Oz]	Volumen promedio [Lt]	Volumen promedio [Gal]
160	320	9,46	2,5

(Vásquez Barzallo, 2020)

Anexo 44: Proyección de hipótesis en base a la incidencia de contaminación.

La siguiente tabla muestra la aproximación de la incidencia de contaminación en los recursos naturales que se ha planteado hipotéticamente en base a la cantidad de aceite drenado y retenido en la máquina.

Tabla 10. Aproximación de contaminación

Total de filtros usados	Volumen promedio [Gal]	Incidencia en agua [Gal]	Incidencia en suelos [m2]
160	2,5	2.500.000	10.000

(Vásquez Barzallo, 2020)

Anexo 45: Guía de almacenamiento de aceite después de ser drenado del motor.

A continuación se presenta la información emitida por la EPA (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos) relacionada al almacenaje de aceite lubricantes y la cantidad aproximada en volumen que pueden contener los filtros en su interior incluso después de haber sido drenados.



¿Cómo Puedo Yo Reducir la Cantidad de Aceite Usado que Produzco?

La reducción de la cantidad de aceite usado que usted produce es una medida de prevención de polución importante. Además de protección ambiental, la prevención de polución puede reducir los costos de operación y mejorar la eficacia de su negocio. Los siguientes consejos pueden ayudarle a reducir la cantidad de aceite usado que usted produce:

- Use aceites sintéticos que duran más y así se reduce al mínimo la cantidad de aceite usado y los filtros de aceite usado que se producen.
- Reduzca la cantidad de aceite virgen que compra y use aceite refinado.
- Maneje el aceite usado con cuidado. No lo mezcle con otros materiales. Almacene el aceite en recipientes y tanques en buenas condiciones, y mantenga las áreas de almacenamiento alejadas de los empleados y el medio ambiente.
- Use filtros que se pueden usar más de una vez.

- Recicle los filtros de aceite usado. Aunque los filtros que son drenados correctamente se pueden poner en la basura, se recomienda que los filtros se reciclen para reducir la cantidad de aceite usado que llega a los rellenos.

¡IMPORTANTE!

Después del drenaje, un filtro contiene entre 2 y 8 onzas líquidas de aceite usado. Mas de 400 millones de filtros de aceite se usan en los Estados Unidos cada año. Por lo tanto, entre 6,25 y 25 millones de galones de aceite usado podrían llegar a los rellenos.



¿Cómo Obtengo Más Información?

Para obtener más información sobre el manejo del aceite usado, llame gratis a la Oficina de Empresas Pequeñas al (800) EPA-1996. Todas las llamadas son confidenciales y la persona que llama permanece anónima. Para obtener más información sobre otros asuntos ambientales, véase la página Web de la EPA de Illinois cuya dirección es www.epa.state.il.us.

Anexo 46: Aplicación de la herramienta informática Sample Size Calculator de SurveyMonkey para selección de la muestra.

A continuación se evidencia el uso de la herramienta informática provista por SurveyMonkey para el cálculo del tamaño de muestra requerida para la elaboración del estudio, al implementar un 95% de confiabilidad y 5% de error.

Calcula el tamaño de la muestra

Tamaño de la población ⓘ	Nivel de confianza (%) ⓘ	Margen de error (%) ⓘ
<input type="text" value="18"/>	<input style="border-bottom: 1px solid black; text-align: right; padding-right: 5px;" type="text" value="95"/> ▼	<input type="text" value="5"/>

Tamaño de la muestra

18

Cómo calcular el tamaño de la muestra

¿Te preguntas cómo se calcula el tamaño de la muestra? Si deseas hacer el cálculo de la muestra estadística por tu cuenta, usa la siguiente fórmula:

$$\text{Tamaño de la muestra} = \frac{\frac{z^2 \times p(1-p)}{e^2}}{1 + \left(\frac{z^2 \times p(1-p)}{e^2 N} \right)}$$

N = tamaño de la población • e = margen de error (porcentaje expresado con decimales) • z = puntuación z

ANEXOS RESULTADOS

Anexo 47: Pregunta 3. Consulta realizada a los generadores para la determinación del manejo de lubricante de motor usado.

