

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE QUÍMICA
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Proyecto Final de Graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería
Ambiental

**“Evaluación de la gestión de los residuos generados en los centros de servicio
automotriz que realizan cambio de aceite en la provincia de Heredia, Costa Rica.”**

Edgar José Quesada Quirós

Cartago, Mayo, 2021



“Evaluación de la gestión de los residuos generados en los centros de servicio automotriz que realizan cambio de aceite en la provincia de Heredia, Costa Rica.”

Informe presentado a la Escuela de Química del Instituto Tecnológico de Costa Rica como requisito parcial para optar por el título de Ingeniero Ambiental con el grado de licenciatura

Miembros del tribunal

Lic. Andrea Acuña Piedra
Director

Lic. Walter Zavala Ortega
Lector 1

Lic. Sofía Morales Fallas
Lector 2

M.Sc. Diana Zambrano Piamba
Coordinador COTRAFIG

M.G.A. Ricardo Coy Herrera
Directora Escuela de Química

M.Sc. Ana Lorena Arias Zúñiga
Coordinadora Carrera de Ingeniería Ambiental

DEDICATORIA

A mis papás Andrea y Edgar gracias a todo su esfuerzo, amor y sacrificio. Por el apoyo, paciencia y comprensión incondicional durante todos estos años de formación académica. A mi hermano Andrés por siempre estar para mí en todo momento y saber alegrar hasta los días más complicados. Es gracias a ellos que hoy presento esta investigación.

AGRADECIMIENTOS

A don Walter Zavala Ortega Contralor Ambiental, Raquel y Milena funcionarias de la Contraloría por todo su apoyo y colaboración durante esta investigación, por recibirme como un colega más durante todo este tiempo.

Para la profesora Andrea Acuña Piedra, directora de esta investigación, por toda su ayuda y contribución en como poder mejorar hasta el mínimo detalle, por su dedicación y pasión no solo a esta investigación si no también en su labor docente.

A los profes de la carrera que me brindaron todo su apoyo, consejos y aprendizaje durante todos estos años en especial para Diana Zambrano, Liliana Abarca, Jorge Calvo, Macario Pino, Laura Quesada y Luis Valerio que los recuerdo con un especial cariño durante toda mi formación en el TEC.

La Familia Herediana y la Famafachi por siempre estar pendientes de mi proceso y tener palabras de apoyo en todo momento, por todo su amor y confianza.

A mi novia Abi por siempre estar para mí no importa la hora o el momento, por toda su paciencia y ayuda durante los cursos que llevamos juntos y el desarrollo de este proyecto.

Por último, un agradecimiento a todos los centros de servicio automotriz y empresas gestoras que aceptaron participar en esta investigación.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	12
2. OBJETIVOS	14
2.1 Objetivo general	14
2.2 Objetivos específicos.....	14
3. REVISIÓN DE LA LITERATURA	15
3.1 El aceite lubricante automotriz	15
3.2 Otros residuos generados en los centros de servicio automotriz	16
3.3 El residuo de aceite lubricante y su problemática ambiental.....	17
3.3.1 Contaminación en el suelo causada por el residuo de aceite lubricante automotriz.....	17
3.3.2 Contaminación en el agua causada por el residuo de aceite lubricante automotriz.....	18
3.3.3 Contaminación en el aire causada por el residuo de aceite lubricante automotriz 19	
3.4 Marco Legal.....	20
3.4.1 Antecedentes y convenios internacionales	20
3.4.2 Legislación nacional respecto a la gestión de residuos	21
3.5 Valorización de residuos generados en los centros de servicio automotriz	25
3.5.1 Re refinación del aceite automotriz usado.....	25
3.5.2 Co procesamiento del aceite lubricante automotriz usado y otros residuos provenientes de centros de servicio automotriz.....	27
3.6 Situación actual del residuo en el país.....	28
4. MATERIALES Y MÉTODOS	30
4.1 Generación y gestión de los residuos en los centros de servicio automotriz en la provincia de Heredia.....	30
4.1.1 Zona de estudio.....	30
4.1.2 Población de estudio.....	31
4.1.3 Tamaño de muestra.....	31

4.1.4	Elaboración y aplicación de la encuesta	32
4.2	Manejo por parte de empresas gestoras para la gestión de los residuos provenientes de los centros de servicio automotriz.	32
4.2.1	Zona de Estudio	33
4.2.2	Tamaño de muestra.....	33
4.2.3	Elaboración y aplicación de la herramienta de recolección de datos	33
4.3	Guía para la gestión de los residuos producidos dirigido a los centros de servicio automotriz.....	34
4.3.1	Elaboración de la guía dirigida a los centros de servicio automotriz.	34
4.3.2	Evaluación de la guía por parte de los generadores.....	34
5.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	36
5.1	Análisis de la situación actual en los centros de servicio automotriz de la provincia de Heredia.....	36
5.2	Identificación del manejo por parte de las empresas gestoras de residuos.....	45
5.3	Propuesta de guía para la gestión de residuos producidos, dirigida a los centros de servicio automotriz.	55
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	57
7.	REFERENCIAS.....	60
8.	APÉNDICES	65
	Apéndice 1: Listado de centros de servicio automotriz muestreados.....	66
	Apéndice 2: Herramienta aplicada a los centros de servicio automotriz.....	68
	Apéndice 3: Listado de empresas gestoras encuestadas.	71
	Apéndice 4: Herramienta de recolección de datos aplicada a las empresas generadoras. 72	
	Apéndice 5: Guía rápida para la gestión de residuos generados en centros de servicio automotriz.....	74
	Apéndice 6: Encuesta para la evaluación de la guía generada.	87

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de la provincia de Heredia y sus cantones.	31
Figura 2. Distribución de los puntos de muestreo en la provincia de Heredia.	36
Figura 3. Gestores utilizados por los establecimientos en la provincia de Heredia.	38
Figura 4. Comparación de la gestión formal contra la gestión informal de los residuos de aceite lubricante.	39
Figura 5. Costo económico de la gestión del residuo de aceite lubricante.	39
Figura 6. Conocimiento de la gestión del residuo de aceite lubricante por parte del generador.	40
Figura 7. Métodos de contención utilizados para manejar derrames utilizados en los centros de servicio automotriz.	41
Figura 8. Gestión de los materiales usados en la contención de derrames por parte de los generadores.	42
Figura 9. Gestión de los envases plásticos contaminados con aceite lubricante por parte de los generadores.	43
Figura 10. Gestión de los filtros de aceite por parte de los generadores.	44
Figura 11. Cumplimiento de las instalaciones respecto al Reglamento para el Manejo de los Desechos Peligrosos Industriales N°27001-MINAE.	45
Figura 12. Porcentaje en la presencia de rotulación en las unidades de transporte de los gestores.	46
Figura 13. Porcentaje de portación de guía de respuesta en caso de emergencia.	46
Figura 14. Exigencia a los generadores el manifiesto de transporte generado desde la plataforma del SIGREP.	47
Figura 15. Porcentaje de gestores que brindan capacitaciones o actualizaciones a sus transportistas.	48
Figura 16. Exigencia de los gestores en cuanto al correcto embalaje y etiquetado de los residuos para su transporte.	49

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Listado de gestores y su manejo del residuo de aceite lubricante automotriz.	50
Cuadro 2. Listado de gestores y su manejo de plásticos contaminados con aceite lubricante.	51
Cuadro 3. Listado de gestores y su manejo de filtros de aceite.	52
Cuadro 4. Listado de gestores y su manejo de filtros de aire.	52
Cuadro 5. Listado de gestores y su manejo de sólidos impregnados con aceite lubricante.	53
Cuadro 6. Precios pagados por los gestores por el residuo de aceite lubricante.	54

LISTA DE SIGLAS Y ACRÓNIMOS

API	Instituto Americano de Petróleo
CH ₄	Metano
CO	Monóxido de Carbono
CO ₂	Dióxido de Carbono
COSEVI	Consejo de Seguridad Vial de Costa Rica
MINSA	Ministerio de Salud de Costa Rica
MINAE	Ministerio de Ambiente y Energía de Costa Rica
NO _x	Óxidos de Nitrógeno
OCDE	Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos
ONU	Organización de las Naciones Unidas
PSF	Permiso Sanitario de Funcionamiento del Ministerio de Salud
SIGREP	Sistema de Gestión de Residuos Peligrosos
SO _x	Óxidos de Azufre

RESUMEN

Los residuos provenientes de centros de servicio automotriz representan un problema tanto de contaminación ambiental como de afectaciones a la salud humana, siendo el aceite lubricante usado el más complejo. En Costa Rica no hay una base de datos que permita saber la cantidad de centros de servicio automotriz que existen, y si bien, todos estos deben de reportar la gestión de los residuos peligrosos a la Contraloría Ambiental, muy pocos lo hacen. La presente investigación analiza la gestión de los residuos generados en estos centros de servicio automotriz de la provincia de Heredia, mediante la aplicación de herramientas de recolección de datos. Posteriormente se procede a evaluar a las empresas gestoras, con el fin de identificar el manejo que estos gestores les dan a los residuos provenientes de los centros de servicio automotriz, y por último, se elaboró una guía dirigida a los entes generadores, la cual pretende proveerles nuevo conocimiento y así mejorar la gestión de los residuos generados en sus establecimientos. Se logra concluir que la gestión informal y los precios pagados, son el principal problema en la correcta gestión de los residuos provenientes de estos comercios, así mismo se evidencia que las únicas tecnologías autorizadas disponibles en el país para gestionar el residuo de aceite lubricante es el co procesamiento y el re refinamiento. Finalmente se identifica que los generadores no poseen los conocimientos básicos en gestión de residuos, por lo cual se les entrega una guía con el fin de brindarles conocimiento pertinente a sus labores, la cual al ser validada en 2 establecimientos se concluye que la información presentada en es de utilidad para que estos comercios puedan mejorar en la gestión de sus residuos.

Palabras clave: Gestión de Residuos Peligrosos, Centros de Servicio Automotriz, Residuo Aceite Lubricante, Heredia.

ABSTRACT

Waste from automotive workshops represents a serious problem of both environmental contamination and human health effects, being engine oil the most complex. In Costa Rica there is no database that allows to know the number of automotive workshops operating, and although all of these must report the management of hazardous waste to the Contraloria Ambiental, very few of the generators do so. This research analyzes the management of waste generated in these auto shops in the province of Heredia, using data collection tools. Subsequently proceed to evaluate the environmental managers, to identify the management of this waste. Finally, a guide was prepared for the owners of the auto shops, which aims to generate new knowledge and therefore improve the management of waste generated in their establishments, this guide was approved by two autosshops, corroborating that the information in this guide helps them in the management of waste produced. It is possible to conclude that the informal management and the prices paid are the main problem in the correct management of the waste from these businesses, it is also evidenced that the only two correct technologies available in the country to manage the waste of lubricating oil are co-processing and re refinement. Finally, it is identified that the generators do not have the basic knowledge in legal and waste management issues, for which they are given a guide to give them pertinent information.

Key words: Hazardous Waste Management, Automotive Workshops, Engine Oil Waste, Heredia.

1. INTRODUCCIÓN

La falta de gestión de los residuos producidos en los centros de servicio automotriz es uno de los principales focos de contaminación a nivel mundial (Ghaemi et al., 2015). Los residuos mayormente generados en estos establecimientos abarcan: residuos de aceites lubricantes, refrigerantes, filtros, solventes y soluciones acuosas utilizados para limpieza, plásticos y metales (Michael, 2015).

De todos estos residuos generados el más problemático es el residuo de aceite lubricante, ya que este es el que se produce en más grandes cantidades (Michael, 2015), además debido a su composición conformada, por hidrocarburos los cuales además presentan contenido de metales y otras sustancias tales como fenoles y compuestos que contienen, cloro o fósforo, hacen que representen un riesgo directo a la salud humana y al ambiente (Maceiras et al., 2017).

Según datos del Instituto Americano de Petróleo (API), para el año 2017 se produjeron 45 millones de toneladas de aceite lubricante en el mundo, pero se estima que solo un 40% fue recolectado y se le dio una disposición final adecuada. Además, solo un 8% del total se recuperó para ser utilizado de nuevo como lubricante (API, 2017).

Por otra parte, los filtros de aceite, residuos de plástico, textiles y metales representan un problema ambiental, ya que, estos acumulan el aceite lubricante, grasas u alguna otra solución acuosa como solventes o pinturas. Al no ser posible extraer todo el líquido de su interior, estos residuos tienen la capacidad de contaminar diversas locaciones durante su transporte y disposición final, debido a que pueden gotear por un tiempo prolongado (EPA, 1999).

La mayoría de los residuos producidos en estos centros de servicio son categorizados como peligrosos o especiales por sus características propias ya que, usualmente son inflamables o corrosivos y por errores en su clasificación tienden a mezclarse con los residuos ordinarios. Por otra parte, son una fuente de contaminación por metales pesados los cuales tienen la capacidad de desplazarse a través del suelo, contaminando las fuentes de agua (Speight, J;Exall, 2014).

Estos residuos son tratados de diversas formas, siendo el reciclaje y el co-procesamiento en hornos cementeros las mejores opciones para gestionarlos (Pawlak et al., 2010). Estos también pueden tener una disposición final en un relleno sanitario, siempre y cuando se

utilice una celda de seguridad la cual logre confinar los residuos. Por otra parte, el aceite lubricante puede ser utilizado como un combustible alternativo a ciertas configuraciones de motores, pero generan una mayor cantidad de emisiones que el combustible ordinario por lo que aumenta a la contaminación atmosférica (Ghaemi et al., 2015).

En el país existen varias compañías que se encargan de llevar a cabo el proceso de recolección y transporte. Además, algunas otras fungen como centros de transferencia, ya que se encargan de almacenarlos para luego exportarlos y que sean tratados o valorizados. En la actualidad existe un proyecto para implementar una planta de reciclaje de aceite lubricante en Costa Rica, la cual se encargaría de re refinar unos 6 millones de litros de residuos de aceite por año (Metalub, 2019).

En Costa Rica, el Ministerio de Salud (MINSAL) es el ente rector en materia de residuos, incluyendo los generados en estos establecimientos. Adicionalmente la Contraloría Ambiental de Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE) le brinda apoyo al Ministerio de Salud en los temas referentes a la gestión de los residuos peligrosos, mediante el Sistema de Gestión de Residuos Peligrosos (SIGREP). Los generadores y gestores debe de notificar el movimiento de residuos en este sistema, sin embargo, existe muy poca información acerca de la gestión de estos residuos debido a que, no todos son reportados por medio del SIGREP (Contraloría Ambiental; MINAE, 2015).

El MINAE y el país en general, se encuentran interesados en estudiar el manejo que se brinda estos residuos, ya que, la flota vehicular crece cada año representando un peligro inminente a la salud y el ambiente. Por lo anterior, esta investigación plantea evaluar la situación actual de la gestión de estos y proponer acciones concretas mediante un plan de gestión de los residuos producidos en los centros de servicio automotriz para disminuir su impacto tanto en el ambiente como en la salud.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Evaluar la gestión de los residuos producidos en los centros de servicio automotriz que realizan cambio de aceite en la provincia de Heredia, Costa Rica.

2.2 Objetivos específicos

- Analizar la situación actual respecto a la generación y gestión de los residuos en los centros de servicio automotriz en la provincia de Heredia.
- Identificar el manejo que brindan las empresas gestoras a los residuos provenientes de los centros de servicio automotriz.
- Proponer una guía para la correcta gestión de los residuos producidos en los centros de servicio automotriz

3. REVISIÓN DE LA LITERATURA

En la actualidad los vehículos constituyen la base de los medios de transporte, esto debido a su versatilidad, funcionalidad y facilidad para satisfacer la necesidad de movilizarse en la mayoría de los terrenos (Pereirinha et al., 2018). La popularidad de los vehículos en el país ha sido tan grande que para el 2018 existían 2 386 957 autos registrados, según los datos del Consejo de Seguridad Vial de Costa Rica (COSEVI, 2019).

Todos estos vehículos requieren de mantenimiento tanto preventivo como correctivo, los cuales se realizan periódicamente, por lo que se genera una gran cantidad de residuos. Estos se pueden clasificar en ordinarios, de manejo especial y peligrosos. Los ordinarios pueden ser reusados, reciclados o inclusive dispuestos sin implicar un riesgo en su manipulación. Por otra parte, se encuentran los especiales y peligrosos los cuales por sus características representan un peligro para la salud y el ambiente (Akpakpavi, 2015).

Los residuos que comúnmente son generados en establecimientos de servicio automotriz son: aceite lubricante, filtros, baterías, llantas, piezas metálicas en mal estado, plásticos y cartones. De estos residuos, el aceite lubricante es uno de los más importantes debido a que se generan grandes cantidades y contiene numerosas sustancias que pueden generar diversas afectaciones (Akpakpavi, 2015).

3.1 El aceite lubricante automotriz

A nivel mundial hay un amplio rango de productos elaborados a base de la refinación del petróleo, estos se pueden clasificar en dos categorías principales: productos lubricantes y combustibles (Borin & Poppi, 2005).

Existen dos métodos para la producción de los lubricantes, el de la refinación primaria y el re refinamiento. Para la refinación primaria se utiliza el crudo de petróleo como materia prima, mediante procesos físicos y químicos se obtienen los aceites lubricantes. Por otra parte, el re refinamiento utiliza como materia prima el aceite lubricante usado, el cual dependiendo de la técnica de re refinamiento recibe diversos tratamientos y se somete posteriormente a una nueva refinación. Se le llama re refinamiento, debido a que esta es la segunda refinación que recibe este aceite (Borin & Poppi, 2005).

Los aceites lubricantes en su mayoría están compuestos por un aceite base y aditivos, estos son clasificados como sintéticos o minerales (Abro et al., 2013). Los aceites sintéticos son los más complejos ya que, reciben un tratamiento químico y se les añaden aditivos posterior

a su refinación, lo cual mejora sus propiedades, tales como mayor resistencia a temperaturas altas y una vida útil más prolongada. Por otra parte, los aceites minerales son más simples debido a que no reciben ningún tratamiento después de haber sido refinados, por ende, son más económicos pero deben de ser sustituidos con mayor frecuencia (Rudnick, 2013).

Los aceites lubricantes son ampliamente usados en los vehículos debido a que por sus propiedades, reducen la fricción y el desgaste del motor, remueven impurezas, funcionan como un anticorrosivo y dependiendo de los aditivos agregados ayudan como agente refrigerante para evitar el sobrecalentamiento (Abro et al., 2013).

Después de un debido tiempo o kilometraje específico, los aceites lubricantes pierden sus cualidades debido a que el contenido de metales, cenizas y agua aumentan. Esto provoca que su rendimiento no sea adecuado y deba ser reemplazado por uno nuevo (Danane et al., 2014), es así como se genera el residuo de aceite lubricante. Es importante destacar que los aceites base no se degradan ni se descomponen solo se contaminan, por lo que pueden ser reutilizados después de un tratamiento de re refinación (Yash, 2015).

3.2 Otros residuos generados en los centros de servicio automotriz

Adicional a los residuos de aceite lubricante, en los centros de servicio automotriz se pueden generar filtros de aceite, filtros de aire, sólidos impregnados con aceite y otros productos químicos (como refrigerante, líquido de frenos, etc.) y materiales utilizados en la contención de derrames.

Los filtros de aceite son utilizados en los automóviles para filtrar el aceite del motor y retener las partículas sólidas que puedan encontrarse en este. Están compuestos por una carcasa exterior que es una aleación de aluminio y plomo, mientras que en su interior se encuentra un filtro de papel o fibra de vidrio el cual se encarga de limpiar el aceite. Estos se deben reemplazar cada vez que se realiza el cambio de aceite en los vehículos para garantizar una filtración adecuada y no contaminar el nuevo aceite con impurezas (Gaidajis et al., 2011).

Por otra parte, los filtros de aire son los encargados de retener las impurezas que pueden entrar al motor en el aire necesario para la combustión, están hechos de un marco metálico con topes plásticos y el filtro es de papel o fibra de vidrio, estos pueden ser reemplazados cada vez que se realiza el cambio de aceite (Toma & Fileru, 2016).

