



EPISTEMUS: Ciencia, Tecnología y Salud

ISSN: 2007-8196

Universidad de Sonora

Manzanarez-Jiménez, Lucía Araceli
Alternativas de recuperación para los aceites lubricantes usados
EPISTEMUS: Ciencia, Tecnología y Salud, vol. 16, núm. 32, 12, 2022, Enero-Junio
Universidad de Sonora

DOI: <https://doi.org/10.36790/epistemus.v16i32.222>

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=726276431012>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org



Sistema de Información Científica Redalyc
Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso
abierto

Alternativas de recuperación para los aceites lubricantes usados

Lucía Araceli Manzanarez-Jiménez

RESUMEN

El aceite lubricante usado generado por vehículos automotores y procesos industriales es un recurso valioso, tanto en su forma original como en su forma residual, por esta razón se identificaron algunos métodos para su recuperación basados en su ciclo de vida, como alternativas para su gestión mediante esquemas de manejo que consideran aspectos tecnológicos y de tratamiento, para la recuperación del material-base y su posible reintegración a los procesos productivos como combustible alternativo o como aceite base, contribuyendo de esta manera a lograr un manejo sustentable de este material-residuo, evitando así posibles fuentes de contaminación ambiental y riesgos a la salud humana.

Palabras clave: Aceite lubricante usado, alternativas de recuperación, procesos productivos.

Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional. Unidad Sinaloa, Departamento de Biotecnología. Blvd. Juan de Dios Bátiz Paredes 250, Col. San Joaquín Guasave, Sinaloa, México. Ingeniería_kaizen@hotmail.com. Orcid. <https://orcid.org/0000-0001-73952836>

Autor de correspondencia: Lucía Araceli Manzanarez-Jimenez: ingeniería_kaizen@hotmail.com.

Recibido: 10 / 02 / 2022

Aceptado: 04 / 05 / 2022

Publicado: 16 / 06 / 2022

Cómo citar este artículo:

Manzanarez Jiménez, L. A. (2022). ALTERNATIVAS DE RECUPERACION PARA LOS ACEITES LUBRICANTES USADOS. EPISTEMUS, 16(32). <https://doi.org/10.36790/epistemus.v16i32.222>

Recovery Alternatives for Used Lubricating Oils

ABSTRACT

Used lubricating oil is a valuable resource, in its original and residual form, for this reason some methods for its recovery based on its life cycle were identified as alternatives for its management through management schemes that consider technological and treatment aspects, for the recovery of the base material and its possible reintegration into the production processes as alternative fuel or as base oil, thus contributing to achieving sustainable management of this waste material, avoiding thus possible sources of environmental contamination and risks to human health.

Key words: *Used lubricating oil, recovery alternatives, production processes.*



Introducción

Los aceites lubricantes son productos formulados de origen mineral o sintético, se utilizan para reducir la fricción y la abrasión entre los componentes metálicos de un sistema de lubricación de combustión interna, también reducen el ruido durante la operación de la máquina y mantienen la temperatura interna del sistema [1]. Este trabajo se enfoca en los aceites lubricantes base mineral obtenidos de la destilación fraccionada del petróleo (80-90 %), compuestos por 44 % de alcanos de cadena lineal y de cadena ramificada, 29 % de cicloalcanos, 26.2 % de aromáticos y 3.2 % de naftaleno, y aditivos (20-10%), como inhibidores de corrosión y herrumbre, antioxidantes, emulsionantes, detergentes y dispersantes, estabilizadores de viscosidad y color, y aditivos antidesgaste [2]. El término “aceite usado” se relaciona con los aceites lubricantes usados que se generan a partir de vehículos automotores y maquinarias utilizadas en procesos industriales. Los aceites lubricantes son el tercer producto mayormente comercializado a nivel mundial, representan el 3.82% del valor total del comercio mundial, siendo sus principales exportadores Arabia Saudita, Rusia, Estados Unidos, Canadá, e Irak con \$95.7 \$74.4 \$52.3, \$47.2, y \$45.2 MM, respectivamente y sus principales importadores son China, Estados Unidos, India, Corea del Sur, y Japón, quienes aportan una derrama económica de \$150, \$75.1, \$59, \$42.2, y \$38 MM, respectivamente [3]. A nivel mundial se estima que durante cada año se consumen de 30 a 40 millones de ton de lubricantes, de los cuales 20 millones de ton son desechadas sin tratamiento al medio ambiente, de estos más del 95% son de origen mineral con potencial de reciclado [4]. Por esta razón, los aceites lubricantes son un recurso valioso, tanto en su forma original como en su forma residual, debido a su alto valor económico y a su potencial de reciclado como material

residual-recuperado, mediante tratamientos físicos y químicos, para su restitución a las cadenas productivas [5].