La siguiente tabulación pertenece al enunciado 3 de la encuesta, refiriéndose a qué actividad realiza el centro técnico con el aceite usado posterior al cambio.

Tabla 11. ¿Qué realiza el taller / lubricadora / centro técnico con el residuo del lubricante posterior al cambio?

# Encuesta	Nombre del Taller	Reciclaje	Venta	Almacenaje	Entrega a la entidad competente	Desecha al alcantarillado	Otros Procesos
1	AutoX			X	X		
2	Mr. Frenos			X	X		
3	Multiservicio Integral				X		
4	Automotrices César Baldus	X			X		
5	Lubricadora Aeropuerto				X		
6	Auto Splash Express				X		
7	Milenium Lavadora y Lubricadora				X		
8	MOYABACA Centro Automotriz				X		
9	Talleres Esteban Chemali	X	X	X	X		
10	ASIMEC Servicio Automotriz				X		
11	Ecuallanta				X		
12	Taller Multimarcas				X		
13	MADARCO				X		
14	Anónimo				X		
15	Depot Tire				X		
16	Automotores Fiat			X	X		
17	Total Car				X		
18	Talleres Mecánicos Integrados			X	X		
Total		2	1	5	18	0	0

(Vásquez Barzallo, 2020)

Anexo 48: Pregunta 4. Consulta realizada a los generadores para la determinación del manejo de filtros usados.

La siguiente tabulación pertenece al enunciado 4 de la encuesta, refiriéndose a qué actividad realiza el centro técnico con los filtros usados posterior al cambio.

Tabla 12. ¿Qué realiza el taller / lubricadora / centro técnico con el residuo de los filtros posterior al cambio?

# Encuesta	Nombre del Taller	Reciclaje	Venta	Almacenaje	Entrega a la entidad competente	Desecha al alcantarillado	Otros Procesos
1	AutoX		X	X			
2	Mr. Frenos			X	X		
3	Multiservicio Integral				X		
4	Automotrices César Baldus		X				X
5	Lubricadora Aeropuerto	X	X				
6	Auto Splash Express	X	X				
7	Milenium Lavadora y Lubricadora				X		
8	MOYABACA Centro Automotriz				X		
9	Talleres Esteban Chemali				X		
10	ASIMEC Servicio Automotriz				X		
11	Ecuallanta				X		
12	Taller Multimarcas		X				
13	MADARCO		X				
14	Anónimo				X		
15	Depot Tire				X		
16	Automotores Fiat				X		
17	Total Car				X		
18	Talleres Mecánicos Integrados			X	X		
Total		2	6	3	12	0	1

(Vásquez Barzallo, 2020)

Anexo 49: Pregunta 5. Consulta realizada a los generadores para la determinación del conocimiento sobre el control de desechos peligrosos.

La siguiente tabulación pertenece al enunciado 5 de la encuesta, el cual se relaciona al conocimiento que tienen los generadores sobre el control de estos desechos peligrosos.

Tabla 13. ¿Conoce usted si existe actualmente un control en cuanto al aceite y filtros usados?

# Encuesta	Nombre del Taller	Si conoce	No conoce
1	AutoX	X	
2	Mr. Frenos	X	
3	Multiservicio Integral	X	
4	Automotrices César Baldus	X	
5	Lubricadora Aeropuerto	X	
6	Auto Splash Express	X	
7	Milenium Lavadora y Lubricadora	X	
8	MOYABACA Centro Automotriz	X	
9	Talleres Esteban Chemali		X
10	ASIMEC Servicio Automotriz	X	
11	Ecuallanta		X
12	Taller Multimarcas		X
13	MADARCO	X	
14	Anónimo	X	
15	Depot Tire	X	
16	Automotores Fiat	X	
17	Total Car	X	
18	Talleres Mecánicos Integrados	X	
Total		15	3

(Vásquez Barzallo, 2020)

Anexo 50: Pregunta 6. Consulta realizada a los generadores para determinar si es necesario implementar tratamientos a los desechos peligrosos.

La siguiente tabulación pertenece al enunciado 6 de la encuesta, refiriéndose a la necesidad de implementar tratamientos especiales para el correcto manejo de dichos desechos.