Finalmente, los sólidos impregnados y los materiales para el manejo de derrames son residuos que de no haber estado en contacto con aceite lubricante o algún otro producto

químico, se considerarían ordinarios. Dentro de estos residuos se encuentran los envases plásticos, el papel y cartón que se contaminaron con aceite o alguna otra sustancia. Por otra parte se encuentran los materiales para la contención de derrames, los cuales se utilizan por sus cualidades para absorber, comúnmente se utiliza el aserrín, la arena y trapos de tela (Sharma et al., 2016).

3.3 El residuo de aceite lubricante y su problemática ambiental

A nivel mundial el mayor generador de residuo de aceite lubricante es el sector transporte, ya que los vehículos lo necesitan en el motor y la transmisión. Si bien existen otras fuentes generadoras tales como sistemas hidráulicos, transformadores y procesos industriales, su generación es menor en comparación al aporte de la flota vehicular (Danane et al., 2014). El incremento en la cantidad de vehículos provocó un aumento en el consumo de aceites lubricantes y como consecuencia generó un crecimiento significativo de este residuo (Yash, 2015).

La problemática de estos residuos es que son producidos en pequeñas cantidades, pero en muchos establecimientos, tales como talleres, estaciones de servicio y lubricentros. Además se debe considerar que estos residuos pueden ser producidos en casas de habitación, ya que existen personas que realizan el cambio del aceite por sus propios medios (Yash, 2015).

Según la legislación nacional vigente estos residuos deben recibir una gestión adecuada, de no ser así, podría derivar en diversas afectaciones a la salud y el ambiente (Widodo et al., 2020).

El residuo de aceite lubricante presenta concentraciones de metales pesados (tales como, cromo, cadmio y plomo), hidrocarburos aromáticos, bencenos y solventes clorados. Dichos compuestos químicos producen un efecto negativo sobre el ambiente y la salud humana, ya que estos compuestos son precursores de cáncer, enfermedades cardio respiratorias, neurológicas, entre otras. (Tejada et al., 2017).

3.3.1 Contaminación en el suelo causada por el residuo de aceite lubricante automotriz

El residuo de aceite lubricante es uno de los contaminantes que genera un mayor impacto al suelo (Tejada et al., 2017),(Dike et al., 2013). Esto debido a la gran cantidad de derrames y vertidos en el suelo por una incorrecta gestión del mismo (Balasubramaniam et al., 2007).

Este residuo se puede dispersar en el suelo de diversas formas, siendo estas cuatro las más comunes: fugas y derrames, en aplicaciones directas al suelo para controlar el polvo, durante el proceso de asfaltado de carreteras y por disposición final incorrecta del residuo (Vázquez, 1989).

Con respecto a las fugas y derrames, se estima que en promedio un tercio del aceite de un automóvil se pierde y se convierte en residuo. Debido a las fugas este cae en carreteras, parqueos u otras superficies, posteriormente es lavado por la lluvia o por el humano y el residuo es desplazado hacia el suelo (Vázquez, 1989). Por otra parte, pueden ocurrir accidentes a la hora de transportar el aceite lubricante, y aunque existan protocolos para manejar los derrames, una parte de este logrará filtrarse (Vázquez, 1989). Es importante destacar que para los casos de control de polvo, asfaltado de carreteras y disposición final incorrecta, el residuo es dispersado intencionalmente de manera directa al suelo (Andem et al., 2019).

Este residuo es perjudicial ya que mata y genera un cambio en los microorganismos presentes en el suelo, además altera los ciclos naturales del mismo, haciendo que la descomposición de materia orgánica sea más lenta. Por otra parte, la interacción con los diferentes ciclos biogeoquímicos se ve afectada por la mineralización del carbono, azufre y fósforo (Vázquez, 1989).

Otro aspecto en el cual se ve afectado, es en la oxigenación, debido que el residuo de aceite en escala microscópica llena los vacíos entre las partículas del suelo. Por estos espacios vacíos es por donde se da el intercambio de oxígeno, por lo que las bacterias aerobias no logran sobrevivir, generando un desbalance, entre estas y las anaerobias afectando la calidad y composición del mismo (Goveas et al., 2020).

El suelo puede verse afectado por la presencia de metales pesados en este residuo, ya que actúan como inhibidores de crecimiento en diversas especies de plantas, mientras que otras especies los pueden acumular (Abioye et al., 2012).

3.3.2 Contaminación en el agua causada por el residuo de aceite lubricante automotriz

La contaminación causada por este residuo no se limita únicamente al suelo, ya que los cuerpos de agua también se pueden ver afectados. El aceite puede migrar del suelo al agua rápidamente por medio de la escorrentía generada por la lluvia, que arrastran al residuo hasta

los cuerpos receptores (Vázquez, 1989). Este arrastre de residuo de lubricante automotriz a los cuerpos de agua genera un deterioro en la calidad y daños ambientales, tales como la muerte de especies acuáticas o la contaminación de fuentes de agua potable para el consumo humano (Abdul Hamid et al., 2016).

El hidrocarburo presente en mayor cantidad en lagos, ríos o mares cercanos a ciudades es el residuo de aceite lubricante, por lo que se considera como una de las fuentes principales de contaminación de cuerpos de agua en el mundo (Denton et al., 2006).

Los principales efectos de este contaminante en las masas de agua son incrementos en la sedimentación, contaminación con metales pesados, aumento en la temperatura, disminución en el oxígeno disuelto, degradación en la estructura de los ecosistemas acuáticos, muerte de peces y diferentes especies acuáticas lo que conlleva a una disminución en la calidad del agua (Hamad et al., 2004).

Cuando este contaminante llega a un cuerpo de agua, su impacto es mucho mayor que en el suelo, debido a que flota por su densidad respecto al agua, por lo que generan una capa delgada en la superficie que puede extenderse por kilómetros. Esto conlleva a que se contaminen áreas de mayor tamaño en menor tiempo y a los animales acuáticos les resulta más difícil escapar. En comparación con un derrame en el suelo, la contención en el agua es más difícil, además para las especies animales es más complejo evitar la zona contaminada (Boughton & Horvath, 2004).

3.3.3 Contaminación en el aire causada por el residuo de aceite lubricante automotriz

El aceite lubricante una vez que se convierte en residuo puede ser utilizado como combustible para diversas aplicaciones, en hornos, calderas, generadores y sistemas de calefacción (Vázquez, 1989). La combustión de este residuo con los dispositivos adecuados para el control de las emisiones no representa un problema, ya que los contaminantes y partículas presentes son capturadas y filtradas disminuyendo el potencial de contaminación y dentro del marco legal se puede utilizar como un combustible alternativo. El problema radica en la utilización de este residuo de manera ilegal, sin controles ni equipos especializados. Esto se debe a la existencia de un mercado informal de compra y venta de este residuo, en el cual algunas empresas lo utilizan para disminuir sus costos de operación, evitando la compra de bunker o diésel (Xu et al., 2020).

Las emisiones provenientes de la combustión del residuo de aceite lubricante reflejan su composición. Como anteriormente se menciona este tiene metales pesados, hidrocarburos aromáticos, bencenos y solventes clorados, por lo que en las emisiones se pueden encontrar potenciales contaminantes tales como monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), metano(CH₄), óxidos de azufre (SO_x), óxidos de nitrógeno(NO_x), material particulado, metales pesados, compuestos orgánicos y ácido clorhídrico (Zzeyani et al., 2017).

Entre todos estos componentes de las emisiones provenientes de la combustión de este residuo se pueden encontrar gases de efecto invernadero, lluvia ácida y además compuestos que pueden provocar cáncer y otras afectaciones respiratorias (Zzeyani et al., 2017).

Tomando en consideración todos los efectos tanto a las matrices ambientales (agua, suelo y aire) como a la salud causados por este residuo, existe la necesidad de gestionarlo de una forma distinta a los residuos ordinarios.

3.4 Marco Legal

3.4.1 Antecedentes y convenios internacionales

Anteriormente el residuo de aceite lubricante o sólidos contaminados con este eran dispuestos sin ningún tipo de tratamiento previo. Es hasta el año 1972 en la Conferencia de Estocolmo, donde el ambiente empezó a tomar relevancia a nivel mundial, y se emite una declaración con principios y metas específicas a cumplir, una de ellas la prevención de descargas deliberadas de hidrocarburos en los océanos (ONU, 1973).

Posterior a esta conferencia, en el año 1987 se aprobaron las Directrices y Principios de El Cairo para el manejo ambientalmente racional de residuos peligrosos. La relevancia de esta conferencia es que logró dar una definición a los términos de desecho peligroso, manejo, transporte y eliminación:

Por desechos peligrosos se entiende los desechos, con excepción de los desechos radiactivos, que, a causa de su reactividad química, de sus características tóxicas, explosivas, corrosivas o de otro tipo que pueden constituir un peligro para la salud y al medio ambiente, bien sea por sí solos o cuando entran en contacto con otros desechos, son jurídicamente definidos como peligrosos en el Estado en que se generan. Por manejo se entiende la recogida, el transporte (incluidos los movimientos transfronterizos), el almacenamiento (incluido el depósito en puntos de transferencia) el tratamiento y la eliminación de desechos peligrosos. Por "transporte" se entiende

el movimiento de desechos peligrosos desde el lugar en que se generan hasta que llegan a un lugar o instalación aprobados para su eliminación. Por eliminación" se entiende la eliminación definitiva (PNUMA, 1987).

La importancia de poder definir estos términos se debe a que anteriormente cada Estado decidía a su conveniencia como interpretarlos, por lo que el manejo de los residuos y su clasificación variaban de país a país, esto lo que logró fue la unificación de la definición de los términos a nivel internacional (PNUMA, 1987).

Basado en lo desarrollado en las conferencias de Estocolmo 1972 y El Cairo 1987, se lleva a cabo el Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación. La importancia de este radica en que se elaboraron categorías para clasificar los residuos y fueron agrupados en distintos anexos. Los que están enumerados en el Anexo I del Convenio son todos los que se consideran peligrosos, tanto en un ámbito local, como en movimientos transfronterizos. En este Anexo I se encuentra el residuo de aceite lubricante automotriz, por lo cual es considerado un residuo peligroso internacionalmente (PNUMA, 1989).

3.4.2 Legislación nacional respecto a la gestión de residuos

A nivel nacional, en 1989 se emitió el Reglamento sobre Manejo de Basuras (Decreto 19049-S, no vigente actualmente), en el cual, basado en las directrices y principios dados en Estocolmo, El Cairo y Basilea, el país da el primer paso en manejo de los residuos. En este reglamento se contemplan los residuos especiales, y se establece que requieren una diferenciación en su manejo (Reglamento Sobre Manejo de Basuras, 1989).

En el año 1993 se declara el Plan Nacional para el Manejo de Desechos 22932-S-MIRENEM, el cual menciona que tanto los residuos ordinarios como peligrosos no están siendo manejados de manera correcta. Los problemas administrativos, técnicos y financieros hacen que el 54% de los residuos producidos sean dispuestos en ríos, calles y lotes vacíos. Debido a esto se promueve una estrategia nacional para el manejo de residuos, la cual está fundamentada en criterios técnicos y científicos (Plan Nacional Manejo de Desechos, 1993). Posteriormente se promulga la Ley para la Gestión Integral de los Residuos 8839 la cual tiene como objetivo regular la gestión integral de residuos y el uso eficiente de los recursos, mediante la planificación y ejecución de acciones regulatorias, operativas, financieras, administrativas, educativas, ambientales y saludables de monitoreo y evaluación (Ley Para

La Gestión Integral de Residuos, 2010). Esta ley es de suma importancia debido a que abarca integralmente la gestión de los residuos desde la generación en la fuente hasta su disposición final y brinda una jerarquización en la gestión de estos. Por otra parte se le dan funciones específicas a las municipalidades, enfatizando que serán los responsables por los residuos generados en su cantón, asimismo se le asignan responsabilidades a los generadores y gestores (Ley Para La Gestión Integral de Residuos, 2010).

3.4.2.1 Reglamento General para la Clasificación y Manejo de Residuos Peligrosos

Para el año 1998 se emitió el Reglamento sobre las características y listado de los desechos peligrosos industriales 27000-MINAE, el cual permite clasificar un residuo como peligroso dependiendo de sus características. Los clasifica como explosivo, inflamable, reactivo, tóxico, biológico infeccioso, corrosivo y otros (Reglamento Sobre Las Características y Listado de Los Desechos Peligrosos Industriales, 1998). Ese mismo año se publica el Reglamento para el Manejo de los Desechos Peligrosos Industriales 27001-MINAE, con el fin de unificar la nomenclatura y clasificación de los residuos que por sus cualidades físicas o químicas sean considerados peligrosos. Además este decreto en sus artículos 5 y 10.3 desde las reformas realizadas en el 2015, hace obligatorio para todos los generadores, transportistas y gestores notificar a la Contraloría Ambiental, la generación, transporte, y gestión de los residuos peligrosos (Reglamento Para El Manejo de Los Desechos Peligrosos Industriales, 1998). Ambos reglamentos fueron reformados por el decreto ejecutivo 37788 " Reglamento General para la Clasificación y Manejo de Residuos Peligrosos" el cual a su vez fue derogado por el Reglamento General para la Clasificación y Manejo de Residuos Peligrosos 41527-S-MINAE (Reglamento General Para La Clasificación y Manejo de Residuos Peligrosos, 2019).

Este último reglamento viene de la obligación que tiene el Estado de velar por la salud pública y la calidad de vida, así como de la conservación de la biodiversidad. También por la existente necesidad de dar definiciones, procedimientos y requisitos en materia de manejo integral de residuos peligrosos de manera aún más específica, acorde con los requisitos internacionales especialmente con lo estipulado por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE). El objetivo de este reglamento es establecer las condiciones y requisitos para la clasificación de los residuos peligrosos, así como las normas y procedimientos para

la gestión de estos, desde una perspectiva sanitaria y ambientalmente sostenible (Reglamento General Para La Clasificación y Manejo de Residuos Peligrosos, 2019).

Para poder aplicar este reglamento primero se debe clasificar el residuo como peligroso, el Artículo 5 establece que todo residuo que se encuentre dentro de cualquier categoría del Anexo I del Convenio de Basilea, será considerado peligroso. Como se mencionó anteriormente el residuo de aceites lubricantes automotrices se encuentra dentro de este anexo. Es importante destacar que serán considerados residuos peligrosos aquellos residuos ordinarios, que se mezclen con residuos peligrosos, como por ejemplo los contenedores en los cuales se almacena el residuo de aceite lubricante automotriz, así como, materiales absorbentes contaminados con el mismo (Reglamento General Para La Clasificación y Manejo de Residuos Peligrosos, 2019).

Se establece que el manejo de los residuos peligrosos debe contener las siguientes etapas: generación, clasificación e identificación, pre tratamiento, acopio, transporte, tratamiento, valorización o recuperación y disposición final. Este manejo se da por parte de tres administrados principales, los cuales son, generadores, transportistas y gestores. Cada uno debe de cumplir con una serie de responsabilidades, dependiendo de la etapa del manejo del residuo (Reglamento General Para La Clasificación y Manejo de Residuos Peligrosos, 2019). A continuación, se mencionan las responsabilidades de interés para esta investigación de cada uno de los administrados principales.

Responsabilidades de los generadores

- Garantizar el manejo integral del residuo que produce.
- Debe identificar el origen, cantidad, características de peligrosidad y destino, asegurando su completa trazabilidad.
- Debe poseer un análisis de gestión de riesgos del residuo.
- Garantizar que el envasado o empacado, embalaje y etiquetado de los residuos peligrosos se realice conforme al reglamento.

Responsabilidades de los transportistas

- Deberán portar y acatar lo establecido en el manifiesto de transporte sobre rutas, horarios, conductores y receptores autorizados.
- Respetar las incompatibilidades de los residuos a transportar

Responsabilidades de los gestores

- Estar autorizados e indicar expresamente los sitios donde se acopiarán, procesarán y manipularán los residuos peligrosos para su posterior valorización o tratamiento.
- Contar con una lista de los generadores a los cuales se les brinda servicio, incluyendo la naturaleza de los residuos, la cantidad y el tipo de tratamiento que reciben.

Por último, este reglamento contempla que, para las condiciones del país, se considerará como disposición final, la exportación de los residuos peligrosos valorizables y no valorizables bajo los lineamientos del Convenio Basilea sobre Control Fronterizo de Residuos Peligrosos y su Eliminación, para lo cual los residuos deben ser adecuadamente acondicionados. Si los residuos no van a ser exportados, y serán dispuestos en territorio nacional, la disposición será en rellenos sanitarios de seguridad o en celdas de seguridad dentro de rellenos sanitarios (Reglamento General Para La Clasificación y Manejo de Residuos Peligrosos, 2019).

3.4.2.2 Reglamento para la Declaratoria de Residuos de Manejo Especial

En el 2014 entra en vigencia el Reglamento Para La Declaratoria de Residuos de Manejo Especial 38272-S, el cual tiene como objetivo establecer los procedimientos y los diferentes niveles de responsabilidad para la gestión de los residuos, así mismo incorpora el principio de Responsabilidad Extendida del Productor, en el cual los productores o importadores tienen la responsabilidad del producto durante todo su ciclo de vida (Reglamento Para La Declaratoria de Residuos de Manejo Especial, 2010).

Este es de gran importancia ya que incluye al aceite lubricante automotriz como un residuo de manejo especial. No obstante en el artículo 2 de este reglamento se menciona como parte del alcance: “los residuos declarados como de manejo especial, se excluyen de la regulación para residuos peligrosos durante su fase de entrega, recepción, acopio, transporte, segregación y almacenaje, siempre y cuando mantengan su forma, blindaje o hermeticidad; es decir, hasta tanto no sean desensamblados, tratados o alterados para su tratamiento o disposición final; y mientras se manejen según el Plan de Cumplimiento aprobado”. Por lo tanto siempre y cuando el residuo de aceite lubricante no cumpla con lo expuesto en este artículo 2, deberá de ser manejado como un residuo peligroso. (Walter Zavala, comunicación personal, 25 de mayo del 2021).

3.5 Valorización de residuos generados en los centros de servicio automotriz

Existen dos métodos principales para valorizar los residuos generados en centros de servicio automotriz, los cuales son coprocesamiento y re refinamiento (Durrani et al., 2011). El coprocesamiento es una técnica que permite utilizar los residuos como combustible alternativo, esto debido a su poder calórico, esta técnica es aplicada en hornos cementeros. Si bien el residuo de aceite lubricante es utilizado en grandes cantidades como combustible alternativo, existe la opción del re refinamiento. Este proceso es ofrece diferentes técnicas para su tratamiento y además brinda la posibilidad de reutilizar el aceite. La escogencia de la técnica para la re refinación se hace de acuerdo al aceite base del residuo y la composición de sus contaminantes (Josiah & Ikiensikimama, 2010).

3.5.1 Re refinación del aceite automotriz usado

El principio para poder valorizar el residuo de aceite lubricante por medio de re refinación es que no se deteriora ni se daña, simplemente se ensucia, por lo que el residuo tiene todas las cualidades del producto original, solo que contaminado con impurezas. Lo cual implica que al recibir un tratamiento donde estas impurezas sean removidas, podría ser reutilizado en diferentes aplicaciones (Emam & Shoaib, 2013).

Siguiendo el tratamiento adecuado el residuo de aceite lubricante vuelve a tener un valor importante, ya que puede ser re refinado en aceite base para la producción de un nuevo aceite lubricante, puede ser re procesado para ser convertido en un combustible con aplicaciones industriales o como materia prima para productos a base de petróleo (Bridjanian & Sattarin, 2006).

3.5.1.1 Re refinación convencional

Las dos tecnologías más utilizadas para el proceso de re refinación son:

- Tratamiento con ácido sulfúrico y arcilla blanqueadora.
- Tratamiento de extracción por destilación y arcilla blanqueadora.

El tratamiento con ácido sulfúrico y arcilla blanqueadora consiste en filtrar al vacío el residuo de aceite lubricante, esto para eliminar impurezas tales como polvo o virutas de metal provenientes del desgaste de las piezas del motor, posteriormente se deja reposar y se le agrega el ácido sulfúrico el cual tiene como función eliminar las impurezas que no fueron retenidas mediante la filtración, por último se hace pasar nuevamente por un filtro pero esta vez de arcilla blanqueadora, la cual logra darle el color deseado. Por otra parte en el

tratamiento de extracción por destilación y arcilla blanqueadora, primero se destila todo el contenido de agua que puede haber en el residuo de aceite lubricante, posteriormente se incrementa la presión y la temperatura para eliminar los gases disueltos, y por último se obtiene un residuo de color negro, este se filtra a través de la arcilla blanqueadora para lograr el color deseado (Bridjanian & Sattarin, 2006).