Los aceites usados contienen residuos de metales pesados como magnesio (Mg), hierro (Fe), níquel (Ni), cobre (Cu), zinc (Zn), plomo (Pb), calcio (Ca), cromo (Cr) y aluminio (Al), además de agua, carbón, cenizas y otros materiales que se forman por oxidación y contaminación durante el proceso de combustión en el sistema de lubricación [6]. La diseminación de aceite usado en mantos de agua reduce el intercambio de oxígeno y causa su degradación, al respecto, se estima que 3.5 L de aceite usado pueden alterar el sabor de 3.800 millones de agua potable y la presencia de 50 a 100 ppm en aguas residuales, limitan su recuperación como agua tratada [7]. El análisis del ciclo de los aceites lubricantes es importante, ya que a partir de su fin de vida útil como lubricante se puede recolectar y transportarlo a un centro de recuperación para eliminar los contaminantes y reintegrarlo a los procesos productivos y reducir o eliminar su efecto negativo en el medio ambiente (Figura 1).

El fin de vida útil del aceite lubricante, transforma el producto en aceite usado debido a un proceso de degradación durante su uso, el material residual es altamente persistente y debido a esta característica es ideal para reciclarlo y evitar que se acumule en suministros de agua subterránea [8]. Al respecto, se ha informado que 3.8 L de aceite usado, tienen un valor aproximado de 8000 kj, que pueden ser utilizados para mantener encendida una fuente de luz de 100-W durante 24 h o proporcionar energía para un generador eléctrico de 1000-W durante 2 h [9]. También se ha informado que se requiere 1.6 L de aceite usado para generar 1 L de aceite de motor, mientras que para producir el mismo volumen de aceite de motor se necesitan 67 L de petróleo, también se menciona que de 3.8 kg de aceite usado se pueden producir 2.3 kg de aceite base [10]. El



conocimiento y manejo adecuado del residuo de aceite usado es importante, debido al volumen generado y al valor energético, por lo que tiene un alto potencial para ser reintegrado a los procesos productivos, dados los beneficios económicos y ambientales obtenidos mediante su recuperación [11].

En este trabajo se presentan los métodos de reprocesamiento, re-refinación y destrucción del aceite usado, como alternativas para su reintegración a los procesos productivos y manejo ambiental seguro, basados en su ciclo de vida. El reprocesamiento de aceite usado elimina los contaminantes insolubles y los productos de oxidación de los aceites usados mediante calentamiento, sedimentación, filtración y deshidratación, para obtener combustibles alternos, mientras que la re-refinación regenera aceites base a partir de aceites usados como resultado de procesos que eliminan contaminantes, productos de oxidación y aditivos, a base de tratamientos con ácidos, disolventes, arcillas e hidrotratamiento [12], [13], [14].

Objetivo

El objetivo de este trabajo fue presentar alternativas de recuperación del aceite lubricante usado para reintegrarlo a las cadenas productivas, a partir de las etapas del ciclo de vida del aceite lubricante.

Método de trabajo

Este trabajo de análisis descriptivo presenta información de algunas alternativas de manejo para los aceites usados generados por vehículos automotores y núcleos industriales. La información se obtuvo de fuentes técnicas especializadas y de bases de datos oficiales de algunos países, donde se ha trabajado con métodos de recuperación para aceites usados.