Tabla 14. ¿Cree usted que sea necesario dar un tratamiento especial para el reciclaje de estos desechos contaminantes?

# Encuesta	Nombre del Taller	Si	No
1	AutoX	X	
2	Mr. Frenos	X	
3	Multiservicio Integral		X
4	Automotrices César Baldus	X	
5	Lubricadora Aeropuerto	X	
6	Auto Splash Express	X	
7	Milenium Lavadora y Lubricadora	X	
8	MOYABACA Centro Automotriz	X	
9	Talleres Esteban Chemali	X	
10	ASIMEC Servicio Automotriz	X	
11	Ecuallanta	X	
12	Taller Multimarcas	X	
13	MADARCO	X	
14	Anónimo	X	
15	Depot Tire	X	
16	Automotores Fiat	X	
17	Total Car	X	
18	Talleres Mecánicos Integrados	X	
Total		17	1

(Vásquez Barzallo, 2020)

Anexo 51: Determinación de la cantidad de material ferroso obtenido del proceso de separación según el objeto.

El siguiente anexo muestra la tabla elaborada para la determinación de la cantidad de material ferroso recolectado posterior a la separación de los componentes de los filtros de aceite.

Tabla 15. Material ferroso obtenido de la separación de filtros

Material	Cantidad	Peso [Kg]
Carcasas Metálicas		9,7
	160 Filtros	
Otros (resortes, válvulas, tubos, etc.)		21,11
Total		30,81

Fuente: (Vásquez Barzallo, 2020)

Anexo 52: Resumen de la cantidad de material obtenido a través de la separación de filtros usados.

El siguiente anexo muestra la tabulación de resultados referente a la cantidad obtenida de aceite usado y los diferentes materiales, mediante el proceso de separación de filtros llevado a cabo a través de la máquina recicladora.

Tabla 16. Materiales obtenidos mediante la separación de filtros de motor

Material	Cantidad	Volumen [Gal]	Peso [Kg]
Lubricante de motor		1,2	N/A
Material Ferroso	160 Filtros	N/A	30,81
Papel Filtrante		N/A	12,94
Caucho (Sellos)		N/A	1,29

Fuente: (Vásquez Barzallo, 2020)

Anexo 53: Resultados obtenidos de incidencia de contaminación en agua y suelos.

El siguiente anexo muestra la tabulación de resultados referente a la incidencia de contaminación aproximada en los recursos naturales como son el agua y los suelos, mediante los factores establecidos previamente.

Tabla 17. Incidencia de contaminación obtenida en el agua

Total de filtros usados	Volumen real obtenido [Gal]	Factor de contaminación acuática [Gal]	Incidencia de contaminación en agua	
			[Gal]	[m ³]
160	1,2	1.000.000	1.200.000	4542,5

(Vásquez Barzallo, 2020)

Tabla 18. Incidencia de contaminación obtenida en el suelo

Total de filtros usados	Volumen real obtenido [Lt]	Factor de contaminación terrestre [m ²]	Incidencia en suelos [m ²]
160	1,2	15.000	18.000

(Vásquez Barzallo, 2020)

Anexo 54: Fuerzas actuantes sobre el banco de reciclaje según los equipos implementados.

La siguiente tabla muestra el peso de cada elemento que conforma el sistema de reciclaje de la máquina. Se muestra la equivalencia en newtons dado a que el software trabaja bajo esa magnitud al momento de aplicar las fuerzas para la simulación por análisis de elementos finitos.

Tabla 19. Cargas aplicadas sobre la máquina recicladora

Elementos	Carga en [Kg]	Carga en [N]
Tronzadora	12,5	122,63
Compactadora	10	98,10
Compresor	21	206,01
Bomba Hidráulica	5,5	53,96
Total	49	480,69

(Vásquez Barzallo, 2020)

Anexo 55: Factor de seguridad y esfuerzo máximo obtenidos mediante el análisis FEA del banco de reciclaje.

El siguiente anexo evidencia los resultados obtenidos mediante el análisis por elementos finitos sobre el diseño realizado para la estructura que soportará a los equipos requeridos para el proceso de reciclaje.