Para saber si estos tratamientos son efectivos se deben medir ciertos parámetros tanto en el aceite nuevo, el residuo de aceite y el re refinado. El índice de viscosidad es uno de los parámetros más importantes en los aceites lubricantes, este indica el grado de cambio que puede tener la viscosidad a diferentes temperaturas (Udonne, 2011). A medida que el aceite se va contaminando y cumple con el kilometraje establecido, el índice de viscosidad disminuye. Por lo que es un buen indicador para medir la efectividad de un tratamiento, si el índice de viscosidad posterior al re refinamiento se acerca al del aceite original, el proceso es considerado efectivo (Emam & Shoaib, 2013).

Según mencionan Bridjanian y Sattarin, Udonne (Bridjanian & Sattarin, 2006; Udonne, 2011) el índice de viscosidad en una prueba a 100°C para un aceite lubricante nuevo es de 92,8 SSU y para un aceite usado es de 21,1SSU por lo que su capacidad para cumplir su función a diferentes temperaturas disminuye considerablemente. Pero si vemos el caso del aceite re refinado varía de un 84,0 a 88,9 SSU de índice de viscosidad, esto dependiendo de si se utiliza el tratamiento de ácido sulfúrico y arcilla blanqueadora o el tratamiento de extracción por destilación y arcilla blanqueadora, siendo el primero el más eficiente

Si bien estos procesos de re refinación del residuo de aceite lubricante son efectivos y le devuelve las propiedades originales, tienen el problema de que para re refinar el aceite se generan grandes cantidades de residuos, los cuales también representan un riesgo potencial para el ambiente y la salud (Durrani et al., 2011). Residuos tales como, lodos producto de sedimentación, tortas de filtración y aguas residuales con altos contenidos de metales pesados y de ácido sulfúrico, el cual se encuentra hasta en un 17% m/m en las tortas de filtración (Cao et al., 2009). Se estima que por cada 1000 toneladas de residuo tratado se generan 200 toneladas de subproductos, los cuales también son altamente peligrosos (Sauvé et al., 2016). Esta generación adicional de residuos termina disminuyendo la eficiencia del proceso, ya que se trata un residuo peligroso pero se generan otros, además se debe tomar en cuenta la

inversión que representa el tratamiento de este nuevo subproducto generado (Botas et al., 2017).

3.5.1.2 Re refinación por micro membrana

Debido a lo expuesto anteriormente, es importante buscar otro tipo de tratamiento el cual permita reciclar el residuo de aceite lubricante sin la generación de los subproductos peligrosos, o bien, con una minimización en la cantidad generada, por lo que existe una necesidad de utilizar nuevos tratamientos, y como explica Cao *et al* (Cao et al., 2009) la filtración por membrana es una opción que muestra bastantes ventajas desde el punto técnico. Este proceso es continuo por ende se puede llevar a cabo más rápido, tiene un bajo consumo energético y es versátil, debido a que se adapta a los diferentes tipos de residuo de aceite lubricante.

Al usar la filtración por membrana como tratamiento para el residuo de aceites lubricantes se logra remover del 98-100% los contaminantes particulados, de un 25-40% las resinas, entre 72-94% de cenizas y se alcanza un índice de viscosidad de 91. Por otra parte, la recuperación del aceite regenerado es de 85-90% por lo que existe muy poca pérdida, haciendo de este un tratamiento muy efectivo (Cao et al., 2009).

La re refinación logra transformar este residuo en una materia prima la cual podrá ser utilizada en la elaboración de nuevos productos, evitando la extracción de recursos no renovables. Esta tecnología no se encuentra disponible en todos los países, por lo que muchos deben de exportar este residuo para ser re refinado, lo que aumenta considerablemente el costo de su tratamiento (Sauvé et al., 2016).

3.5.2 Co procesamiento del aceite lubricante automotriz usado y otros residuos provenientes de centros de servicio automotriz

Debido al poder calórico tanto del aceite lubricante como de plásticos, cartones y sólidos impregnados con este, se pueden utilizar como combustible alternativo, siendo un método de valorización para estos residuos el co procesamiento en hornos cementeros.

Este método sustituye el combustible convencional del horno por diferentes residuos, se utiliza como una forma alternativa de energía para el horno, donde el poder calorífico de cada residuo es aprovechado para alcanzar la temperatura necesaria para la producción de clinker (Andrade et al., 2017).

La principal ventaja de este tratamiento es que le ofrece a la industria cementera una reducción de emisiones atmosféricas globales, debido a la utilización de estos residuos como fuente de energía alternativa en los hornos, genera una disminución en emisiones de CO₂, SO₂ y NO_x, esto debido a que los residuos que reemplazan al combustible generan menores niveles en las emisiones, además representa un ahorro económico, ya que el costo energético de la producción de cemento representa un 40% del total de los costos de producción, y al utilizar residuos como combustible alternativo este porcentaje disminuye inclusive hasta el 20% (Genon & Brizio, 2008).

Esta valorización resulta efectiva ya que el horno cementero alcanza una temperatura de 1450°C, y para la destrucción de los residuos peligrosos se ocupa una temperatura mayor a los 850°C por al menos dos segundos para poder garantizar su destrucción (GTZ-Holcim, 2006). La limitación que presenta este tipo de valorización es que en algunos residuos de aceite lubricante existen trazas de cloro, el cual al estar en un proceso de combustión produce dioxinas, por lo que dependerá de la concentración de cloro en cada residuo para poder ser utilizado en el co procesamiento(Chatziaras et al., 2016).

3.6 Situación actual del residuo en el país

Según datos del Sistema de Gestión de Residuos Peligrosos (SIGREP), en el año 2019 se gestionaron 31 267 742 kg de residuos peligrosos, el aceite lubricante usado fue el más recuperado con 9 218 505 kg, esta cifra representa el 30% de los residuos peligrosos gestionados en el país, para ese año. Históricamente este residuo desde el año 2015 ocupa el puesto número 1 como el residuo peligroso más gestionado en el país. Por otra parte, materiales de trabajo contaminados tales como trapos y mechas con grasas y aceites se gestionaron 621 852 kg, envases que contienen restos de sustancias peligrosas o fueron contaminados con estas 42 487 kg y filtros de aceite 31 059 kg. (SIGREP, 2019).

Actualmente en Costa Rica existe la opción de co procesamiento en horno cementero, los cuales pertenecen a las compañías Lafarge-Holcim ubicada en la provincia Cartago y CEMEX ubicada en la provincia de Guanacaste, donde en conjunto para el año 2019 coprocesaron 2 509 442 kg de residuo de aceite lubricante según los datos obtenidos en el SIGREP (Walter Zavala, comunicación personal, 26 de mayo del 2021).

Por otra parte, existen compañías como Ecotrading la cual se ubica en Cartago y se encarga de re refinar el aceite lubricante usado desde el año 2009, en su proceso reciben el residuo de

aceite lubricante, lo filtran y decantan para obtener un aceite base y así exportarlo para la producción de nuevos aceites lubricantes (Marlon Cruz, comunicación personal, 9 de febrero del 2021).

La empresa Metalub Soluciones Verdes que opera en el país desde el año 2013, se encarga de la recolección y exportación del residuo a sus plantas en Estados Unidos, donde se le da el re refinamiento al residuo de aceite lubricante, y posteriormente comercializa el aceite re refinado en el país. Es decir Metalub brinda la opción de re refinación, pero no en el territorio nacional (Metalub, 2019).

Metalub reportó que para el año 2017 recolectó 30 000 litros por mes de aceite lubricante usado para poder ser valorizado, además reportan que esta cifra sigue en aumento, por esta razón la empresa prevé instalar una planta de re refinación en el país, siendo la primera en todo Centroamérica que realice tanto la descontaminación del residuo como la producción de aceite nuevo. El impacto esperado del proyecto será de 3 600 toneladas de residuo recuperado y de 300 000 toneladas de gases de efecto invernadero reducidas (Ramírez, 2017, 2019).

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Generación y gestión de los residuos en los centros de servicio automotriz en la provincia de Heredia.

Si bien existen un gran número de establecimientos en todo el territorio nacional que brindan el servicio de cambio de aceite, el área de estudio se delimitó a los establecimientos en la provincia de Heredia. Esto debido a la complejidad del muestreo, la falta de información relacionada con el número real y total de este tipo de negocios, además de que el propósito de esta investigación es que sirva como un plan piloto para posteriormente realizarse en otros puntos del país o bien a nivel nacional.

Inicialmente se realizó una exhaustiva búsqueda de información respecto a cuántos establecimientos hay en la provincia, esto debido a que no existe una institución u asociación donde todos se encuentren inscritos.

4.1.1 Zona de estudio

La provincia de Heredia tiene una superficie total de 2656,98 km² y una población de 512 172 habitantes para el año 2018, según datos oficiales del Instituto Nacional de Censos y Estadísticas (INEC, 2018). La provincia se encuentra dividida en 10 cantones: Heredia, Barva, Santo Domingo, Santa Bárbara, San Rafael, San Isidro, Belén, Flores, San Pablo y Sarapiquí. En la figura 1 se muestra el mapa de la provincia y su ubicación en el país.

Los centros de servicio automotriz muestreados se encuentran distribuidos en todos los cantones de la provincia, siendo el cantón Heredia el que más puntos muestreados posee y el cantón de Flores el que tiene una menor cantidad.

Mapa de la división cantonal de la provincia de Heredia, Costa Rica

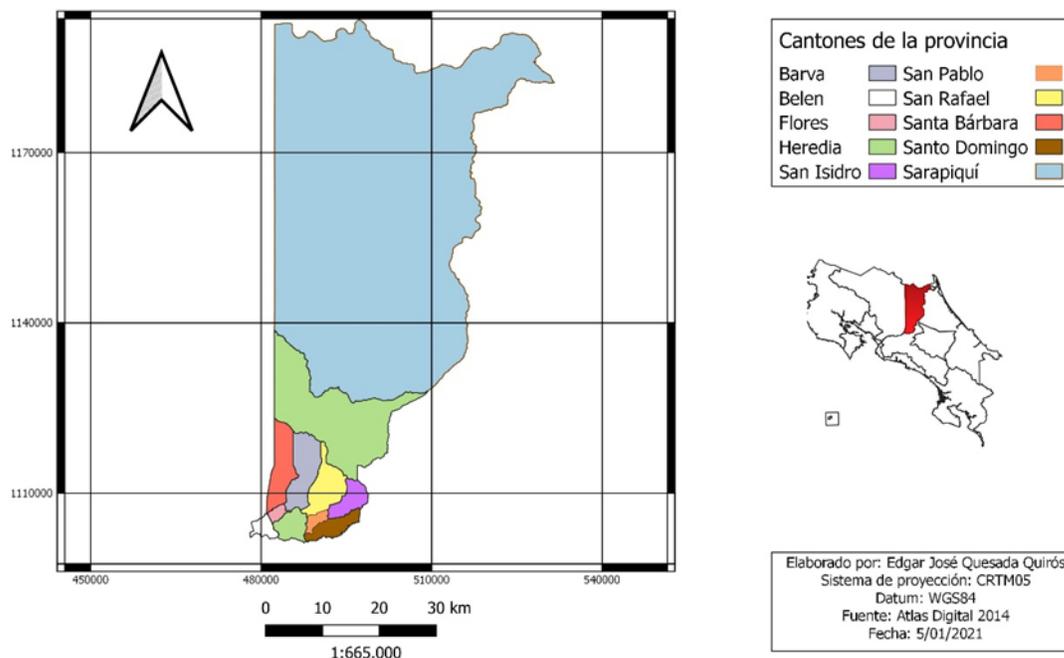


Figura 1. Mapa de la provincia de Heredia y sus cantones.

4.1.2 Población de estudio

Para poder definir la población a estudiar se realizó una revisión de los distintos establecimientos que brindan el servicio de cambio de aceite al público, donde se encontraron tres tipos de comercios específicos:

- Estaciones de servicio (gasolineras)
- Lubricentros
- Talleres mecánicos

Si bien los lubricentros son los comercios especializados en dar este servicio, se encontró que muchas gasolineras y talleres de mecánica lo brindan como un servicio complementario al consumidor, por lo que deben de ser tomados en cuenta en este estudio ya que también forman parte de los generadores de residuo de aceite lubricante.

4.1.3 Tamaño de muestra

Como se mencionó anteriormente, no se conoce la cantidad total de establecimientos que realizan cambios de aceite, por lo cual extraer una muestra de esta población para su estudio estadístico es complejo. Se intentó averiguar por distintos medios tales como Permisos

Sanitarios de Funcionamiento (PSF) y por Patentes Municipales, pero estos no siempre concuerdan con las actividades realizadas en el establecimiento.

Según menciona Morales, 2016, en su trabajo se hace una recopilación de 47 lubricentros, talleres mecánicos y estaciones de servicio que realizan cambio de aceite en la provincia de Heredia. Siendo esta la única información al respecto, se decide corroborar la existencia de estos 47 locales y muestrearlos en su totalidad. Además, se hace una búsqueda en páginas web y redes sociales para encontrar más establecimientos que no estuvieran dentro de la recopilación realizada por Morales, se encuentran 2 más para un total de 49 establecimientos. Estos se encuentran en un listado clasificado por cantón en el Apéndice 1.

4.1.4 Elaboración y aplicación de la encuesta

Se elabora un instrumento (encuesta) que permita recolectar la información relacionada con el manejo que brindan estos establecimientos a los residuos, así como aspectos de cumplimiento legal básicos relacionados con la materia. El instrumento completo se encuentra en el Apéndice 2.

Esta encuesta consta de dos secciones, la primera de 23 preguntas donde se obtienen datos generales del establecimiento y posteriormente se consultó sobre la información acerca de los residuos generados, el tratamiento que reciben y los gestores que se encargan de estos residuos. Por otra parte, la segunda sección es una lista de verificación de cumplimiento del Reglamento para el Manejo de los Desechos Peligrosos Industriales 27001-MINAE, en la cual solo se puede responder Sí/No, donde se evalúan parámetros de separación, acumulación, almacenamiento de los residuos, manejo de derrames y sistema contra incendios.

La aplicación de esta encuesta fue mediante visitas presenciales a todos los establecimientos, en donde el encuestado era el administrador o dueño, esto debido a que son los que tienen el conocimiento administrativo y operativo.

4.2 Manejo por parte de empresas gestoras para la gestión de los residuos provenientes de los centros de servicio automotriz.

Debido a que los residuos generados en los centros automotrices son entregados a gestores tanto formales como informales, es importante el estudio de la gestión que estos reciben. En la encuesta aplicada a estos establecimientos se les consultó cuál gestor utilizaban para el manejo de sus residuos. A partir de la información brindada, se encontraron 9 empresas

gestoras inscritas como gestores autorizados en el Ministerio de Salud y en la plataforma del SIGREP de la Contraloría Ambiental, sin embargo, se evidenció la existencia de una gran cantidad de gestores informales, en su mayoría de carácter anónimo que brindan el servicio. Se identificó el manejo que es brindado por parte de los gestores, el tipo de tratamiento y valorización que reciben los residuos en el país o si estos son exportados, además de conocer las tecnologías disponibles para así poder analizar sus características y su apego a la legislación nacional.

4.2.1 Zona de Estudio

Si bien la zona de estudio para los centros de servicio automotriz se delimitó únicamente a la provincia de Heredia, los gestores consultados se ubican en todo el territorio nacional, esto debido a que muchos de los que brindan el servicio a los establecimientos encuestados, tienen sus instalaciones en otra provincia. Es gracias a rutas de recolección que los residuos son transportados desde su punto de generación hasta el lugar donde serán gestionados.

4.2.2 Tamaño de muestra

A estas 9 empresas, se les invitó a participar en la encuesta y se encontró que 6 de ellas se dedican solo al transporte de los residuos, por lo que se procedió a entrevistar a los gestores a los cuales estas empresas transportistas le entregan los residuos. Esto debido a que son los gestores los que tratan, valorizan y exportan los residuos. En total fueron 4 gestores los entrevistados, debido a que algunos no aceptaron ser parte de esta investigación.

Respecto a los gestores informales, es complicado tener un contacto debido a que operan bajo el anonimato y por la ilegalidad de sus acciones, la mayoría se negó a participar. Se logró realizar únicamente una encuesta a un gestor informal, este opera en la zona norte de la provincia de Heredia, en el cantón de Sarapiquí.

En síntesis, la población de estudio fue un total de 5 gestores entrevistados: 4 formales y 1 informal. La lista con los nombres y ubicación de dichos gestores se encuentra en el Apéndice 3.

4.2.3 Elaboración y aplicación de la herramienta de recolección de datos

De igual forma que para los generadores, se elaboró un instrumento para la recolección de información la cual fue una encuesta, que constó de 15 preguntas de respuesta abierta. Esta permitía obtener información acerca de las fases de transporte y gestión de los residuos por parte de cada gestor. Las preguntas de la encuesta se basaron en los artículos 10 y 13 del

Reglamento para el Manejo de los Desechos Peligrosos Industriales 27001-MINAE. El artículo 10 aborda los requisitos del transporte y las obligaciones de los transportistas, mientras que, en el artículo 13 se indican los requisitos de las instalaciones de tratamiento y disposición de desechos peligrosos. El instrumento completo se encuentra en el Apéndice 4. Estas encuestas se realizaron de manera virtual por la plataforma de Microsoft Teams, excepto con el generador informal el cual se encontraba en un lubricentro al momento de ser consultado.

4.3 Guía para la gestión de los residuos producidos dirigido a los centros de servicio automotriz

Luego de evaluar y obtener datos tanto de generadores como gestores, se determina que los generadores no poseen el conocimiento básico en cuanto a la gestión de los residuos y que no hay una consciencia ambiental desarrollada en este gremio. Por esto se procede a elaborar una guía para la gestión de los residuos dirigida a los centros de servicio automotriz. Esta fue entregada a 2 establecimientos, los cuales mostraron interés en querer mejorar la gestión de sus residuos, la experiencia generada al implementarla será la base para que en futuras investigaciones se pueda elaborar un manual validado para la gestión de los residuos generados en este tipo de establecimientos.

4.3.1 Elaboración de la guía dirigida a los centros de servicio automotriz.

Durante las encuestas realizadas a los establecimientos se determinó que tanto los administradores como los colaboradores no disponen de mucho tiempo libre dentro de sus actividades diarias, por lo que se planteó elaborar una guía rápida, la cual permita a los usuarios acceder a información básica, que sea de fácil lectura y de corta extensión.

Esta guía se encuentra en el Apéndice 5, y esta consta de 5 secciones, las cuales son

1. Introducción
2. Legislación aplicable
3. Buenas prácticas ambientales
4. Clasificación de los residuos
5. Consejos técnicos

4.3.2 Evaluación de la guía por parte de los generadores

Esta guía fue entregada a 2 centros de servicio automotriz, posterior a esto se les envió una encuesta, en la cual pudieron evaluar la calidad del documento enviado.

En esta evaluación se les pidió tomar en cuenta la relevancia de información presentada, el lenguaje utilizado, si es fácil de leer y comprender, la extensión y por último que realizaran cualquier comentario que consideraran pertinente para mejorar dicha guía. También se les realizaron preguntas respecto a la información mostrada en la guía, esto con el fin de corroborar si los puntos desarrollados son relevantes, de forma que les brinde un nuevo conocimiento en cuanto a la gestión de los residuos de su establecimiento. En el apéndice 6 se muestra la entrevista completa.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Análisis de la situación actual en los centros de servicio automotriz de la provincia de Heredia

Para analizar tanto la generación como la gestión de los residuos en los centros de servicio automotriz en la provincia de Heredia, se estudió una muestra de 49 establecimientos que ofrecen al público cambios de aceite. En la Figura 2 se muestran los distintos puntos de muestreo y su distribución en la provincia, 45 de los 49 se encuentran al sur, ya que esta parte de la provincia pertenece a la Gran Área Metropolitana y por ende es más densamente poblada, por lo que la mayoría de los comercios se ubican en esta zona.