Re-procesamiento

El método de re-procesamiento emplea tratamientos de sedimentación, deshidratación, evaporación y filtración para eliminar los contaminantes básicos en los aceites usados. El aceite reciclado se filtra para retirar sólidos gruesos, lodos y partículas de metal, los cuales pueden representar un riesgo ambiental o problemas operacionales durante su uso. El uso de arcillas mezcladas con ácido/arcilla, destilación/arcilla, y carbón activado/arcilla ayuda a reducir o retirar de manera más eficiente los sedimentos residuales [12], [13], [14], [28]. El proceso inicia con el transporte del residuo de aceite usado al centro de tratamiento, donde se colocó en tanques de almacenamiento para que por medios de gravitación y calor natural se sedimenten los sólidos pesados y se evapore el contenido de agua; después se filtra por medio de un colador de malla para eliminar partículas grandes de sedimentos que aún permanecen en el aceite, enseguida el material se somete a un proceso de deshidratación por medio de una fuente de calor externa, con el objetivo de retirar el contenido total de agua en el aceite usado [12], [13], [14]. [20], [27]. Para mejorar la limpieza de contaminantes se utiliza el tratamiento con ácido/arcilla a base de ácido sulfúrico para separar los aditivos y otros componentes, los lodos sedimentados por el efecto del ácido se separan del aceite y se agrega algún tipo de arcilla (silicato de aluminio) para separar las grasas y ácidos orgánicos y se le aplica un nuevo proceso de filtrado [16], [28]. El tratamiento de destilación al vacío se realiza cuando se necesita de un aceite de mayor calidad (Figura 2). Los aceites obtenidos por este método se utilizan en aplicaciones industriales, el producto más común es combustible alternativo para centrales térmicas y cementeras (Fuelóleo nº2) y procesos industriales (Fuelóleo nº1) [12], [13], [14].



Re-refinación

El método de re-refinación implica tratamiento químico para reducir o eliminar las sustancias tóxicas que vienen mezcladas con el aceite usado. El proceso inicia con la sedimentación del material y luego se aplica un proceso de deshidratación para evaporar el agua y los hidrocarburos ligeros [12], [13], [14]. Posteriormente se mide la concentración de tóxicos, sedimentos y otras sustancias, si el material no pasa la prueba se destina para su uso como combustible alternativo [13], [13]. Si el material es factible de recuperación se trata con ácido/arcilla para separar las grasas, ácidos orgánicos y otros compuestos contaminantes, posteriormente se somete a destilación al vacío para segregar sustancias tóxicas y mejorar la pureza del aceite [26], [28], [29]. El destilado se hidropurifica a alta temperatura y presión en presencia de lecho catalítico, este proceso elimina nitrógeno, azufre, cloro y componentes orgánicos oxigenados [13], [26], (Figura 3). Los aceites obtenidos por este método se emplean para producir nuevos lubricantes. Los residuos resultantes de los distintos procesos se emplean para producir asfalto de carretera, destilados medios para combustión o energía alternativa en procesos industriales [12], [13], [14], [26].

Destrucción

Este método es adecuado para los aceites usados con alto volumen de contaminantes, particularmente con bifenilos (BPCs) y terfenilos policlorados (PCTs) [14], [15], [16]. En ausencia de incineradores de residuos peligrosos, se recomienda la incineración controlada en fábricas de cemento bajo condiciones económicas, técnicas y ambientales adecuadas [5], [12], [13], [29]. La incineración de aceites usados altamente contaminados tiene por objeto reducir del volumen y la peligrosidad de los contaminantes, destruyendo los compuestos orgánicos mediante la combustión a altas temperaturas [12], [13], [14], [17]. Existen dos tipos de incineradores: de

inyección líquida y hornos rotatorios, ambos deben cumplir con subsistemas de preparación y alimentación de residuos, cámaras de combustión, tratamiento de emisiones gaseosas y gestión de residuos sólidos y efluentes. Las cenizas, los líquidos y lodos residuales se disponen en rellenos de seguridad [5], [18], [19].

Resultados y discusión

Los métodos para la recuperación de aceites lubricantes, tanto a su forma original, así como combustibles alternos se desarrollan de acuerdo con una gestión económica, técnica y social sustentable, debido a que generan nuevos flujos de residuos que deberán ser gestionados de manera segura [5], [8], [12], [18], [15], [20]. En la figura 4 se puede apreciar que todos los procesos que integran el ciclo de vida de un aceite lubricante tienen salidas de nuevos residuos, por esta razón es importante establecer el método de eliminación o confinamiento de estos, para evitar descargas al medio ambiente. Al respecto se recomienda como primera opción conservar las propiedades originales del material, mediante el método de re-refinado en refinerías de petróleo o refinerías autónomas, dedicadas especialmente a la recuperación de aceites usados, la segunda opción es reprocesar el material en instalaciones con infraestructura básica, para emplearlo en procesos industriales con el objetivo de recuperar el material como combustible de reutilización directa, y la tercera opción indica la incineración del material en procesos industriales, confinando los flujos de residuos resultantes en lugares ambientalmente seguros [5], [18], [19], [21].