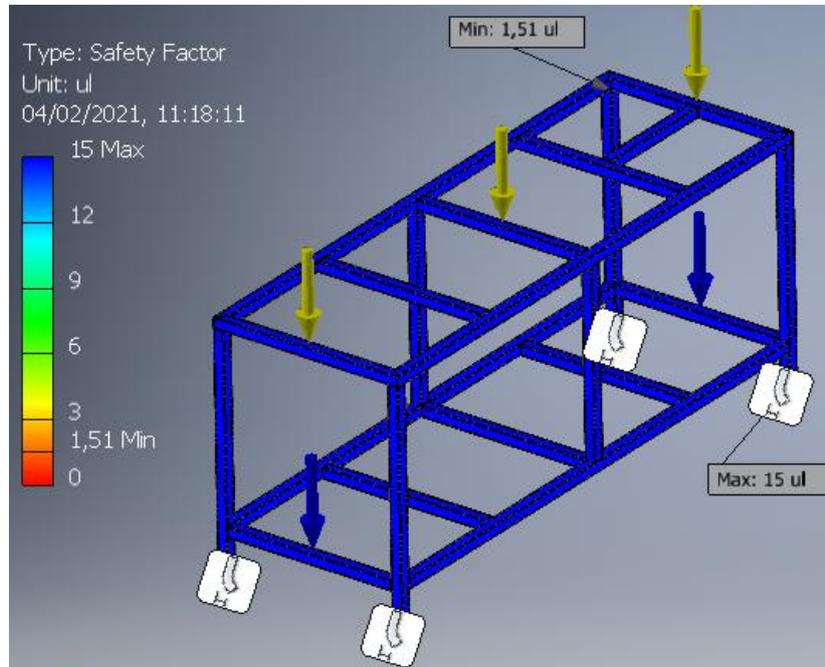


Ilustración 16. Factor de seguridad obtenido
Fuente: (Vásquez, 2020)

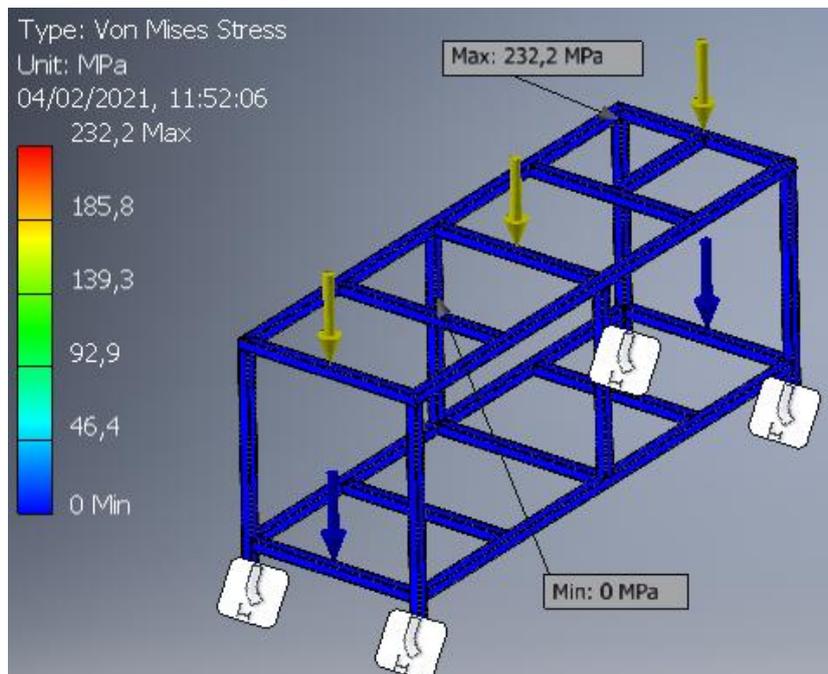


Ilustración 15. Esfuerzo máximo obtenido
Fuente: (Vásquez, 2020)

Anexo 56: Informe de características físicas y mecánicas emitido por Autodesk Inventor sobre el diseño elaborado.

A continuación se muestran las características físicas y mecánicas de la estructura diseñada según el material seleccionado, en este caso el acero A36. Autodesk Inventor genera automáticamente estos datos una vez realizada la simulación.