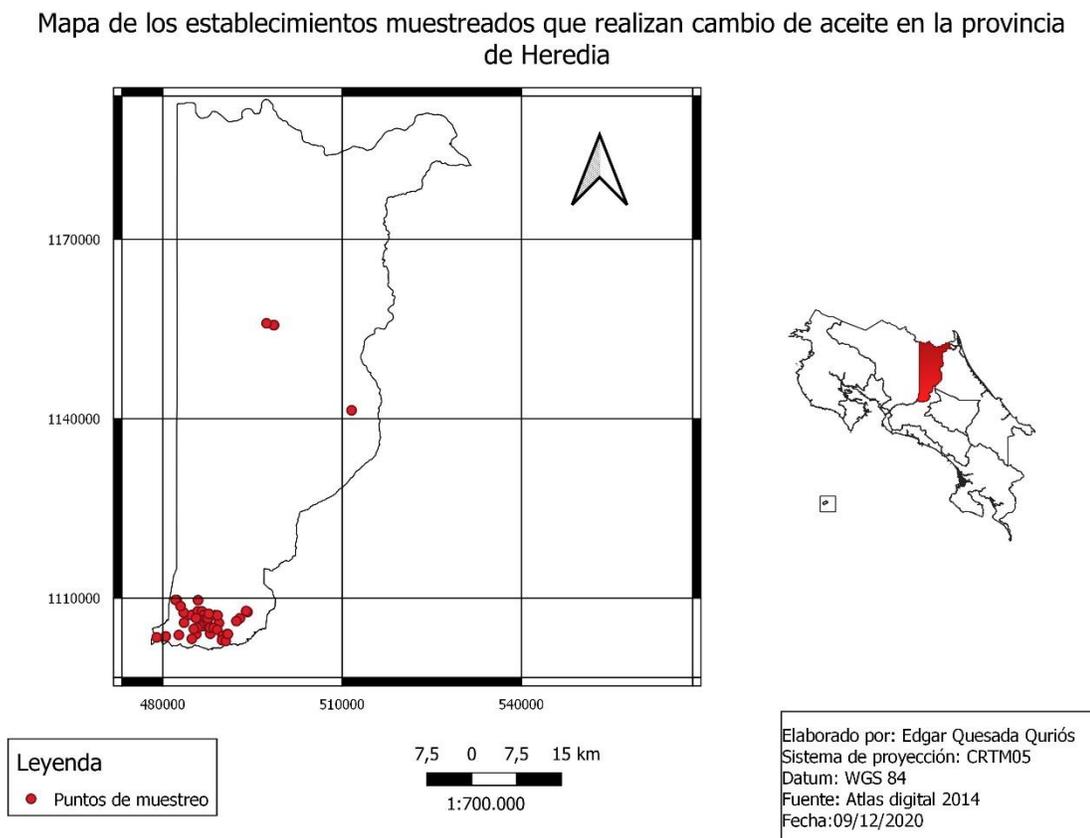


Figura 2. Distribución de los puntos de muestreo en la provincia de Heredia.

El primer parámetro evaluado en todos estos centros de servicio fue el cumplimiento legal básico, lo cual implica poseer un Permiso Sanitario de Funcionamiento (PSF) el cual es otorgado por el Ministerio de Salud, y seguidamente tener una Patente Municipal al día relacionada con la actividad realizada. De los 49 establecimientos entrevistados, 44 poseen

ambos permisos y cuentan con la evidencia que así lo confirma. Es importante destacar que los 5 establecimientos restantes aseguran tener tanto la patente como el PSF, pero no pudieron mostrar las evidencias que lo respalden.

Respecto a las patentes municipales que se les otorgan a los establecimientos, se encuentra que no existe una clasificación única para estos, debido a que operan bajo distintas ocupaciones tales como: taller mecánico, venta de repuestos, lavado de autos, lubricentros, llanteras o comercial general. Esto se debe a que en algunas municipalidades al momento de otorgarla no poseían una categoría exclusiva para cambio de aceite, o bien, los comercios cambiaron de labores y no la han actualizado. Esto representa un grave problema, ya que cada patente se encuentra vinculada a un PSF, y este posee requisitos específicos de acuerdo con la actividad realizada, por lo que muchos de estos comercios logran evitar controles al no estar inscritos con la actividad correcta.

Seguidamente se analizó la generación del residuo de aceite lubricante, primeramente, se preguntó por la cantidad de aceite que se vende en promedio por mes, y luego cuánto residuo de aceite lubricante se generó en promedio por mes. Se obtiene que para el año 2020 se vendieron 1 944 estañones (404 352 litros) y se produjeron 1 596 estañones (331 968 litros) de residuo de aceite lubricante. Esta diferencia entre el aceite vendido y el residuo generado se le puede atribuir a varios factores, tales como mal funcionamiento del motor y por ende el aceite se quema, fugas en los motores o mangueras de los automóviles, por falta de registros en los establecimientos que impide tener datos exactos, y por último clientes que compran aceite y realizan el cambio en su casa, por lo que el establecimiento contabiliza su venta pero no el residuo generado.

Posteriormente se analizaron cuáles son los gestores tanto formales como informales que se encargan de recolectar este residuo de cada uno de los establecimientos, en la Figura 3 se muestran los resultados obtenidos.

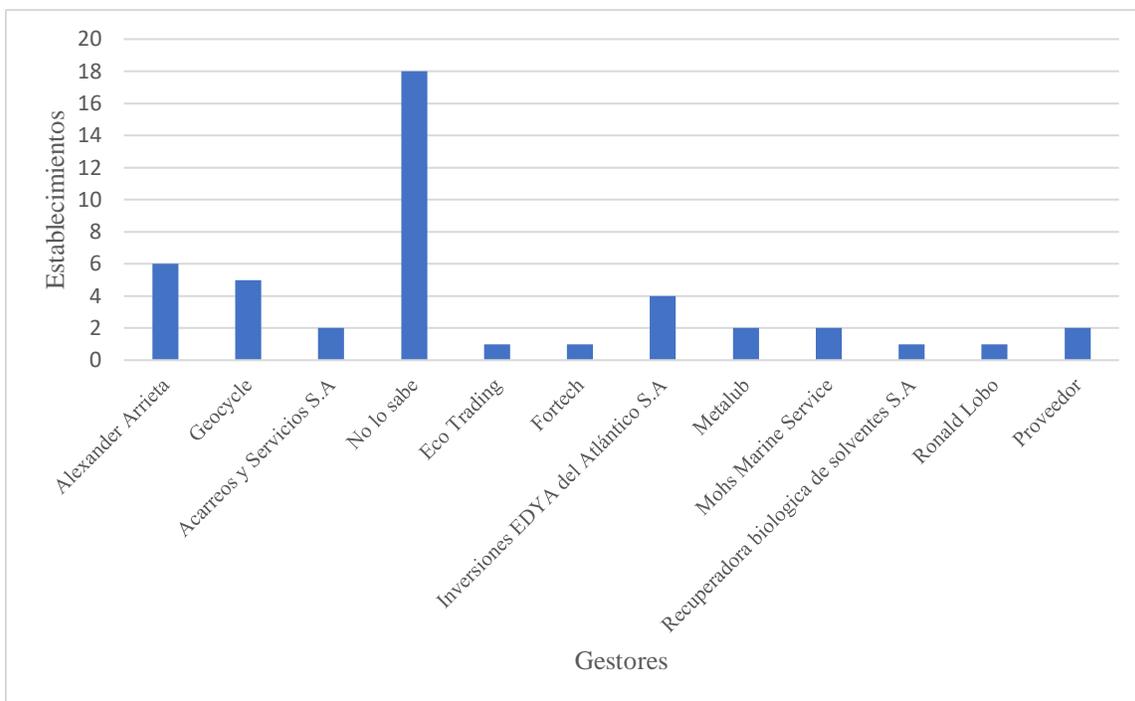


Figura 3. Gestores utilizados por los establecimientos en la provincia de Heredia.

Como se aprecia en la Figura 3 la mayoría de los establecimientos indican no saber quién es el gestor de los residuos, a lo que ellos explican que lo venden a diversos compradores informales, los cuales mes a mes llegan a los establecimientos a comprar el residuo de aceite lubricante, y que no pertenecen a ninguna empresa. Cabe destacar que Geocycle es el gestor autorizado por el Ministerio de Salud más utilizado en la provincia. Además, existe un proveedor que se encarga de vender el aceite a dos de los establecimientos y de recolectar el residuo mensualmente.

También se llevó a cabo una comparación para saber cuántos locales comerciales poseen un gestor autorizado, por lo que a todos los que indicaron que contaban con uno se les solicitaba mostrar certificados de gestión de los residuos emitidos por los gestores, con los cuales se logró corroborar la información, mientras que los que no mostraron evidencia se les clasificó como si no contaran con un gestor autorizado. Debido a esto se tiene que un 56% de los comercios no cuentan con un gestor autorizado para manejar sus residuos según se puede observar en la Figura 4.

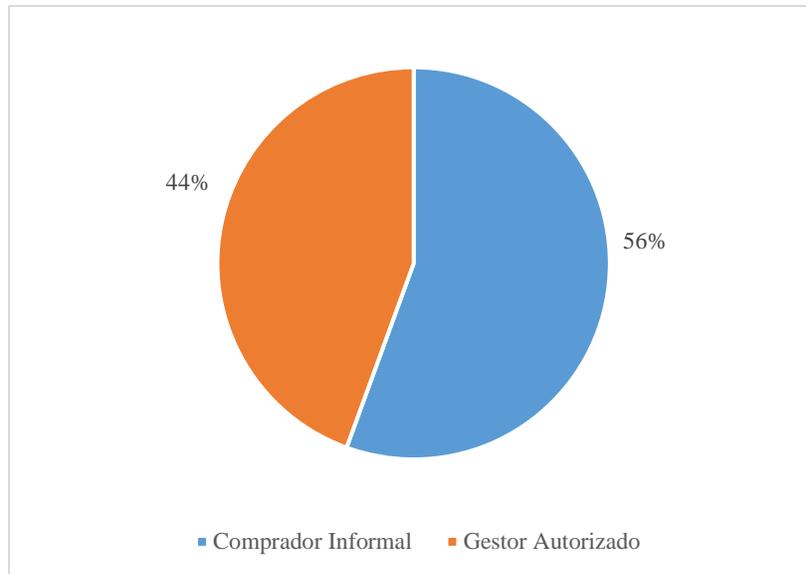


Figura 4. Comparación de la gestión formal contra la gestión informal de los residuos de aceite lubricante.

Seguidamente se averiguo cuál es el costo económico para los establecimientos de gestionar este residuo, como se puede apreciar en la Figura 5, la mayoría de los establecimientos reciben dinero por entregar el residuo de aceite lubricante.

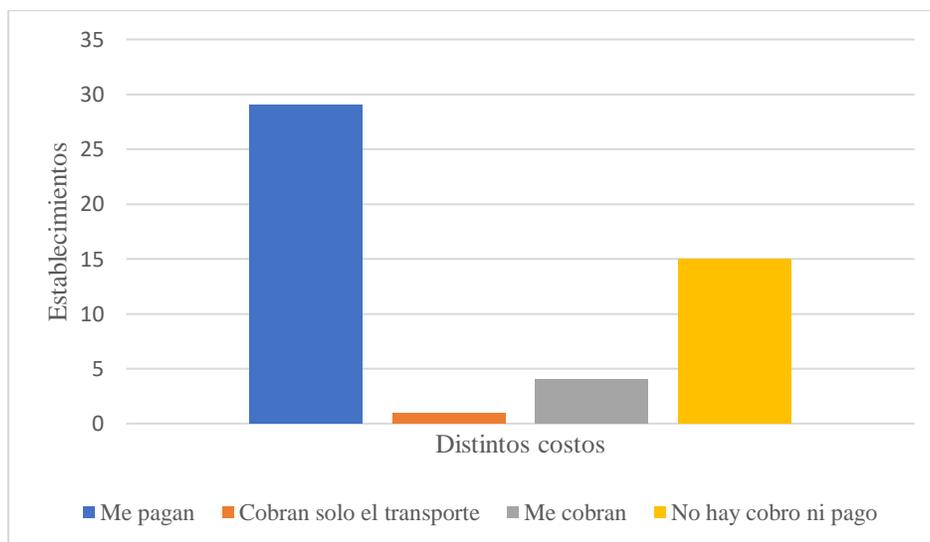


Figura 5. Costo económico de la gestión del residuo de aceite lubricante.

Los entrevistados al ser consultados en la encuesta, indicaron que el precio que los compradores informales pagan por cada estación ronda desde los 5 000 hasta 20 000 colones, esto depende de la época del año, según indican hay momentos donde vale inclusive más ya que existe mucha demanda por este residuo. Si bien los gestores autorizados también en ocasiones lo compran, a la mayoría de los locales les ofrecen un canje, en el cual no hay

cobro ni pago. Los establecimientos llegan a un acuerdo con el gestor de entregarle el residuo de aceite sin recibir dinero, pero el gestor se encarga de recolectarles otros tipos de residuos por ejemplo cartones, plásticos, textiles contaminados o piezas metálicas. Seguidamente se encuentran los establecimientos que deben de pagar por la gestión, estos son pequeños generadores por lo que no tienen la cantidad de residuo de aceite lubricante para negociar el canje y por ende los gestores les cobran el servicio completo.

Después de conocer los distintos gestores tanto formales como informales y el costo de la gestión de este residuo, es importante saber el conocimiento que tienen los generadores acerca del manejo que recibe el aceite después de que lo venden o se lo entregan a un gestor. En la Figura 6 se pueden ver las respuestas obtenidas.

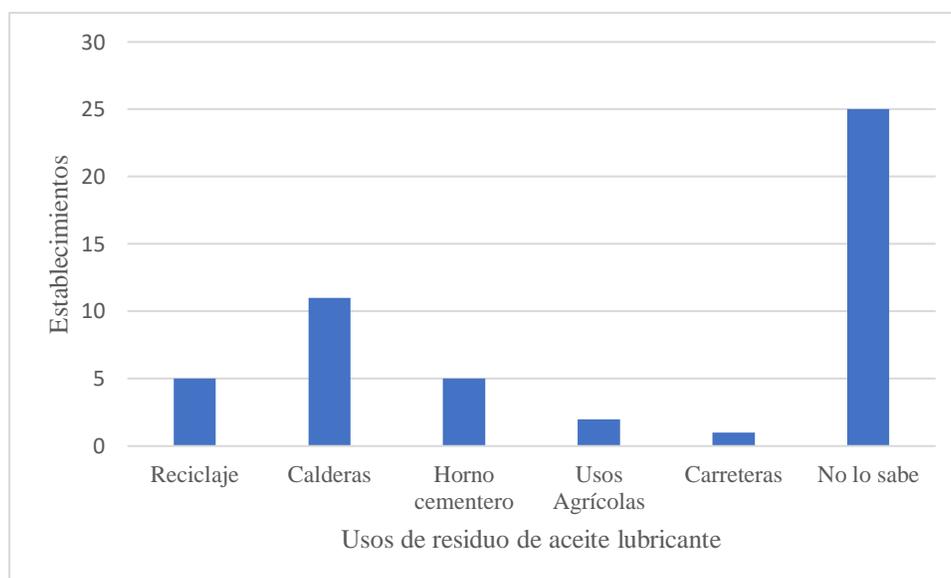


Figura 6. Conocimiento de la gestión del residuo de aceite lubricante por parte del generador.

Como se puede observar en la Figura 6 se mantiene la tendencia de que la mayoría de los generadores desconoce tanto al gestor como la gestión que se le da al mismo, por otra parte, el uso más frecuente que recibe este residuo (según conocimiento de los generadores), es como combustible alternativo en calderas, debido a que su poder calórico alto y bajo costo lo hacen una excelente opción para reemplazar al bunker o diésel. Sin embargo, esto representa un gran problema ambiental, ya que, al momento de su combustión, en sus emisiones se pueden encontrar potenciales contaminantes tales como monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), metano(CH₄), óxidos de azufre (SO_x), óxidos de nitrógeno(NO_x), material particulado, metales pesados, compuestos orgánicos y ácido clorhídrico (Zzeyani et al., 2017).

Al realizar las visitas de campo para aplicar las encuestas se logra identificar que la problemática de los residuos peligrosos es más amplia, debido a que en estos comercios se generan otros residuos los cuales están impregnados o contaminados con aceite lubricante, combustibles y solventes; tal es el caso de los materiales que se utilizan para contener derrames o limpiar superficies, los envases plásticos que contenían el aceite, ya sea en presentación de galón o cuarto y los filtros de aceite.

En la Figura 7 se pueden observar los principales métodos de contención de derrames tanto de aceite, combustibles o solventes utilizados.

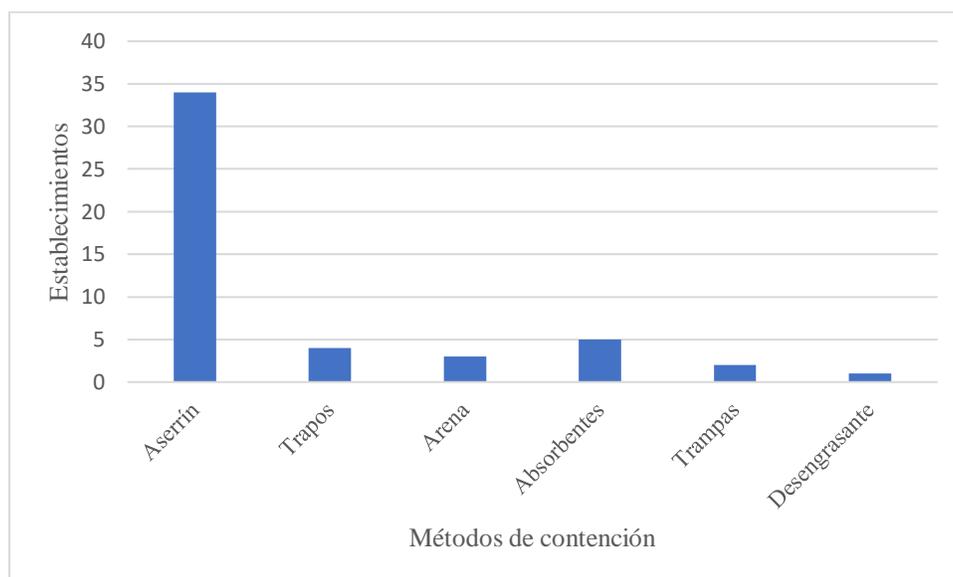


Figura 7. Métodos de contención utilizados para manejar derrames utilizados en los centros de servicio automotriz.

Estos materiales después de su uso quedan impregnados o contaminados con químicos y, por ende, se convierten en un residuo peligroso, ya que según el Reglamento General para la Clasificación y Manejo de Residuos Peligrosos 41527-S-MINAE en su Artículo 5, menciona que serán considerados como peligrosos aquellos residuos ordinarios, que se mezclen con residuos peligrosos, por lo tanto deben de ser tratados por un gestor autorizado. En la figura 8 se puede ver cuál es la gestión que reciben estos materiales para la contención de derrames según lo indicado por los encuestados.

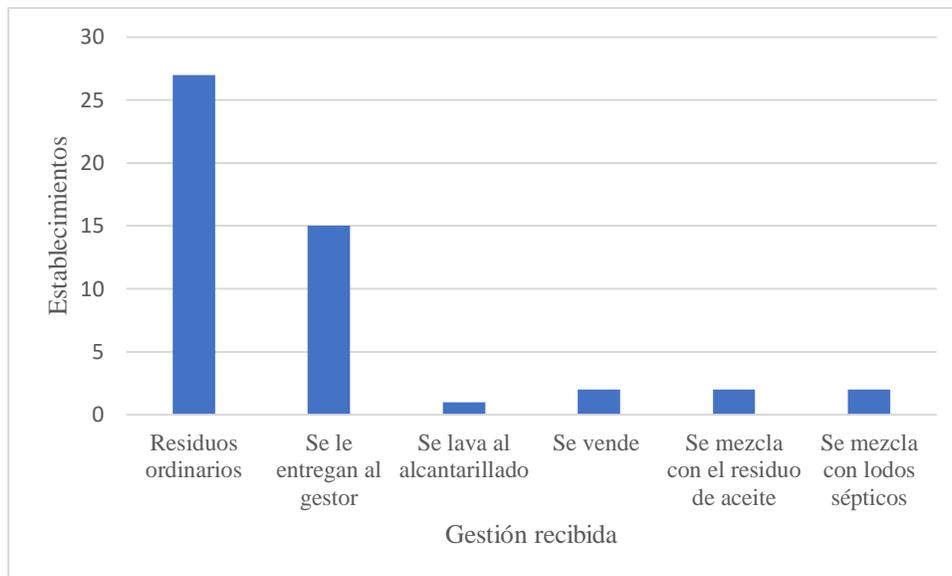


Figura 8. Gestión de los materiales usados en la contención de derrames por parte de los generadores.