En el esquema de la figura 4 se aprecia que los aceites lubricantes base de mineral, se producen a partir de petróleo crudo, mismo que es un recurso finito de alto valor energético con potencial para ser reciclado y es altamente persistente, por lo tanto, es relevante aplicar una gestión que



beneficie al medio ambiente y la industria de los aceites [1], [11], [25], [29]. En el esquema también se observa que la alternativa de re-refinado de aceite usado facilita la regeneración de aceite base para la producción de nuevos aceites lubricantes y se reduce el consumo de materia prima y el impacto negativo de los residuos de aceite usado al medio ambiente [8], [12], [18], [22]. A nivel mundial se estima que solo se pueden regenerar entre el 60 % y el 65 % de los aceites usados, además, la operación para una tecnología de re-refinado requiere un costo elevado y es sensible a las economías de escala, además [23]. Por otra parte, el método de reprocesamiento de aceite usado tiene mayor viabilidad económica, debido a que puede operar con tecnología de bajo costo, a través de tecnologías sustentables, ya que utiliza como fuente de energía mecanismos de gravedad para la sedimentación y separación de sólidos gruesos, calor natural para la deshidratación de residuos de agua mediante tanques de almacenaje y mallas de bajo costo para la filtración de sólidos de tamaño mediano y remanentes de sólidos gruesos en el residuo, y en algunos casos utiliza tratamientos con arcillas, las cuales tienen un bajo costo de inversión y son altamente efectivos para separar grasa, ácidos orgánicos y otros aditivos presente en el aceite usado [12], [13], [28]. Esta tecnología facilita la viabilidad económica en esta alternativa de recuperación y con su aplicación se obtiene aceite reducido en contaminantes que sirve como combustible alternativo para su uso en procesos industriales, fábricas de cemento y centrales térmicas, que requieren menor pureza del aceite [12], [18], [29]. No obstante, también se generan nuevos flujos de efluentes contaminantes y no se reduce la producción de aceites vírgenes y el consumo de materia prima.

Para la implementación de las alternativas presentadas en este trabajo, es importante analizar el volumen de aceite reciclado, su contenido de contaminantes y la gestión adecuada de los nuevos

residuos, así como evaluar la inversión en tecnología e infraestructura para justificar la relación costo-beneficio de los recursos invertidos en la recuperación del aceite usado [12], [15], [19]. En importante mencionar que un alto volumen de contaminantes en el aceite usado y un bajo volumen de recolección podrían superar los costos de recuperación y en el caso dado que esto resulte inviable, la opción indicado es la destrucción del residuo mediante hornos de incineración controlada por la normatividad ambiental vigente de manejo de los aceites usados [18], [14], [15]. Esto concuerda con algunas de las medidas implementadas por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA) para los aceites usados, quien no clasifica el aceite usado como un residuo peligroso, sin embargo, los estados California, Rhode Island y Massachusetts, aplican una gestión normativa al manejo de los residuos de aceite usado [12], [13]. En México la NOM-052 no clasifica el aceite usado como residuo peligro, sin embargo, los lodos y líquidos resultantes de procesos industriales que utilizan aceites lubricantes son sujetos de tratamiento y disposición normativa en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPIR, 2015) [11]. En México el aceite usado se maneja como un residuo doméstico, algunos usuarios lo utilizan para el control de plagas en animales y madera, formado de caminos de terracería y como combustible alterno para la fabricación de insumos para la construcción [1], [11]. A nivel mundial países como Alemania, Bélgica, Dinamarca, Francia, Portugal, Finlandia, Italia, Reino Unido, Estados Unidos y Canadá, han implementado planes de manejo de aceite usado, que logran recolectar entre el 43.9 % y 50 % y de esto se obtienen entre un 67 % hasta 84 % de aceite recuperado para fabricación de combustible y nuevos aceites lubricantes [11]. En países de América del Sur como Argentina, Brasil, Colombia y Chile tienen normativas para regularizar el uso y disposición final de los aceites usados, sin embargo, la



información respecto de la recuperación de aceites usados se estima en base a la producción de lubricantes [3], [11].

Los planes de manejo facilitan la recolección de residuos y de los materiales contaminantes a través de la responsabilidad compartida en el ciclo de vida de los aceites lubricantes [11]. Su diseño e implementación reducen los costos para la operación de las alternativas de recuperación porque a través de la operación del plan de manejo integrado al ciclo de vida de los aceites lubricantes se reduce el volumen de contaminantes en el residuo y los residuos resultantes en el proceso de recuperación [1], [11].