☐ **Physical**

Mass	55,7271 kg
Area	5610920 mm ²
Volume	7099000 mm ³
Center of Gravity	x=-1276,2 mm y=-1317,69 mm z=1138,59 mm

☐ **Material(s)**

Name	Steel, Carbon	
General	Mass Density	7,85 g/cm ³
	Yield Strength	350 MPa
	Ultimate Tensile Strength	420 MPa
Stress	Young's Modulus	200 GPa
	Poisson's Ratio	0,29 ul
	Shear Modulus	77,5194 GPa

Anexo 57: Informe de resultados generado por Autodesk Inventor.

A continuación se muestra el resumen de resultados generado por la simulación de elementos finitos bajo las cargas aplicadas en condición estática. Se puede observar los esfuerzos principales, así mismo como la deformación que sufre la estructura y los factores de seguridad.

☐ **Result Summary**

Name	Minimum	Maximum
Volume	7098990 mm ³	
Mass	55,7271 kg	
Von Mises Stress	0,00148594 MPa	232,203 MPa
1st Principal Stress	-122,481 MPa	317,473 MPa
3rd Principal Stress	-362,428 MPa	107,467 MPa
Displacement	0 mm	0,191682 mm
Safety Factor	1,5073 ul	15 ul
Stress XX	-139,866 MPa	122,263 MPa
Stress XY	-40,007 MPa	57,9337 MPa
Stress XZ	-30,9142 MPa	31,1779 MPa
Stress YY	-341,769 MPa	300,914 MPa
Stress YZ	-96,9525 MPa	118,523 MPa
Stress ZZ	-142,108 MPa	125,595 MPa
X Displacement	-0,00496167 mm	0,00291134 mm
Y Displacement	-0,189936 mm	0 mm
Z Displacement	-0,0353389 mm	0,000330552 mm
Equivalent Strain	0,00000000642384 ul	0,00117398 ul
1st Principal Strain	-0,00000136562 ul	0,00125198 ul
3rd Principal Strain	-0,00143324 ul	0,000000734738 ul
Strain XX	-0,000105195 ul	0,000106495 ul
Strain XY	-0,000258045 ul	0,000373672 ul
Strain XZ	-0,000199397 ul	0,000201098 ul
Strain YY	-0,00129999 ul	0,00114518 ul
Strain YZ	-0,000625344 ul	0,000764475 ul
Strain ZZ	-0,000373007 ul	0,000187148 ul
Contact Pressure	0 MPa	2551,37 MPa
Contact Pressure X	-497,392 MPa	525,064 MPa
Contact Pressure Y	-2476,42 MPa	2308,32 MPa
Contact Pressure Z	-1181,59 MPa	1145,53 MPa

ANEXOS FOTOGRÁFICOS



Ilustración 16. Ensamble de estructura y forrado de la misma mediante la implementación de tubo cuadrado y planchas galvanizadas
Fuente: (Vásquez, 2020)



Ilustración 17. Vista trasera del ensamble de estructura y forrado del banco de reciclaje
Fuente: (Vásquez, 2020)



Ilustración 18. Colocación de pintura base previo a la añadidura del color seleccionado
Fuente: (Vásquez, 2020)



Ilustración 19. Colocación de pintura base previo a la añadidura del color seleccionado
Fuente: (Vásquez, 2020)



Ilustración 20. Aplicación de la primera capa de la pintura seleccionada
Fuente: (Vásquez, 2020)



Ilustración 21. Aplicación de la primera capa de la pintura seleccionada
Fuente: (Vásquez, 2020)



Ilustración 22. Proceso de ensamble de lavabos y depósitos
Fuente: (Vásquez, 2020)



Ilustración 23. Colocación de puertas móviles en el banco de reciclaje
Fuente: (Vásquez, 2020)



Ilustración 24. Proceso de pintura aplicado a los lavabos
Fuente: (Vásquez, 2020)



Ilustración 25. Colocación de lavabos y depósitos en el banco de reciclaje
Fuente: (Vásquez, 2020)



Ilustración 26. Vista lateral de la adaptación de motor eléctrico para el sistema de corte
Fuente: (Vásquez, 2020)