Según se aprecia en la Figura 8, la forma más utilizada para gestionar estos residuos es mezclarlo con los demás residuos ordinarios, y que por medio de la recolección de residuos sólidos municipales se les dé la disposición final en un relleno sanitario. Esta no es una solución adecuada debido a que el aceite pasará a formar parte de los lixiviados que se generan en los rellenos sanitarios y estos tienen el potencial de contaminar tanto el suelo como las aguas subterráneas (Tejada et al., 2017). Por otra parte, se puede ver que solamente 15 establecimientos realizan convenios con los gestores autorizados para que sean ellos quienes se encarguen de su gestión; mientras que uno de los encuestados respondió que la arena utilizada para contener los derrames es llevada hasta el alcantarillado pluvial, finalmente 2 de los comercios depositan estos residuos en su tanque séptico.

De igual forma los envases plásticos que contenían el aceite lubricante representan un problema similar, ya que estos también se encuentran impregnados con el aceite, dado que por su viscosidad resulta muy complicado limpiarlos por completo. Como se puede ver en la Figura 9, la mayoría de estos recipientes también reciben una disposición final no adecuada como residuos ordinarios no valorizables, 20 establecimientos indicaron enviar estos residuos en la recolección municipal. Es importante destacar que 6 establecimientos entregan estos envases a las recicladoras, si bien el reciclaje es una buena práctica, para poder entregarlos deben de estar limpios, por lo que les hacen enjuagues y esta agua contaminada

con aceite es vertida en el alcantarillado sanitario o en el peor de los casos en el alcantarillado pluvial, lo cual tiene el potencial de contaminar cuerpos de agua.

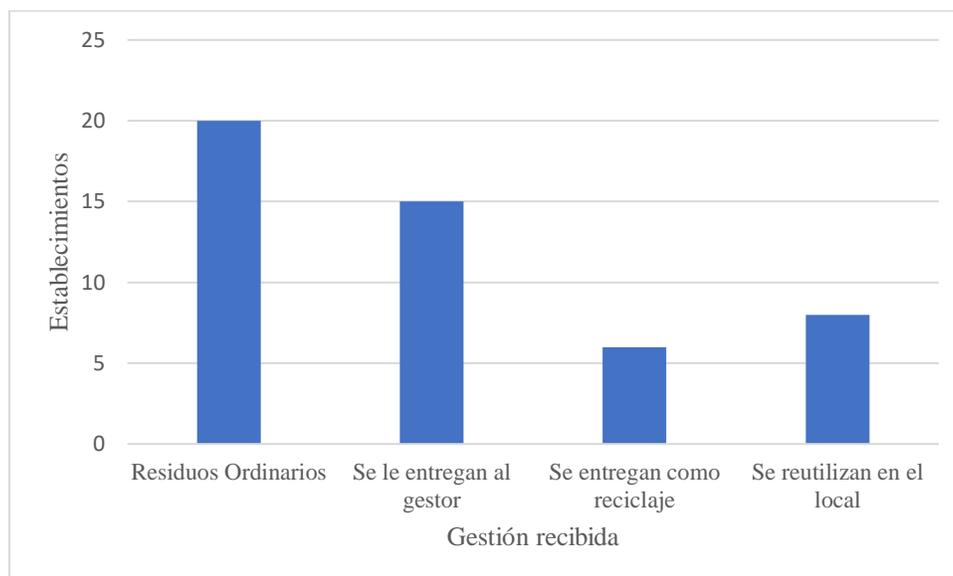


Figura 9. Gestión de los envases plásticos contaminados con aceite lubricante por parte de los generadores.

Para el caso de los filtros de aceite, por su carcasa metálica son un residuo muy buscado por los recicladores de productos metálicos o también llamados “charreros”, los cuales los compran debido al valor del metal para su fundición. Este tipo de manejo representa problemas debido a que en su interior hay aceite y una gran cantidad de contaminantes que fueron capturados por el filtro, entre los que se encuentran partículas de plomo, cadmio y arsénico, por lo que también contribuyen a la contaminación tanto por fugas de aceite o por las emisiones que se liberan cuando estos se someten a alta temperatura para ser fundidos (Gaidajis et al., 2011). En la Figura 10 se puede observar que un 31% de los establecimientos los vende como chatarra y un 12% los trata como residuos ordinarios. Cabe mencionar que 6 de los encuestados entregan los filtros desechados a los proveedores, los cuales por responsabilidad extendida del productor se encargan de recolectarlos; pero al no existir una remuneración económica los generadores optan por venderlos como chatarra.

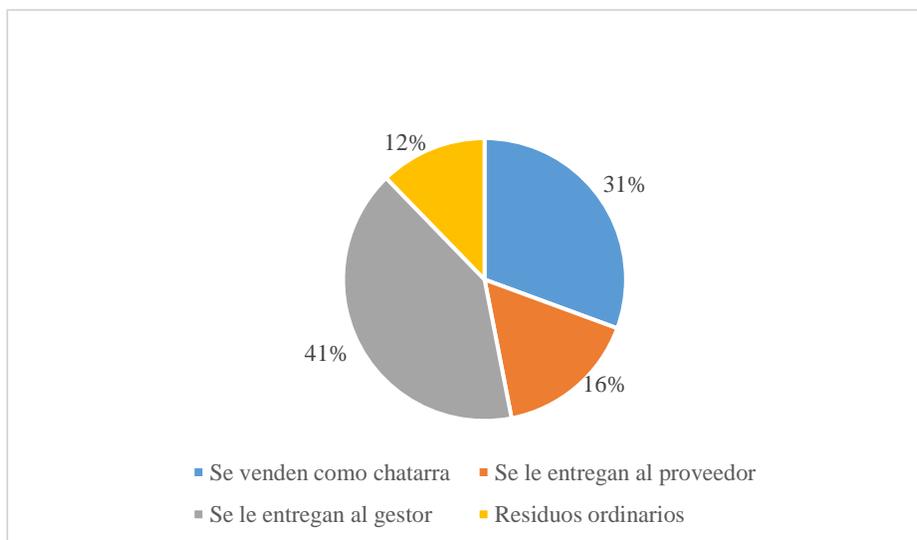


Figura 10. Gestión de los filtros de aceite por parte de los generadores.

Luego de conocer el manejo de los residuos se consultó si los establecimientos se encuentran inscritos en el Sistema de Gestión de Residuos Peligrosos (SIGREP), en el cual los generadores deben de identificar el origen, cantidad, características de peligrosidad y destino de los residuos, garantizando su completa trazabilidad. Es importante destacar que el uso de esta plataforma es de uso obligatorio desde octubre del 2015, para así facilitar el cumplimiento del decreto 27001-MINAE; pero se encontró que el 100% de los entrevistados desconoce por completo esta plataforma.

Finalmente, se hizo un análisis de las instalaciones de cada establecimiento en las fases de separación, acumulación, almacenamiento de los residuos, contención de derrames y sistema contra incendios, según los requisitos mencionados en el Reglamento para el Manejo de los Desechos Peligrosos Industriales 27001-MINAE. Para esta fase se utilizó la lista de verificación, donde cada una de las preguntas tenía el mismo peso, así que, al momento de contar las respuestas positivas y dividir las entre el total se obtiene un porcentaje de cumplimiento que se encuentra distribuido de la siguiente manera:

- Nulo 0% - 25%
- Deficiente 26% - 50%
- Intermedio 51% - 75%
- Bueno 76% - 100%

Como se observa en la Figura 11, 27 locales tienen un cumplimiento intermedio de este reglamento, seguido por 12 establecimientos con un cumplimiento deficiente. Solamente 6

establecimientos demostraron tener un cumplimiento bueno, dentro de estos cabe destacar que 4 de ellos tienen un 100% de cumplimiento respecto a la herramienta elaborada, mientras que 4 comercios muestran un cumplimiento nulo. Estos resultados indican que una gran parte de los locales tienen problemas tanto de infraestructura como de seguridad con sus instalaciones, y que, en caso de un accidente su manejo y contención va a ser mucho más complicado.

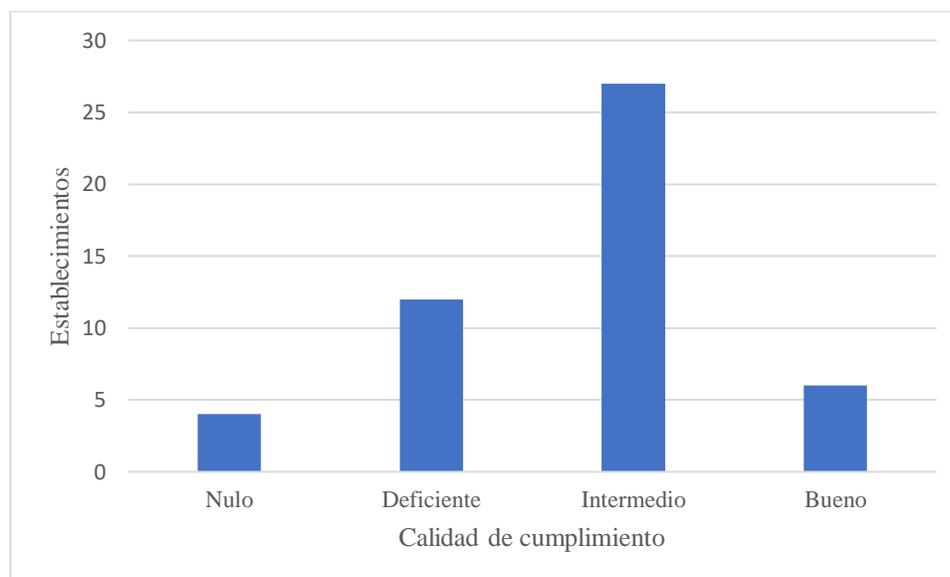


Figura 11. Cumplimiento de las instalaciones respecto al Reglamento para el Manejo de los Desechos Peligrosos Industriales N°27001-MINAE.

5.2 Identificación del manejo por parte de las empresas gestoras de residuos

Luego de la etapa de generación y almacenamiento por parte de los generadores, los residuos son entregados a empresas gestoras. Se encontró que el 56% de los establecimientos entrevistados entregan sus residuos a gestores informales, por lo que estos pueden ser manejados de forma incorrecta, y por ende provocar daños ambientales en sus diferentes matrices y a la salud humana. Como se mencionó en la sección 4.2.2, se entrevistaron 5 gestores de residuos (4 autorizados y 1 informal), con el objetivo de conocer el manejo por parte de las empresas gestoras de residuos.

Siendo el transporte la primera etapa a analizar, es importante revisar las unidades con las cuales se brinda el servicio de recolección, ya que, estas deben cumplir con los requisitos especificados en Reglamento para el Manejo de los Desechos Peligrosos Industriales 27001-MINAE en su artículo 10. Todos los vehículos automotores que se encarguen de dar transporte a residuos peligrosos deben de estar rotulados para dicha actividad, e incluir dentro

de su rotulación el riesgo asociado a los residuos. Se puede observar en la Figura 12 que el 80% de los gestores encuestados si tienen unidades rotuladas para el transporte de residuos peligrosos, siendo el gestor informal el único que no cuenta con un vehículo rotulado.

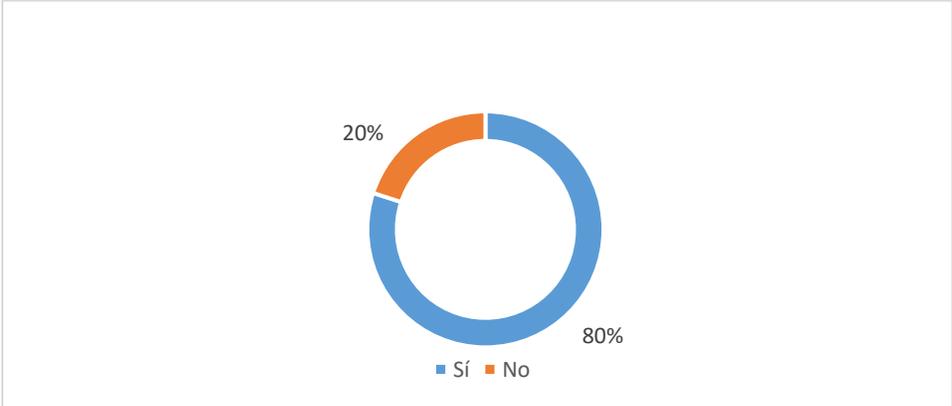


Figura 12. Porcentaje en la presencia de rotulación en las unidades de transporte de los gestores.

El reglamento además indica que todas las unidades deben de portar una ficha de emergencia, la cual especifica los pasos a seguir en caso de que se produzca un accidente o derrame durante esta etapa. Este documento debe ser elaborado por un regente químico incorporado en el colegio correspondiente. Se logró identificar que un 80% de los transportistas si portan estas fichas de emergencia, siendo el gestor informal el único que no lo hace, tal y como se puede ver en la Figura 13.

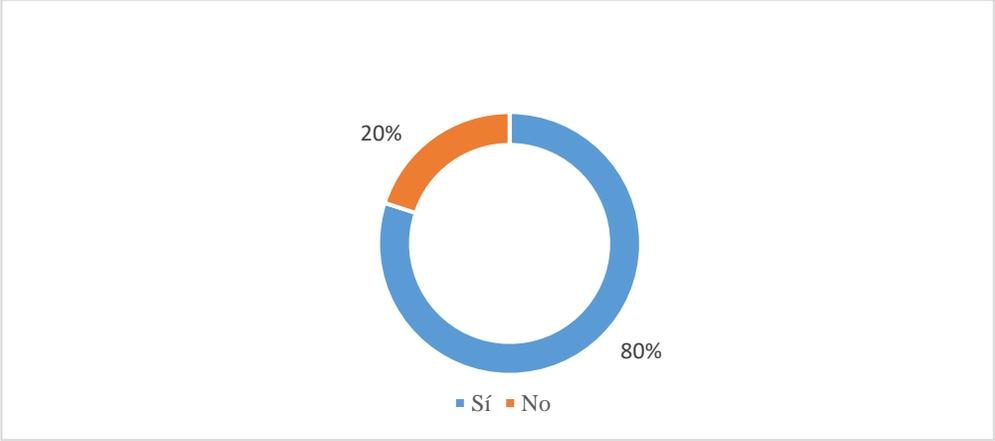


Figura 13. Porcentaje de portación de guía de respuesta en caso de emergencia.

Otro de los requisitos para los transportistas es el portar el manifiesto de transporte de residuos peligrosos, el cual debe ser notificado previamente en coordinación con el generador y gestor, a la Contraloría Ambiental. Como se pudo evidenciar, el 100% de los establecimientos encuestados no utilizan la plataforma del SIGREP de la Contraloría

Ambiental, el cual es el medio para elaborar los manifiestos de transporte, es por esto que el 60% de los gestores no exige que el manifiesto sea generado desde esta plataforma. Los resultados se pueden observar en la Figura 14. Cabe destacar que los gestores CEMEX y Wastech son los únicos que sí lo exigen en el 100% de sus operaciones, es importante destacar ninguno de los establecimientos encuestados utiliza directamente los servicios de gestión de CEMEX o Wastech, por esta razón es que el 100% de los establecimientos encuestados no participa en el SIGREP, aunque estos gestores si lo exijan. En el caso de Metalub, exige este manifiesto solo para generadores de grandes cantidades los cuales son todos aquellos que entreguen más de 5 estañones periódicamente.

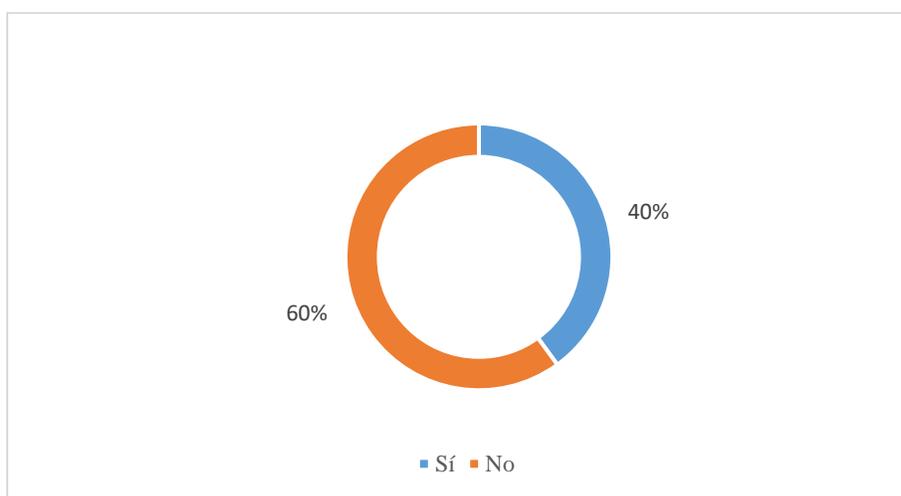


Figura 14. Exigencia a los generadores el manifiesto de transporte generado desde la plataforma del SIGREP.

Luego de analizar las unidades de transporte y sus requerimientos es importante evaluar al transportista, ya que, este desempeña un papel fundamental en esta etapa. Es a esta persona a quien le corresponde recibir los residuos del generador y por ende puede decidir si realizar o no el viaje. En caso de que el generador no cumpla con las condiciones acordadas de embalaje, etiquetado o en la composición de los residuos, el transportista debería negarse a ejecutar la recolección hasta que se solventa el incumplimiento, además en caso de un accidente este es el primero en poder actuar. Se evidencia en la Figura 15 que el 80% de las empresas transportistas no brindan capacitaciones a sus choferes acerca del manejo de residuos peligrosos y técnicas para responder ante emergencias, tampoco se les dan capacitaciones en cuanto a elaboración de rutas o manejo más eficiente. Esta carencia puede

representar un problema pues al no tener capacitaciones o refrescamiento del tema, aumenta el riesgo de confusiones o incluso se puede llegar a olvidar cómo actuar ante una emergencia.

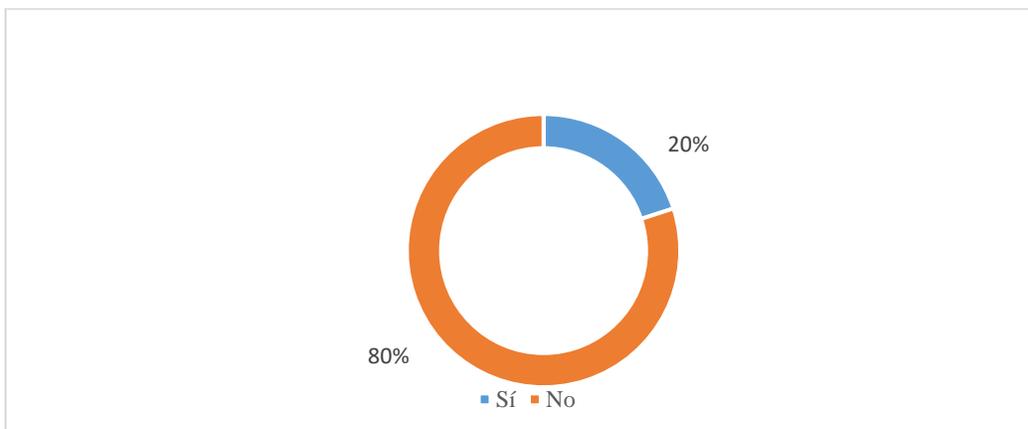


Figura 15. Porcentaje de gestores que brindan capacitaciones o actualizaciones a sus transportistas.

Posteriormente se procede a identificar las condiciones en las cuales los residuos son cargados a los vehículos, debido a que estos deben de estar adecuadamente embalados y etiquetados para su transporte, de esta manera se evita que se den derrames a lo largo de la ruta y también se conoce la naturaleza y procedencia del material transportado. Estos requisitos son necesarios cuando el vehículo es tipo contenedor, en caso de ser vehículo cisterna no aplica el embalaje ni etiquetado, únicamente la rotulación de la unidad.