Ilustración 27. Vista superior de la adaptación de motor eléctrico para el sistema de corte
Fuente: (Vásquez, 2020)



Ilustración 27. Vista posterior de la adaptación de motor eléctrico para el sistema de corte
Fuente: (Vásquez, 2020)

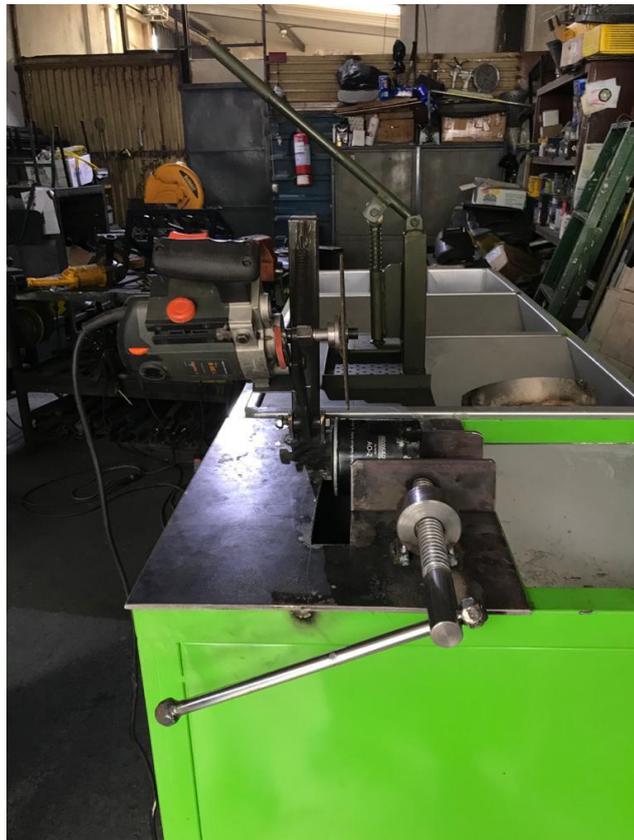


Ilustración 28. Colocación del sistema de corte adaptado al banco de reciclaje
Fuente: (Vásquez, 2020)



Ilustración 29. Vista lateral de la adaptación del sistema de corte en el banco de reciclaje
Fuente: (Vásquez, 2020)



Ilustración 30. Prueba de corte realizada para verificación de funcionamiento del sistema
Fuente: (Vásquez, 2020)



Ilustración 31. Prueba de corte fallada por causa de vibraciones generadas en el eje del disco
Fuente: (Vásquez, 2020)



Ilustración 32. Falla mecánica presentada en el disco de corte
Fuente: (Vásquez, 2020)

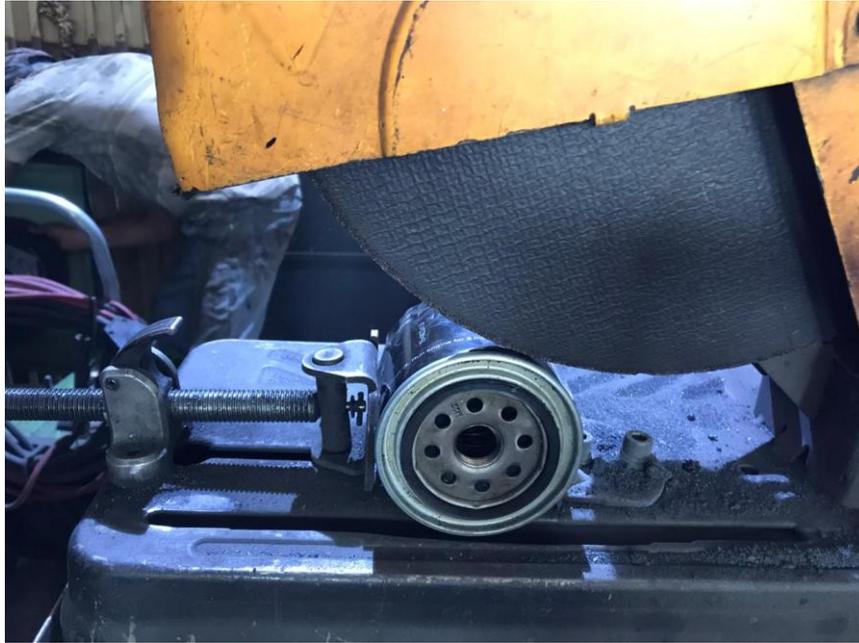


Ilustración 33. Colocación del filtro previo a la prueba de corte realizada mediante la implementación del equipo adecuado
Fuente: (Vásquez, 2020)



Ilustración 34. Resultados de la prueba de corte realizada mediante la implementación del equipo adecuado
Fuente: (Vásquez, 2020)



Ilustración 35. Sistema de corte y compactación implementado en el banco de reciclaje
Fuente: (Vásquez, 2020)

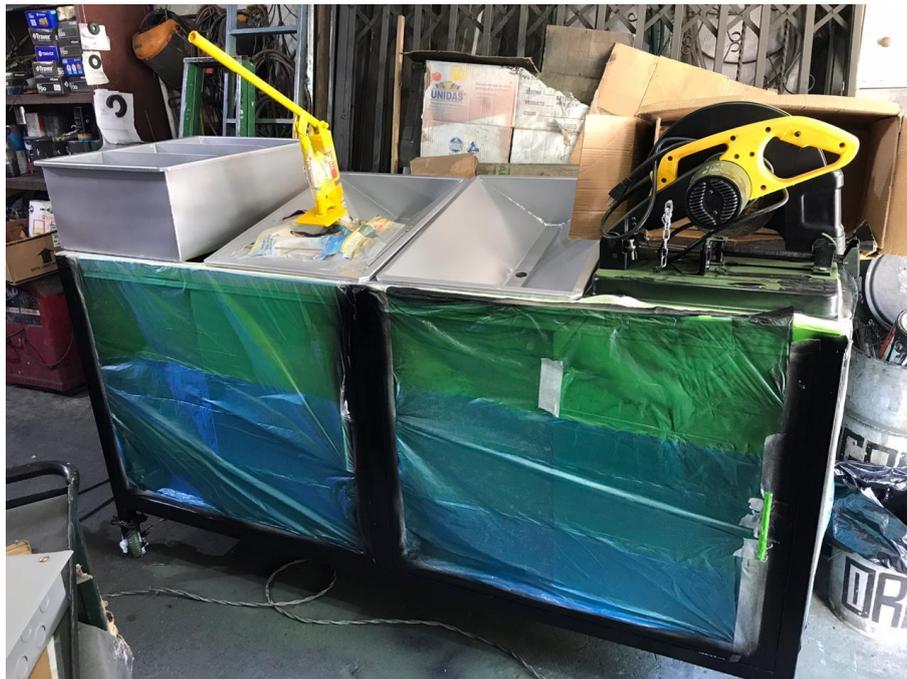


Ilustración 36. Banco de reciclaje previo a la colocación de los equipos complementarios
Fuente: (Vásquez, 2020)



Ilustración 37. Retiro y movilización del banco de reciclaje
Fuente: (Vásquez, 2020)



Ilustración 38. Apreciación general del banco de reciclaje previo a la retirada de la protección de pintura
Fuente: (Vásquez, 2020)



Ilustración 39. Apreciación general del banco de reciclaje posterior a la retirada de la protección de pintura
Fuente: (Vásquez, 2020)



Ilustración 40. Apreciación general del banco de reciclaje previo a la colocación del sistema de limpieza
Fuente: (Vásquez, 2020)



Ilustración 41. Bomba de agua implementada para el sistema de limpieza
Fuente: (Vásquez, 2020)



Ilustración 42. Herramienta implementada para realizar la perforación del reservorio
Fuente: (Vásquez, 2020)



Ilustración 43. Perforación del reservorio para colocar conexión con la bomba
Fuente: (Vásquez, 2020)



Ilustración 44. Conexión entre el reservorio y la bomba que comprenden el sistema de limpieza
Fuente: (Vásquez, 2020)