El embalado correcto para los residuos debe de ser en estañones metálicos o envases plásticos herméticos, sin fugas, con tapa, resistente a choques, golpes, fricción y humedad.

Como se logra ver en la Figura 16 el 40% de los gestores, en este caso Eco Trading y Metalub, solo exigen el embalado correcto, otro 40% Wastech y CEMEX, exigen el embalado y etiquetado correcto, mientras que un 20% correspondiente al gestor informal no exige ninguna de las dos condiciones para su recolección.

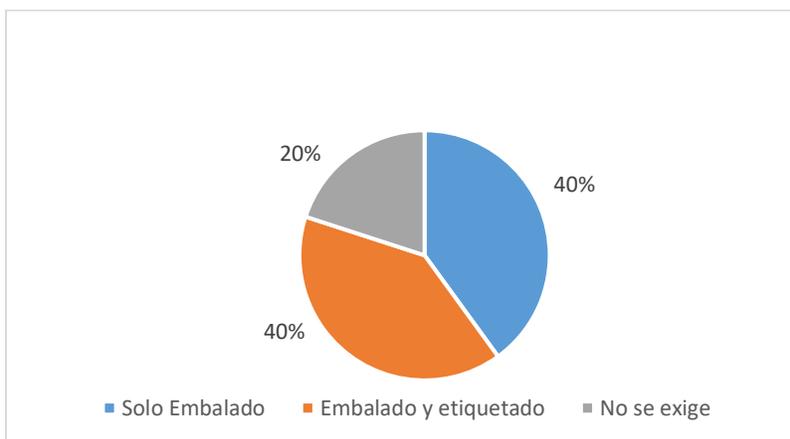


Figura 16. Exigencia de los gestores en cuanto al correcto embalaje y etiquetado de los residuos para su transporte.

El último paso en la etapa del transporte es el lavado de los vehículos, la cual es importante ya que podrían darse derrames o fugas durante el movimiento en carretera, la carga o descarga del material. Al momento de transportar otros residuos se podría generar contaminación cruzada o inclusive mezclarse con algún residuo incompatible, por lo que es indispensable que estos estén limpios luego de ser utilizados. Según se menciona en el Reglamento para el Manejo de los Desechos Peligrosos Industriales 27001-MINAE, en la instalación de tratamiento se debe de contar con una zona para realizar la limpieza y el agua proveniente del área de limpieza debe de ser dirigida a una planta de tratamiento (Reglamento Para El Manejo de Los Desechos Peligrosos Industriales, 1998).

El 100% de los gestores si les dan lavado a las unidades, las empresas autorizadas utilizan trampas para recolectar el agua de los lavados y posteriormente es enviada a coprocesamiento ya que esta se encuentra contaminada. Por otra parte, el gestor informal realiza el lavado del vehículo en su casa y no le da ningún tipo de tratamiento al agua residual generada. Es importante mencionar que a las unidades de tipo cisterna no se les realiza lavado debido a que son exclusivos para transportar residuos de aceite lubricante.

Una vez finalizada la etapa de transporte se encuentra el tratamiento, valorización y disposición final de los residuos por parte de los gestores. En este punto se analizaron los residuos que se generan en mayor cantidad en los centros de servicio automotriz los cuales son:

- Residuo de aceite lubricante
- Envases plásticos contaminados con aceite lubricante
- Filtros de aceite
- Filtros de aire
- Sólidos impregnados (tela, arena, aserrín)

En el Cuadro1 se observan las diferentes formas de cómo es gestionado el residuo de aceite lubricante de acuerdo con cada gestor. Se puede observar que 2 de los gestores, Metalub y Wastech solo le dan almacenamiento a este residuo. En el caso de Metalub lo exporta a una planta en el extranjero para que este sea re refinado; y el en el caso de Wastech tiene dos opciones: entregárselo a Metalub para que lo exporte o a CEMEX para que este sea

coprocesado en el horno cementero. Por otra parte, la empresa Eco Trading utiliza este residuo para que sea re refinado en el país y posteriormente vende este aceite en el extranjero. El gestor informal lo vende a diferentes empresas las cuales utilizan este residuo como combustible alternativo en calderas y hornos para la elaboración de ladrillos y tejas artesanales.

Cuadro 1. Listado de gestores y su manejo del residuo de aceite lubricante automotriz.

Gestor	Solo almacenamiento	Tiempo de almacenamiento	Se le entrega a otro gestor	Tratamiento
CEMEX	No	15 días	No	Coprocesamiento
Eco Trading	No	3 meses	No	Re refinación
Gestor informal	No	1 día	No	Combustible
Metalub	Sí	1 semana	No	Exportación (re refinación)
Wastech	Sí	1 mes	CEMEX o Metalub	Coprocesamiento o Exportación (re refinación)

Hay que destacar que el tiempo de almacenamiento depende de las operaciones de cada uno de los gestores y del espacio disponible en bodegas para almacenaje. En el caso del gestor informal este no tiene un almacenamiento de este residuo, ya que se encarga de recolectarlo en diversos establecimientos y ese mismo día lo vende a las empresas.

Los plásticos contaminados con aceite lubricante, corresponden a los envases en los que son originalmente contenidos o envases que se utilizan para extraer el aceite del estañón y llevarlo hasta el vehículo. Por la viscosidad del aceite una parte siempre se queda adherida en las paredes del recipiente, por lo que, no puede ser manejado como un residuo ordinario y un gestor debe de darle el tratamiento adecuado.

Ya que el plástico posee un buen coeficiente calórico y además contiene una pequeña cantidad de aceite en sus paredes, es un residuo que puede ser utilizado como combustible alternativo en el proceso de coprocesamiento en los hornos cementeros. Como se puede ver

en el Cuadro 2 este es el tratamiento utilizado por todos los gestores entrevistados. El gestor informal indica que no maneja este residuo ya que no representa un valor económico para su actividad.

Cuadro 2. Listado de gestores y su manejo de plásticos contaminados con aceite lubricante.

Gestor	Solo almacenamiento	Tiempo de almacenamiento	Se le entrega a otro gestor	Tratamiento
CEMEX	No	1 semana	No	Co procesamiento
Eco Trading	Sí	Hasta lograr peso para flete	CEMEX	Co procesamiento
Gestor informal	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
Metalub	Sí	1 semana	WASTECH	Co procesamiento
Wastech	No, se trituran los residuos	15 días	CEMEX	Co procesamiento

Seguidamente se tiene el residuo que tanto para generadores como gestores es el de manejo más complejo: el filtro de aceite, esto debido a que su carcasa exterior metálica se encuentra llena de aceite contaminado con todas las impurezas que fueron recolectadas por el filtro, y además posee empaques de diversos plásticos para que sea hermético. Extraer este aceite y remover este empaque requiere una mayor cantidad de trabajo, donde primero hay que dejar escurrir todo el aceite de su interior, posteriormente remover los empaques y por último compactarlo en una prensa, donde se va a extraer el aceite que no salió al ser escurrido.

En el Cuadro 3 se pueden identificar distintas formas de manejar este residuo. El gestor informal indica que los filtros tienen un valor como reciclaje metálico, pero que el aceite que contienen dentro no es extraído ni escurrido, si no que todos los filtros se acumulan en un estañón y son quemados, si bien la carcasa metálica no sufre ningún daño, el residuo de aceite y los empaques plásticos en su interior si son consumidos en la combustión, de esta forma se liberan contaminantes al ambiente sin control alguno. A diferencia del gestor informal, los gestores formales escurren los filtros y posteriormente los comprimen, el aceite extraído de este filtro no es apto para re refinación por lo que es enviado a co procesamiento y la carcasa

es utilizada en reciclaje metálico. Por último, CEMEX no recibe este tipo de residuo, pero si el aceite extraído de su interior.

Cuadro 3. Listado de gestores y su manejo de filtros de aceite.

Gestor	Solo almacenamiento	Tiempo de almacenamiento	Se le entrega a otro gestor	Tratamiento
CEMEX	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
Eco Trading	Sí	Hasta lograr peso para flete	Sí/ No indica nombre de gestor	Aceite extraído-Co procesamiento carcasa-chatarra
Gestor informal	No	1 día	Chatarrera	Reciclaje metálico
Metalub	Sí	1 semana	Wastech	Aceite extraído-co procesamiento carcasa-chatarra
Wastech	No	1 semana	CEMEX y chatarrera	Aceite extraído-co procesamiento carcasa-chatarra

En el caso de los filtros de aire, por su composición de materiales y construcción, no son óptimos ni para valorizar el metal ni apropiado para co procesamiento, debido a que se requiere de mano de obra la cual representa varias horas de trabajo para desensablarlos, haciendo que las cantidades de materiales extraídos respecto al costo operativo no sea rentable. Debido a esto en el Cuadro 4 se muestra como este residuo es dispuesto por los gestores en rellenos sanitarios. Los gestores explican que se reciben estos filtros por convenios realizados con los generadores, pero que no es un proceso rentable dentro de sus operaciones, es por esto que el gestor informal no recibe estos filtros ya que no poseen valor comercial, mientras que CEMEX no los recibe debido a que no puede introducir estos en el horno debido a las piezas metálicas que posee.

Cuadro 4. Listado de gestores y su manejo de filtros de aire.

Gestor	Solo almacenamiento	Tiempo de almacenamiento	Se le entrega a	Tratamiento
---------------	----------------------------	---------------------------------	------------------------	--------------------

			otro gestor	
CEMEX	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
Eco Trading	Sí	Hasta lograr peso para flete	Sí	Relleno Sanitario
Gestor informal	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
Metalub	Sí	1 semana	Wastech	Relleno Sanitario
Wastech	Sí	1 semana	No	Relleno Sanitario

Los últimos residuos analizados fueron los sólidos impregnados con aceite lubricante, normalmente son trapos, telas, arena y aserrín; los cuales tienen como función el controlar derrames ocasionales que se dan en los establecimientos, así como la limpieza superficies y piezas. Estos residuos representan un riesgo de contaminación potencial debido a que el aceite puede escurrirse o moverse a través de este hacia otra superficie, por lo tanto, no puede ser dispuesto como un residuo ordinario. Además el Reglamento General Para La Clasificación y Manejo de Residuos Peligrosos, indica que serán considerados como peligrosos aquellos residuos ordinarios, que se mezclen con residuos peligrosos, sin embargo, como se apreció en la figura 8 tratar estos residuos como ordinarios es la forma más utilizada por los generadores.

Estos residuos al estar impregnados con aceite lubricante tienen un potencial para ser enviados a coprocesamiento, por lo que esta es la forma en que lo manejan los gestores autorizados entrevistados. Como se logra evidenciar en el Cuadro 5, el gestor informal explica que si son telas o aserrín también son utilizados en calderas y que la arena en ocasiones se utiliza como material de relleno en construcciones.

Cuadro 5. Listado de gestores y su manejo de sólidos impregnados con aceite lubricante.

Gestor	Solo almacenamiento	Tiempo de almacenamiento	Se le entrega a otro gestor	Tratamiento
CEMEX	No	1 semana	No	Coprocesamiento
Eco Trading	Sí	Hasta lograr peso para flete	CEMEX	Coprocesamiento

Gestor informal	No	1 día	Se entrega a diversas empresas	Combustible
Metalub	Sí	1 semana	Wastech	Coprocesamiento
Wastech	Sí	2 meses	CEMEX	Coprocesamiento

Finalmente se hizo una recopilación de los precios que pagan los gestores por el residuo de aceite lubricante, ya que este tiene un gran valor comercial, y según explican los gestores autorizados es cada vez menos la cantidad de este que se recibe mensualmente, lo que aducen a la existencia de un mercado clandestino de compra y venta. Como se aprecia en el Cuadro 6, de los gestores autorizados solamente CEMEX paga por este residuo y como se puede ver el pago es de ₡20 000 colones por 5000 litros (un camión cisterna), siendo este un muy buen valor de compra según explica Luis Baltodano funcionario de CEMEX, ya que usualmente es más bajo (Luis Baltodano, comunicación personal, 8 de febrero 2021). Por otro lado, el gestor informal paga aproximadamente ₡15 000 colones por tan solo 208 litros (un estañón); es debido a esto que la mayoría de los generadores prefieren vender este residuo a gestores informales en lugar de utilizar gestores autorizados, pues desde el punto de vista económico es la opción más rentable.

Cuadro 6. Precios pagados por los gestores por el residuo de aceite lubricante.

Gestor	Cantidad de aceite	Precio colones
CEMEX	5000 litros	₡20 000,00
Eco Trading	208 litros	No hay cobro ni pago
Gestor informal	208 litros	₡15 000,00
Metalub	208 litros	No hay cobro ni pago
Wastech	208 litros	No hay cobro ni pago

5.3 Propuesta de guía para la gestión de residuos producidos, dirigida a los centros de servicio automotriz.

Posterior al análisis del manejo de residuos brindado tanto por parte de generadores como gestores, se logra comprender la logística y operación de estos establecimientos, se encuentra que son los centros de servicio automotriz los cuales tienen las mayores falencias en cuanto a la gestión de los residuos. Al identificar estas fallas se elabora una guía rápida para el manejo de residuos generados en los centros de servicio automotriz.

La razón de que esta guía fuera entregada solo a 2 establecimientos, se debe a que estos al momento de realizar la entrevista solicitaron más información y mostraron interés en poder mejorar la gestión de los residuos generados. Debido a esto la posibilidad de que estudien la guía es mayor, lo cual permite una validación de la misma.

Luego de ser entregada a estos 2 establecimientos, se les aplicó una encuesta para evaluar si consideraban relevante la información presentada en la guía, a la cual ambos respondieron afirmativamente, lo que cual indica que los temas tratados si son de interés para los dueños de estos centros de servicio automotriz. Así mismo ambos respondieron que la guía es fácil de leer y comprender al usar un lenguaje sencillo.

Seguidamente, se les preguntó acerca de los temas legales tratados en el documento, a lo cual ambos respondieron solo conocer los requisitos de poseer una Patente Municipal y el Permiso Sanitario de Funcionamiento del Ministerio de Salud, de manera que desconocían la Ley para la Gestión Integral de Residuos 8839 y los Reglamentos para la Declaratoria de Residuos de Manejo Especial 38272-S, para el Manejo de los Desechos Peligrosos Industriales 27001-MINAE, general para la clasificación y manejo de residuos peligrosos 41527-S-MINAE. Después de entender la importancia y la obligación legal, ambos indican estar dispuestos a inscribirse y usar en la plataforma del SIGREP.

Por otra parte, al tener en la guía un ejemplo de etiqueta para los residuos, los dos afirman que empezaran a etiquetarlos, y explican que no lo realizaban debido a que no tienen el conocimiento técnico de cómo hacerlo.

Estos dos generadores desconocían las condiciones de almacenamiento correctas para los residuos, pero concuerdan en que es necesario realizar modificaciones en sus establecimientos para poder cumplirlas, tanto por seguridad laboral, evitar problemas de contaminación ambiental y por cumplimiento legal.

Posterior a esta evaluación se logra evidenciar que la guía si muestra información relevante para estos 2 centros de servicio automotriz, ya que les aportó conocimiento de los aspectos legales y técnicos en cuanto a la gestión de sus residuos.

Por último, se tiene que la información obtenida de esta investigación puede ser utilizada como un control cruzado respecto a los datos oficiales del SIGREP, para así corroborar si los datos reportados tanto por generadores y gestores coinciden con lo obtenido en este estudio. Así mismo, este trabajo y la guía generada pueden ser base a futuras investigaciones a nivel nacional respecto a los residuos generados en centros de servicio automotriz.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- No existe una base de datos gubernamental o de asociación gremial en el que todos los establecimientos que realizan cambios de aceite deban de estar inscritos.
- Para el año 2020 en los puntos muestreados en la provincia de Heredia se consumieron 1 944 estañones de aceite lubricante y se generaron 1 596 estañones de residuo de aceite lubricante.
- De los 49 establecimientos entrevistados, 26 operan con Permiso Sanitario de Funcionamiento y Patente Municipal distinta a la actividad que realizan, por ende no cumplen con los requisitos legales mínimos para operar.
- En la provincia de Heredia un 56% de la gestión del residuo de aceite lubricante se da por medio de gestores informales, lo cual comprueba la existencia de un mercado ilegal del residuo de aceite lubricante.
- El gestor autorizado más utilizado por los establecimientos muestreados es Geocycle.
- El 59% de los establecimientos reciben un incentivo económico por el residuo de aceite lubricante, esto debido a que los gestores compiten por adquirir este residuo.
- Un 51% de los generadores desconoce la gestión que reciben los residuos generados, mientras que un 14% admite que sus residuos son gestionados de manera informal, lo cual indica que no hay conciencia sobre la subsistencia de la responsabilidad de los residuos generados en sus establecimientos.
- Los materiales contaminados o impregnados con aceite lubricante son gestionados en un 40% como residuos ordinarios, lo cual implica mayores riesgos a la salud y al ambiente.
- El 100% de los establecimientos encuestados desconocen de la plataforma del SIGREP, por lo que los datos que se tienen en esta plataforma no son representativos.
- Un 55% de los establecimientos presentan un cumplimiento intermedio, un 25% deficiente, el 12% bueno y por último un 8% nulo respecto al Reglamento para el Manejo de los Desechos Peligrosos Industriales N°27001-MINAE.
- Solamente CEMEX y Wastech de todos los gestores autorizados entrevistados cumplen al 100% con Reglamento para el Manejo de los Desechos Peligrosos

Industriales N°27001-MINAE lo cual indica que sus acciones están apegadas al marco legal nacional.

- El 40% de los gestores no exigen que el manifiesto de transporte sea generado desde el SIGREP, por lo que estos datos no son reportados legalmente ante la Contraloría Ambiental.
- En un 75% los gestores no capacitan a sus transportistas por lo que estos pueden llegar actuar de forma incorrecta por no poseer información actualizada.
- El coprocesamiento y la re refinación son las únicas dos tecnologías disponibles en el país para valorizar el residuo de aceite lubricante.
- Los filtros de aceite representan el residuo más complejo generado en los centros de servicio automotriz debido a los tratamientos previos para su valorización.
- Los filtros de aire no representan ningún valor para los gestores, y debido a que no son de manejo peligroso o especial pueden ser dispuestos en un relleno sanitario.
- El factor económico es el que inclina a los generadores a vender el residuo de aceite lubricante a gestores informales.
- Se logró demostrar que la guía si es de utilidad para estos dos centros de servicio automotriz que la evaluaron, debido a que les proporcionó información que ellos desconocían en cuanto a la gestión de los residuos generados en sus establecimientos.

Recomendaciones

- Crear una base de datos en la cual todos los lubricentros deben de estar inscritos, con información general como nombre, dirección, teléfono y una breve descripción de sus actividades.
- Revisar en conjunto con las municipalidades la clasificación de las patentes e intentar unificar las patentes existentes para el manejo de aceite lubricante.
- Promover la consciencia ambiental en el sector, para que estos tengan una mayor participación en la gestión de sus residuos.
- Incentivar la inversión en la infraestructura de los establecimientos para el cumplimiento Reglamento para el Manejo de los Desechos Peligrosos Industriales N°27001-MINAE.

- Se debería de capacitar a los transportistas periódicamente, de manera se refuercen sus conocimientos y que estén siempre actualizados, ya que ellos son los primeros en actuar en caso de una emergencia.
- Generar una mayor consciencia tanto en generadores como en gestores, en utilizar la plataforma del SIGREP de manera que se tengan datos reales y fiables a nivel país.
- Implementar la guía en un grupo más grande de establecimientos, y darle seguimiento para así poder corregir, agregar más información y así validar definitivamente la guía y poder utilizarla como un medio de información oficial de la Contraloría Ambiental.