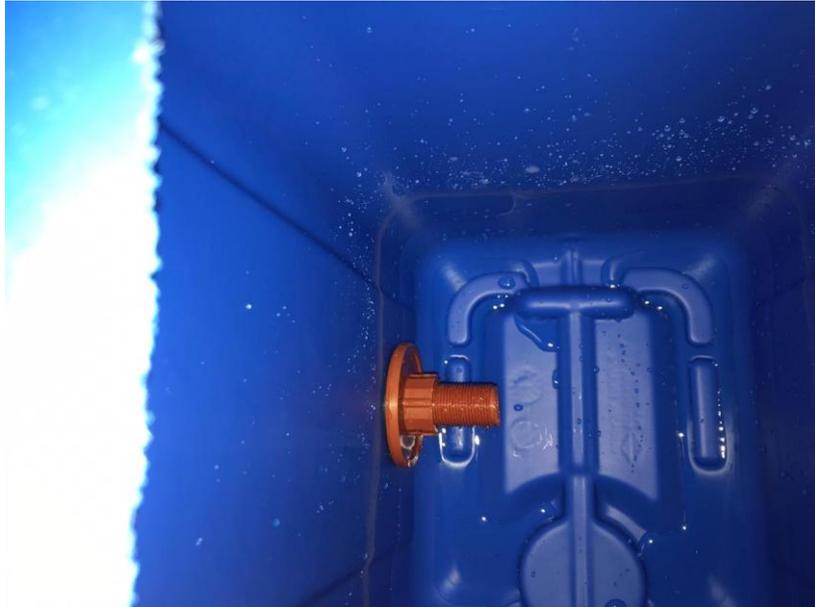


Ilustración 45. Apreciación de la conexión entre el reservorio y la bomba del sistema de limpieza
Fuente: (Vásquez, 2020)



Ilustración 46. Apreciación frontal del sistema de limpieza accionado mediante una bomba de agua
Fuente: (Vásquez, 2020)



Ilustración 47. Apreciación lateral del sistema de limpieza accionado mediante una bomba de agua
Fuente: (Vásquez, 2020)



Ilustración 48. Apreciación del sistema de drenaje de aceite
Fuente: (Vásquez, 2020)



Ilustración 49. Apreciación del sistema de limpieza y drenaje de aceite
Fuente: (Vásquez, 2020)



Ilustración 50. Etiquetas de los diferentes procesos
Fuente: (Vásquez, 2020)



Ilustración 51. Verificación de apriete sobre el disco de corte previo a ser utilizado
Fuente: (Vásquez, 2020)



Ilustración 52. Colocación del filtro en el sistema de sujeción previo a ser separado
Fuente: (Vásquez, 2020)



Ilustración 53. Posicionamiento adecuado del filtro previo a ser separado
Fuente: (Vásquez, 2020)



Ilustración 54. Ajuste de filtro previo a ser separado
Fuente: (Vásquez, 2020)



Ilustración 55. Proceso de separación de filtros mediante la implementación de una tronzoadora
Fuente: (Vásquez, 2020)



Ilustración 56. Filtros separados mediante el proceso de corte
Fuente: (Vásquez, 2020)



Ilustración 57. Verificación de apriete del disco posterior a la realización de cortes
Fuente: (Vásquez, 2020)



Ilustración 58. Limpieza de los filtros de aceite en una disolución de desengrasante automotriz
Fuente: (Vásquez, 2020)



Ilustración 59. Clasificación de material ferroso posterior a la limpieza
Fuente: (Vásquez, 2020)



Ilustración 60. Clasificación de material ferroso posterior a la limpieza
Fuente: (Vásquez, 2020)



Ilustración 61. Pesaje de carcasas metálicas de las cuales se obtuvieron 9.76 kg
Fuente: (Vásquez, 2020)



Ilustración 62. Pesaje de otros elementos metálicos, de los cuales se obtuvieron 21.11 kg
Fuente: (Vásquez, 2020)



Ilustración 63. Pesaje de papel filtrante del cual se obtuvo 12.94 kg
Fuente: (Vásquez, 2020)



Ilustración 64. Pesaje de caucho proveniente de los sellos, de los cuales se obtuvo 1.29 kg
Fuente: (Vásquez, 2020)



Ilustración 65. Clasificación y etiquetado de los materiales obtenidos previo al reciclaje
Fuente: (Vásquez, 2020)