7. REFERENCIAS

- Abdul Hamid, N. S., Che Malek, N. A., Mokhtar, H., Mazlan, W. S., & Mohd Tajuddin, R. (2016). REMOVAL OF OIL AND GREASE FROM WASTEWATER USING NATURAL ADSORBENTS. *Jurnal Teknologi*, 78(5–3). <https://doi.org/10.11113/jt.v78.8519>
- Abioye, O. P., Agamuthu, P., & Abdul Aziz, A. R. (2012). Biodegradation of Used Motor Oil in Soil Using Organic Waste Amendments. *Biotechnology Research International*, 2012, 1–8. <https://doi.org/10.1155/2012/587041>
- Abro, R., Chen, X., Harijan, K., Dhakan, Z. A., & Ammar, M. (2013). A Comparative Study of Recycling of Used Engine Oil Using Extraction by Composite Solvent, Single Solvent, and Acid Treatment Methods. *ISRN Chemical Engineering*, 2013(i), 1–5. <https://doi.org/10.1155/2013/952589>
- Akpakpavi, M. (2015). Used Oil Storage and Disposal Practices in Automobile Repair Garages in Ghana. *International Journal of Science, Technology and Society*, 3(4), 221. <https://doi.org/10.11648/j.ijsts.20150304.23>
- Andem, A. B., Bassey, I. U., Odey, C. O., Ibor, O. R., & Agborubere, I. O. (2019). Microbial Remediation of Used Engine Oil from Contaminated Soil around Automobile Workshop in Calabar Metropolis, Cross River State, Nigeria. *Asian Soil Research Journal*, 1–12. <https://doi.org/10.9734/asrj/2019/v2i130044>
- Andrade, F., López, J., Romero, E., Ortiz, M., & Fabre, P. (2017). Aprovechamiento energético de aceites usados y su contribución a la economía circular mediante el coprocesamiento en hornos cementeros.// Energetic utilization of waste oils and their contribution to environmental sustainability through processing in ceme. *Ciencia Unemi*, 10(24), 51. <https://doi.org/10.29076/issn.2528-7737vol10iss24.2017pp51-64p>
- Ley para la Gestión Integral de Residuos, (2010). https://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?nValor1=1&nValor2=68300#ddown
- Balasubramaniam, A., Boyle, A. R., & Voulvoulis, N. (2007). Improving petroleum contaminated land remediation decision-making through the MCA weighting process. *Chemosphere*, 66(5), 791–798. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2006.06.039>

- Borin, A., & Poppi, R. J. (2005). Application of mid infrared spectroscopy and iPLS for the quantification of contaminants in lubricating oil. *Vibrational Spectroscopy*, 37(1), 27–32. <https://doi.org/10.1016/j.vibspec.2004.05.003>
- Botas, J. A., Moreno, J., Espada, J. J., Serrano, D. P., & Dufour, J. (2017). Recycling of used lubricating oil: Evaluation of environmental and energy performance by LCA. *Resources, Conservation and Recycling*, 125, 315–323. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.07.010>
- Boughton, B., & Horvath, A. (2004). Environmental Assessment of Used Oil Management Methods. *Environmental Science & Technology*, 38(2), 353–358. <https://doi.org/10.1021/es034236p>
- Bridjanian, H., & Sattarin, M. (2006). Modern recovery methods in used oil rerefining. *Petroleum and Coal*, 48(1), 40–43.
- Cao, Y., Yan, F., Li, J., Liang, X., & He, B. (2009). Used lubricating oil recycling using a membrane filtration: Analysis of efficiency, structural and composing. *Desalination and Water Treatment*, 11(1–3), 73–80. <https://doi.org/10.5004/dwt.2009.845>
- Chatziaras, N., Psomopoulos, C. S., & Themelis, N. J. (2016). Use of waste derived fuels in cement industry: a review. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 27(2), 178–193. <https://doi.org/10.1108/MEQ-01-2015-0012>
- COSEVI. (2019). *Datos Generales de Costa Rica*. <https://datosabiertos.csv.go.cr/dataviews/234870/MUERT-EN-SITIO-Y-LESIO/>
- Danane, F., Ahmia, A., Bakiri, A., & Lalaoui, N. (2014). Experimental regeneration process of used motor oils. *Revue Des Energies Renouvelables*, 17(2), 345–351.
- Denton, J. E., Mazur, L., & Salocks, C. (2006). Characterization of Used Oil in Stormwater Runoff in California. In *Waste Management* (Issue September).
- Dike, B., Okoro, B., Nwakwasi, N., & Agbo, K. (2013). Remediation of Used Motor Engine Oil Contaminated Soil: A Soil Washing Treatment Approach. *Journal of Civil & Environmental Engineering*, 03(02). <https://doi.org/10.4172/2165-784X.1000129>
- Durrani, H. a L. I., Panhwar, M. I., & Kazi, R. A. (2011). Re-Refining of Waste Lubricating Oil by Solvent Extraction. *Mehran University Research Journal of Engineering & Technology*, 30(2), 237–246. <https://doi.org/ISBN 2413-7219>
- Emam, E. A., & Shoaib, A. M. (2013). Re-refining of used lube oil, i- by solvent extraction

- and vacuum distillation followed by hydrotreating. *Petroleum and Coal*, 55(3), 179–187.
- Gaidajis, G., Angelakoglou, K., Botsaris, P. N., & Filippidou, F. (2011). Analysis of the recycling potential of used automotive oil filters using the Life Cycle Assessment approach. *Resources, Conservation and Recycling*, 55(11), 986–994. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2011.05.008>
- Genon, G., & Brizio, E. (2008). Perspectives and limits for cement kilns as a destination for RDF. *Waste Management*, 28(11), 2375–2385. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2007.10.022>
- Ghaemi, Z., Karbassi, A., Moattar, F., Hassani, A., & Khorasani, N. (2015). Evaluating soil metallic pollution and consequent human health hazards in the vicinity of an industrialized zone, case study of Mubarekeh steel complex, Iran. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 13(1), 75. <https://doi.org/10.1186/s40201-015-0231-x>
- Goveas, L. C., Menezes, J., Salian, A., Krishna, A., Alva, M., Basavapattan, B., & Sajankila, S. P. (2020). Petroleum hydrocarbon degradation in soil augmented with used engine oil by novel *Pantoea wallisii* SS2: Optimisation by response surface methodology. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 25. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2020.101614>
- GTZ-Holcim. (2006). *Guía para el Co-Procesamiento de Residuos en la Producción de Cemento*. www.fhnw.ch
- Hamad, A., Al-Zubaidy, E., & Fayed, M. E. (2004). Assessment of Used Motor Oil Recycling Opportunities in the United Arab Emirates. *Journal of King Saud University - Engineering Sciences*, 16(2), 215–227. [https://doi.org/10.1016/S1018-3639\(18\)30788-8](https://doi.org/10.1016/S1018-3639(18)30788-8)
- Josiah, P. N., & Ikiensikimama, S. S. (2010). The Effect of Desludging and Adsorption Ratios on the Recovery of Low Pour Fuel Oil (LPFO) from Spent Engine Oil. *Chemical Engineering Research Bulletin*, 14(1). <https://doi.org/10.3329/cerb.v14i1.4092>
- Metalub. (2019). *Metalub*. Costa Rica Tendrá La Primera Planta de Reciclaje de Aceite Para Carros En Centroamérica. <https://www.metalub.net/>
- ONU. (1973). Informe de la conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano.

- Conferencia de Las Naciones Unidas Sobre El Medio Humano*, 89.
<http://www.dipublico.org/conferencias/mediohumano/A-CONF.48-14-REV.1.pdf>
- Pereirinha, P. G., González, M., Carrilero, I., Anseán, D., Alonso, J., & Viera, J. C. (2018). Main Trends and Challenges in Road Transportation Electrification. *Transportation Research Procedia*, 33, 235–242. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2018.10.096>
- PNUMA. (1987). *Directrices y Principios de El Cairo para el Manejo Ambientalmente Racional de Desechos Peligrosos*.
- PNUMA. (1989). *Convenio de Basilea SOBRE EL CONTROL DE LOS MOVIMIENTOS TRANSFRONTERIZOS DE LOS DESECHOS PELIGROSOS Y SU ELIMINACIÓN*.
http://europa.eu/legislation_summaries/environment/waste_management/128043_es.htm
- Plan Nacional Manejo de Desechos, (1993).
- Reglamento general para la clasificación y manejo de residuos peligrosos, (2019).
http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=88120&nValor3=114959&strTipM=TC
- Reglamento para la Declaratoria de Residuos de Manejo Especial, Pub. L. No. Artículo 2 (2010).
- Reglamento para el Manejo de los Desechos Peligrosos Industriales, (1998).
- Reglamento sobre las características y listado de los desechos peligrosos industriales, (1998).
- Reglamento sobre Manejo de Basuras, (1989).
- Ramírez, E. (2017, January 23). Metalub transforma el aceite de motor en un producto amigable. *La Nación*.
- Ramírez, E. (2019, September 18). Empresa tica Metalub recibirá \$ 3 millones de BID Lab para financiar planta de recuperación de aceites. *La Nación*.
- Rudnick, L. (2013). *Synthetics, Mineral Oils, and Bio-Based Lubricants Chemistry and Technology* (2nd ed.). CRC Press.
- Sauvé, S., Bernard, S., & Sloan, P. (2016). Environmental sciences, sustainable development and circular economy: Alternative concepts for trans-disciplinary research. *Environmental Development*, 17, 48–56. <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2015.09.002>
- Sharma, P., Sharma, A., Sharma, A., & Srivastava, P. (2016). Automobile Waste and Its Management. *Research Journal of Chemical and Environmental Sciences*, 4(2), 01–07.

- SIGREP. (2019). *Informe Anual 2019*.
- Tejada, C. N., Quiñones, E., & Fong Silva, W. (2017). Caracterización físico-química de aceites usados de motores para su reciclaje. *Prospectiva*, 15(2), 135–144. <https://doi.org/10.15665/rp.v15i2.782>
- Toma, M., & Fileru, I. (2016). Research on the Air Filters Maintenance for Diesel Engines. *Procedia Technology*, 22, 969–975. <https://doi.org/10.1016/j.protcy.2016.01.119>
- Udonne, J. D. (2011). A comparative study of recycling of used lubrication Oils using distillation , acid and activated charcoal with clay methods. *Journal of Petroleum and Gas Engineering*, 2(February), 12–19.
- Vázquez, R. (1989). Environmental Impact of Used Motor Oil. *The Science of the Total Environment*, 79, 1–23. [https://doi.org/doi:10.1016/0048-9697\(89\)90049-1](https://doi.org/doi:10.1016/0048-9697(89)90049-1)
- Widodo, S., Khoiruddin, K., Ariono, D., Subagjo, S., & Wenten, I. G. (2020). Re-refining of waste engine oil using ultrafiltration membrane. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 8(3), 103789. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.103789>
- Xu, G., Zhao, Y., Li, M., Lin, L., & Hu, Y. (2020). Effects of the lubricating oil and diesel mixture combustion on the oxidation and microphysical properties of particulate matter. *Energy Reports*, 6, 308–314. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2020.01.004>
- Yash, M. (2015). Re-refining of used lubricating oil. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 6(3, Mar. 2015), 329.
- Zzeyani, S., Mikou, M., Naja, J., & Elachhab, A. (2017). Spectroscopic analysis of synthetic lubricating oil. *Tribology International*, 114(April), 27–32. <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2017.04.011>

8. APÉNDICES

Apéndice 1: Listado de centros de servicio automotriz muestreados.

Cuadro A 1.1 Listado de centros de servicio automotriz muestreados.

Cantón	Establecimiento
Barva	Lubricentro Margarita
Barva	Autocenter
Barva	Lubricentro Berman
Barva	Lubricentro Frijol
Flores	Lubricentro Carlos López
Flores	Lubricentro Alvaro Quesada
Heredia	Super Lubricentro Ants
Heredia	Multiservicio RE&CA 2
Heredia	Lubripits
Heredia	Lubricentro ROySO
Heredia	Servicentro Santa Lucía
Heredia	Autozona
Heredia	SuperPits Car Service
Heredia	Autopits
Heredia	Greenlubs
Heredia	Super Servicio
Heredia	Indycar Racing
Heredia	Lubricentro del Norte
Heredia	Freddy's Lube Center
Heredia	Auto Spa
Heredia	Lubricentro Autollantas S.A
San Antonio de Belen	Lubricentro Belén
San Antonio de Belen	Llantas y Accesorios
San Antonio de Belen	Autopits Belén
San Isidro	Lubricentro San Francisco
San Isidro	Centro Lubricantes Solís
San Isidro	Servicentro Ecológico el Labrador
San Isidro	Multiservicios San Isidro
San Pablo	Servicentro San Pablo
San Pablo	Lubricentro the One
San Pablo	Servicentro la Meseta del Este
San Pablo	Lubricentro Castro
San Rafael	Custom Garage Costa Rica
San Rafael	Multiservicios JR
San Rafael	Lubricentro San Rafael
San Rafael	Lubricentro Matamoros

Santa Bárbara	Lubricentro Brenes
Santa Bárbara	Servicentro Santa Bárbara
Santa Bárbara	Servicentro San Juan
Santo Domingo	Star Service
Santo Domingo	Taller Fieuyea S.A
Santo Domingo	Autoservicio Roagui
Santo Domingo	Mecanixcr
Santo Domingo	Lavacar y Lubricentro Glenn
Sarapiquí	Sin Nombre
Sarapiquí	Sin Nombre I
Sarapiquí	Repuestos Puerto Viejo
Sarapiquí	Moto repuestos Sarapiquí
Sarapiquí	Autoservicio La Y Griega

Apéndice 2: Herramienta aplicada a los centros de servicio automotriz.

Información General

Cantón

1. Nombre del Local

2. ¿Cuántos años de funcionamiento posee el establecimiento?

3. ¿Cuáles servicios se brindan al consumidor?

4. Promedio de clientes atendidos

5. Promedio de aceite vendido

6. Promedio de residuo de aceite lubricante generado

7. ¿Cuántos colaboradores posee?

Cumplimiento Legal

8. ¿Qué tipo de patente posee y si está al día? ¿Está al día?

R/ Evidencia

9. ¿Posee permiso sanitario de funcionamiento del Ministerio de salud? ¿Está al día?

R/ Evidencia

10. ¿Considera que el residuo de aceite lubricante es peligroso?

R/ Evidencia

11. ¿Cuándo el residuo es generado, se acumula por separado de otros residuos?

R/ Evidencia

12. ¿Los recipientes están identificados?

R/ Evidencia

13. ¿Existe un área designada para almacenar el residuo de aceite lubricante?

R/ Evidencia

14. ¿A quién se le entrega el residuo, es esta persona un gestor autorizado?

R/ Evidencia

15. ¿Sabe si es una empresa/gestor autorizado por el Ministerio de Salud para dar el servicio?

R/

16. ¿Cuál es el costo económico del servicio?

Me pagan Me cobran todo Solo el transporte

17. ¿Cada cuánto recolectan los residuos de aceite?

R/

18. ¿Tiene conocimiento de la plataforma del SIGREP?

R/ Evidencia

19. ¿Conoce el tratamiento que se le da al residuo por parte del gestor?

R/ Evidencia

20. ¿Cómo se maneja un derrame de aceite lubricante en el establecimiento?

R/ Evidencia

21. ¿Qué se hace con el material usado para contener el derrame?

R/ Evidencia

22. ¿Hay presencia de textiles, embalajes o plásticos contaminados con aceite lubricante?

¿Cómo se manejan?

R/ Evidencia

23. ¿Qué otros residuos peligrosos se generan en el local?

R/ Evidencia

Checklist Cumplimiento Reglamento 27001

Existe una bodega para el almacenaje

Respetar incompatibilidades

Los envases tienen tapa

Los envases no presentan fugas

Los envases están debidamente etiquetados

El piso es impermeable

Presenta algún elemento de contingencia

Existe un dispositivo para el control de incendios

Apéndice 3: Listado de empresas gestoras encuestadas.

Cuadro A 3.1 Lista de empresas gestoras de residuos encuestadas y provincia de ubicación.

Empresa Gestora	Provincia donde se ubica
CEMEX	Guanacaste
Wastech	Cartago
Eco Trading	Cartago
Metalub	San José
Gestor informal	Heredia

Apéndice 4: Herramienta de recolección de datos aplicada a las empresas generadoras.

Etapa de transporte

1. Las unidades cuentan con la rotulación de transporte terrestre productos peligrosos.

R/

2. Las unidades cuentan con una guía de respuesta en casos de emergencia.

R/

3. Están los transportistas capacitados y en conocimiento de cómo actuar según la guía.

R/

4. Cada cuanto tiempo se capacitan a los transportistas.

R/

5. Se les exige a los generadores el manifiesto de transporte generado desde el SIGREP.

R/

6. Se porta y se acata el manifiesto de transporte en los viajes realizados.

R/

7. Realiza el transportista los procesos de embalado y etiquetado de los residuos.

R/

8. En donde se lleva a cabo el lavado de las unidades. Que tratamiento se le da esta agua residual

R/

Etapa de gestión

9. Posee patente municipal al día

R/

10. Posee permiso sanitario de funcionamiento al día

R/

11. Son gestores de residuos autorizados y si utilizan la plataforma del SIGREP

R/

12. Poseen un sistema de registro de movimiento de residuos

R/

13. Se le reporta semestralmente al MS y Contraloría Ambiental los volúmenes y tipos de residuos gestionados.

R/

14. Se tiene un Programa de Manejo Integral de Residuos Peligrosos

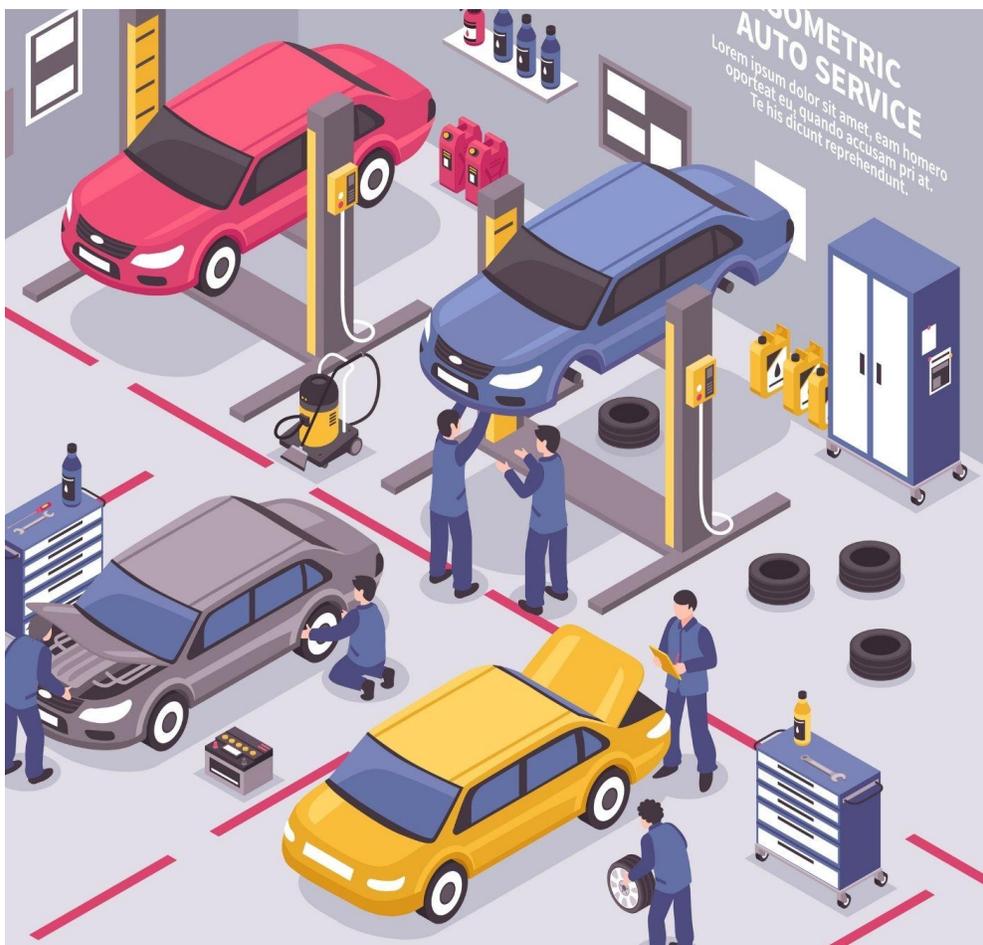
R/

15. Que tratamiento se les da a los siguientes residuos

Cuadro A 4.1 Tratamiento recibido por cada uno de los residuos por parte de la empresa gestora.

Residuo	Solo Almacenamiento	Tiempo máximo de almacenamiento	Se le entrega a otro gestor	Tratamiento
Aceite Lubricante				
Envases metálicos contaminados con aceite lubricante				
plásticos contaminados con aceite lubricante				
Filtros de aceite				
Filtros de aire				
Sólidos impregnados				

Apéndice 5: Guía rápida para la gestión de residuos generados en centros de servicio automotriz.



Guía Rápida para la Gestión de Residuos en Centros de Servicio Automotriz

Elaborada por Edgar Quesada Quirós

ÍNDICE

Introducción.....	1
Contaminación del ambiente.....	2
Legislación Aplicable.....	3
Buenas Prácticas Ambientales.....	4
Clasificación de los Residuos.....	5
Consejos Técnicos.....	6

Introducción



¿Qué es un residuo y por qué es importante su gestión?

Un residuo es todo material que se produce en nuestras actividades y que dejamos de considerar útil para nuestros fines.

Ventajas de gestionar los residuos:

- Mantiene las **instalaciones limpias** esto genera un efecto visual de **orden y aseo**, el cual es positivo al momento de **atraer clientes**
- Reduce los **accidentes laborales** y llevar un mejor **inventario de productos** que se utilizan

Esta guía rápida servirá como un apoyo para manejar los residuos generados.



¿ Cuánto contamina el residuo de aceite lubricante ?

El residuo de aceite lubricante debido a sus propiedades químicas, se convierte en un residuo complejo de manejar ya que puede contaminar agua, suelo y aire. Solo con una pequeña cantidad se pueden generar daños irreversibles por lo que este debe de ser gestionado correctamente por profesionales.

Con 1 litro de aceite se pueden contaminar 1000 litros de agua y en el mar un hidrocarburo puede perdurar hasta 15 años



Al derramar 1 litro de aceite en el suelo se puede contaminar un área similar a la de un campo de fútbol, dañando los suelos , haciéndolos infértiles



El quemar aceite lubricante genera emisiones como monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), metano(CH₄), óxidos de azufre (SO_x), óxidos de nitrógeno(NO_x), material particulado, metales pesados, compuestos orgánicos y ácido clorhídrico los cuales son precursores del cancer y otras afectaciones respiratorias



Esta información puede ser corroborada en la siguiente bibliografía

EPA. (2003). You dump it, you drink it Recycle used motor oil.
Rodríguez, N., McLaughlin, M., & Pennock, D. (2019). La contaminación del suelo: una verdad oculta. Roma,FAO.
Zzeyani, S., Mikou, M., Naja, J., & Elachhab, A. (2017). Spectroscopic analysis of synthetic lubricating oil. Tribology International, 114(April), 27-32.
<https://doi.org/10.1016/j.triboint.2017.04.011>

Cumplimiento Legal

Dentro del marco legal es indispensable poseer

- Una patente municipal.
- Permiso sanitario de funcionamiento del Ministerio de Salud de acuerdo con las actividades que se realizan.
- Un programa de gestión de residuos.
- Reportar la gestión de los residuos peligrosos a la Contraloría Ambiental mediante el SIGREP

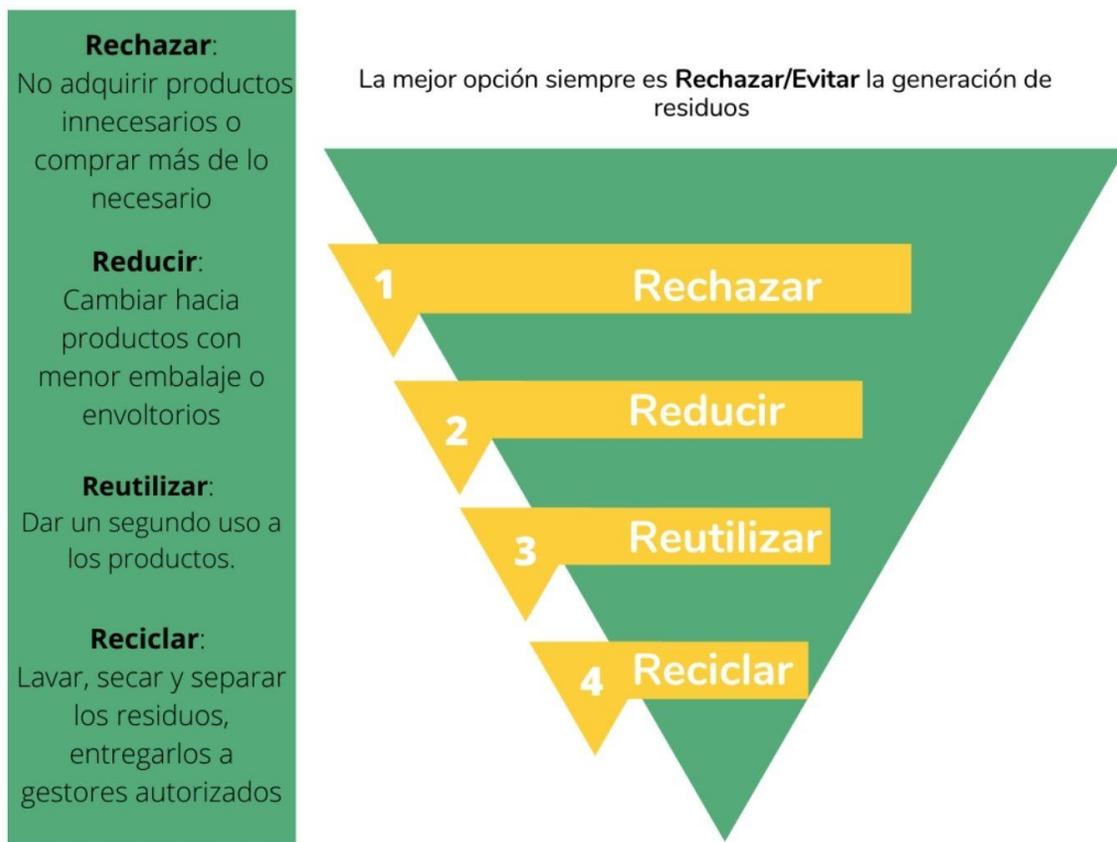


- Ley para la Gestión Integral de Residuos N° 8839
- Reglamento para la Declaratoria de Residuos de Manejo Especial N.° 38272-S
- Reglamento General a la Ley para la Gestión Integral de Residuos N° 37567-S-MINAE-H
- Reglamento para el Manejo de los Desechos Peligrosos Industriales N°27001-MINAE
- Reglamento General para la Clasificación y Manejo de Residuos Peligrosos N.° 41527-S-MINAE

Todas estas normativas pueden ser consultadas en página web del Sistema Costarricense de Información Jurídica (SCJI), se puede acceder a esta mediante la siguiente dirección:
<http://www.pgrweb.go.cr/scij/main.aspx>

Buenas Prácticas Ambientales

Una de las prácticas ambientales más fáciles de aplicar en el centro de servicio automotriz es la de las 4 R. Las cuales son:



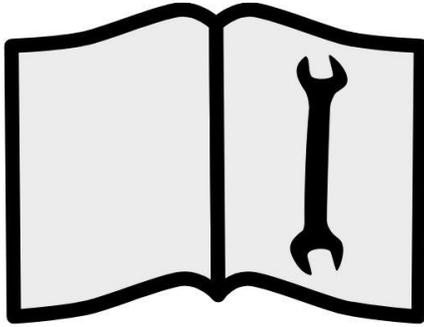
Clasificación de los Residuos

En Costa Rica los residuos se clasifican de la siguiente manera :

Recuerda cualquier residuo que se mezcle con un peligroso debe tratarse como tal

<h2><u>01</u></h2> <h3>Residuos Ordinarios</h3> <ul style="list-style-type: none">• Plástico• Vidrio• Papel y Cartón• Aluminio• Orgánicos 	<h2><u>02</u></h2> <h3>Residuos Especiales</h3> <ul style="list-style-type: none">• Baterías Alcalinas• Llantas Usadas• Fluorescentes• Electrónicos y Eléctricos 	<h2><u>03</u></h2> <h3>Residuos Peligrosos</h3> <ul style="list-style-type: none">• Pinturas• Solventes• Aceite Lubricante Usado• Filtros de Aceite• Baterías de Plomo 
---	---	--

5



Consejos Técnicos

¿Por qué escoger un gestor autorizado ?

Están autorizados por el Ministerio de Salud, ya que estos poseen la capacidad de darles el manejo correcto.

¿Cómo saber que un gestor está autorizado por el Ministerio de Salud?

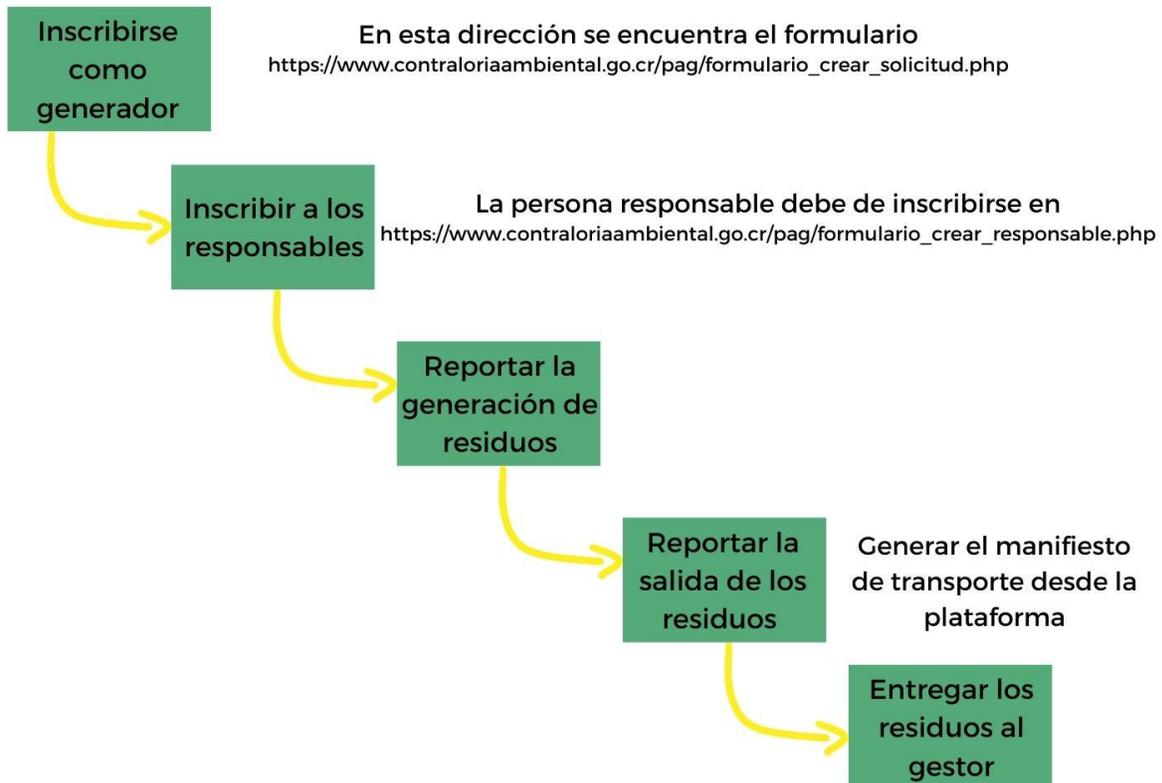


<https://www.ministeriodesalud.go.cr/index.php/tramites-ms/registro-de-gestores-en-salud>

¿Qué es el SIGREP ? ¿Cómo inscribirse?

Es el Sistema de Gestión de Residuos Peligrosos. Esta plataforma permite notificar acerca de la generación y movimiento de los residuos peligrosos a la Contraloría Ambiental.

Para esto hay que inscribirse en dicha plataforma siguiendo estos pasos.



¿Cómo puedo etiquetar mis residuos?

La importancia de la etiqueta es que permite saber con exactitud que tipo de residuo se tiene y como se debe de responder en caso de una emergencia.



Ejemplo de una etiqueta para residuo de aceite lubricante

Descripción del Residuo		
Nombre del desecho	Residuo aceite lubricante	
Generador	Nombre del taller	
Código del residuo peligroso OCDE	130208	
Composición fisicoquímica (aprox)	100% hidrocarburos	
Grupo reactivo (Reglamento 27001)	9	
Código ONU	3082	
Número de riesgo	90	
Criterio de peligrosidad	Tóxico para el ambiente	
En caso de emergencia llamar al	911	
En caso de derrame	No usar agua, usar arena filtrante	
Medidas en caso de incendio	Usar extintor A/B	

MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS



El aceite lubricante tiene la capacidad de contaminar tanto suelo como agua y si es quemado sus emisiones son perjudiciales para la salud y el ambiente.

Residuos Peligrosos

Residuo de Aceite Lubricante

1. Al extraerlo del vehículo utilizar un embudo de boca ancha para minimizar derrames.
2. Almacenar en estañones o tanquetas sin fugas con tapa y de uso exclusivo para aceite

Envases plásticos contaminados con aceite

1. Ecurrir los envases de aceite en un embudo hacia un contenedor de residuo de aceite lubricante.
2. Acumular estos envases por separado del resto de residuos plásticos.

Filtros de Aceite

1. Ecurrir los filtros en un embudo hacia un contenedor de residuo de aceite lubricante.
2. Luego de escurrir, acumular en un contenedor sin fugas.

Sólidos Impregnados

1. Depositarlos en un envase sin fugas y tapa o una bolsa transparente cerrada

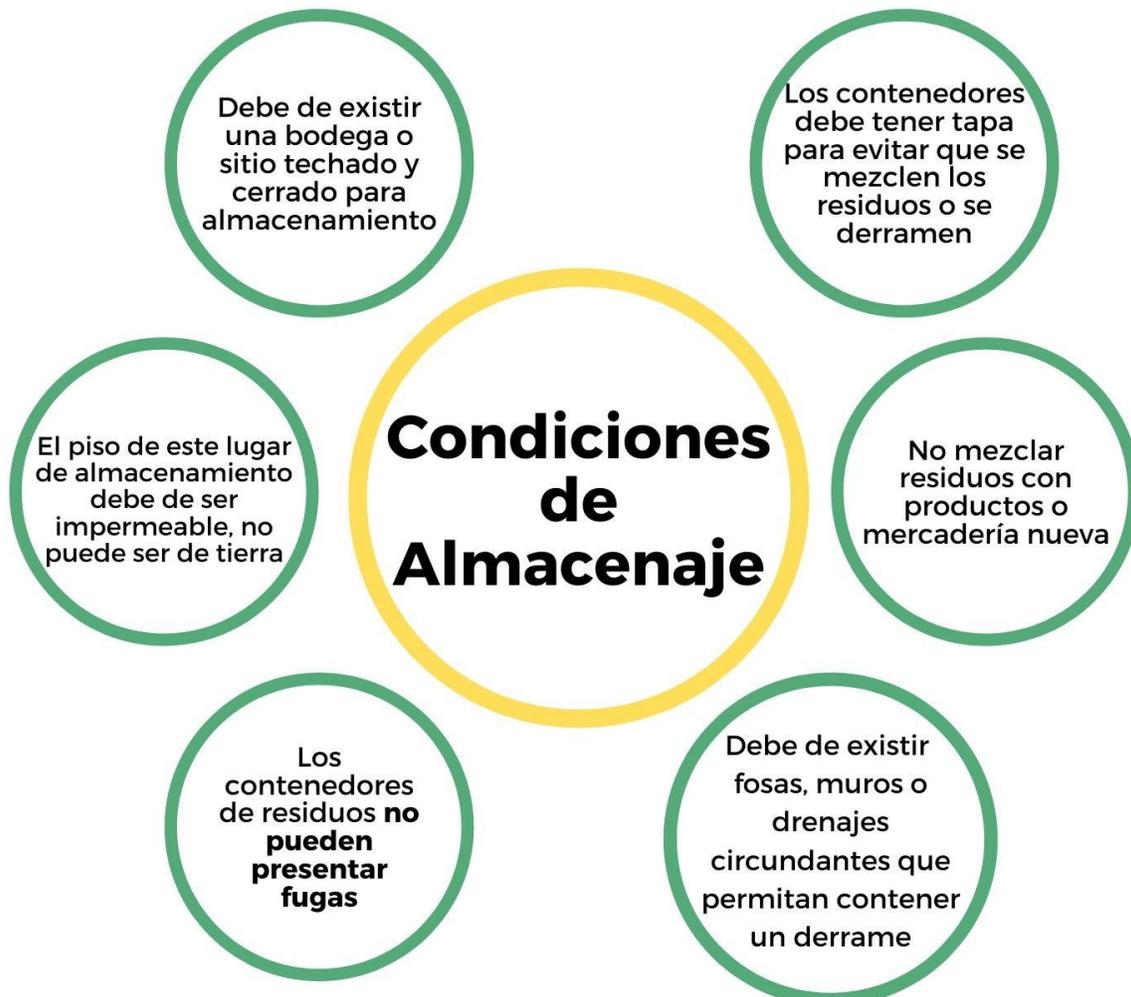
Todos estos residuos posteriormente deben de ser etiquetados, almacenados y entregados al gestor autorizado. Recuerda generar el manifiesto de transporte desde la plataforma del SIGREP

Almacenaje de los residuos generados



Es importante el almacenaje de los residuos debido a:

- Durante la fase de almacenamiento los residuos representan un peligro potencial de derrame.
- Permite maximizar el espacio de de trabajo.
- Contribuye que este espacio se encuentre más ordenado y limpio.



Usos correctos e incorrectos para el residuo de aceite lubricante

- 1. Reciclaje de hidrocarburos**
- 2. Re refinación**
- 3. Co procesamiento en horno cementero**
(gestionado por un gestor autorizado)



-
- 1. Combustible alternativo en calderas u hornos no aptos**
 - 2. Manejo y control de malezas**
 - 3. Control de polvo en carreteras**
 - 4. Combustible alternativo en vehículos diésel**
 - 5. Vertido en alcantarillados o cuerpos de agua**
 - 6. Mezcla con agroquímicos**



Apéndice 6: Encuesta para la evaluación de la guía generada.

1. Nombre del establecimiento
2. ¿Considera relevante la información presentada en la guía?
Sí
No
Solo algunas secciones
3. En caso de marcar no en la pregunta anterior indicar la razón
4. ¿La información presentada en esta guía está clara y fácil de comprender?
Sí
No
5. ¿Conocía el potencial de contaminación del residuo de aceite lubricante?
Sí
No
6. Antes de leer esta guía. ¿Tenía conocimiento de todas las leyes y reglamentos que aplican para su establecimiento?
Sí
No
Solo algunas
7. Después de leer esta guía. ¿Estaría dispuesto a hacer cambios para aplicar las 4R y minimizar la generación de residuos?
Sí, lo considero relevante
No, no es importante
8. ¿Tenía conocimiento de que los residuos en Costa Rica se pueden clasificar en ordinarios, especiales y peligrosos?
Sí
No
9. ¿Sabía que los filtros de aceite, arena, aserrín y trapos contaminados con aceite son residuos peligrosos también?
Sí
No
10. ¿Cuenta con un gestor autorizado por el ministerio de salud?

Sí

No

No estoy seguro

11. En caso de poseer un gestor. ¿Cómo lo encontró y contactó?

En la página del Ministerio de Salud

Por recomendación

Llegó a ofrecerme sus servicios

Otro

12. Después de comprender como funciona el SIGREP. ¿Participaría en dicha plataforma?

Sí

No

13. Si contestó No en la pregunta anterior, indique el porque

Es muy compleja

No poseo la disponibilidad de tiempo en mis actividades diarias

No me exigen utilizarla

Otra

14. ¿Etiqueta los residuos generados en el establecimiento?

Sí

No

15. De no etiquetarlos, seleccione la respuesta que mejor se ajuste a su realidad

No sabía que debían ser etiquetados

Nunca me lo han exigido

Si quería, pero no sabía cómo hacerlo

Otra

16. En una escala de 1 a 5, siendo 5 el nivel más alto, que tan probable es que etiquete sus residuos teniendo un ejemplo en la guía

17. ¿Posee las condiciones de almacenamiento correctas para los residuos generados según la guía?

Sí

No

Algunas

18. En una escala de 1 a 5, que tan dispuesto estaría a realizar cambios en el establecimiento para mejorar las condiciones de almacenamiento
19. ¿Qué recomendaciones podría agregar para mejorar esta guía? Puede tomar en cuenta el lenguaje utilizado, claridad en las ideas, imágenes utilizadas, información que le gustaría conocer.