Conclusión

La elección de una alternativa de recuperación de aceite usado debe realizarse en función de estudios de inversión de tecnología e infraestructura, costos de recuperación y el beneficio social y ambiental, al igual que el volumen de aceite usado recolectado, el contenido de contaminantes y la disposición final de los residuos generados durante los procesos de recuperación.

El reciclado, la recuperación y la reintegración de los aceites usados a las cadenas productivas se puede realizar a través de diseño de un plan de un manejo. El análisis del ciclo de vida del aceite lubricante es la base para el desarrollo del plan de manejo porque integra los diferentes procesos durante su vida útil y permite obtener la relación costo-beneficio en función de la alternativa de recuperación.

Referencias

- [1] L.A. Manzanarez-Jiménez, «Modelo para reciclado de aceite lubricante usado basado en la NAV-ALU y técnicas de manufactura esbelta,» *Revista Multidisciplinaria de Avances de Investigación*, vol. 3, nº 2, pp. 11-24, 2017.
- [2] EPA, «Managing, Reusing, and Recycling Used Oil» 12 agosto 2021. [En línea]. Available: <https://www.epa.gov/recycle/managing-reusing-and-recycling-used-oil>. [Último acceso: 15 noviembre 2021].
- [3] OEC, «Aceites crudos de petróleo o de mineral butiminoso» 2 Diciembre 2020. [En línea]. Available: <https://pro.oec.world/es/profile/hs92/crude-petroleum>. [Último acceso: 22 marzo 2022].
- [4] A. Z. Syahir, N. W. W. Zulkifli, H. .. Masjuki, M. A. Kalam, A. Alabdulkarem, M. Gulzar, L. S. Khuong y M. H. Harith, «A review on bio-based lubricants and their applications,» *Journal of Cleaner Production*, vol. 168, nº 1, pp. 997-1016, 2017.
- [5] G. F. Dalla, O. Khlebinska, A. Ladolo y S. Miertus, «Compendium of used oil regeneration technologies, International Centre for Science and High Technology,» 6 enero 2003. [En línea]. Available: www.unido.org. [Último acceso: febrero 2022].
- [6] A. Wolak, G. Zajac y W. Gołębowski, «. Determination of the content of metals in used lubricating oils using AAS 37, 102 - 93.,» *Petroleum Science and Technology*, vol. 37, pp. 93-103, 2019.
- [7] K. Pramanik, «Properties and use of jatropha curcas oil and diesel fuel blends in compression ignition engine,» *Renewable Energy*, vol. 28, nº 2, pp. 239-248, 2003.
- [8] T. F. Guerin, «Environmental liability and life-cycle management of used lubricating oils,» *Journal of Hazardous Materials*, vol. 160, nº 2-3, pp. 256-264, 2008.
- [9] Z. Pawlak, W. Urbaniak, T. Kaldonsky y M. Styp-Rekowski, «Energy conservation through recycling of used oil,» *Ecological Engineering*, vol. 36, nº 12, pp. 1761-1764, 2010.
- [10] A. Sinağ, S. Gülbay, B. Uskan, S. Uçar y S. BilgeÖzgürle, «Production and characterization of pyrolytic oils by pyrolysis of waste machinery oil,» *Journal of Hazardous Materials*, vol. 173, nº 1-3, pp. 420-426, 2010.
- [11] L.A. Manzanarez-Jiménez, Manejo de aceite lubricante usado en motores de combustión interna en el municipio de Ahome, Sinaloa, Ciudad de México: Tesis de Maestría del Instituto Politécnico Nacional, 2016.
- [12] R. Geyer, B. Kuczenski, A. Henderson y T. Zink, «Life Cycle Assessment of Used Oil Management in California Pursuant to Senate Bill 546 (Lowenthal),» 2013. [En línea].



Available:

https://www.researchgate.net/publication/260338228_Life_Cycle_Assessment_of_Used_Oil_Management_in_California_Pursuant_to_Senate_Bill_546_Lowenthal. [Último acceso: 17 noviembre 2021].

- [13] S. Kannan, K. Mohan, S. M. Hussain, P. M. Deepa y S. K, «Studies on reuse of re-refined used automotive lubricating oil,» *Research Journal of Engineering Sciences*, vol. 3, nº 6, pp. 8-14, 2014.
- [14] E. Granados-Hernández, Bravo-Álvarez, H, X. López-Andrade y R. Sosa-Echeverría, «Petroleum Refining and its Economic and Technological Impact,» *Ingeniería Investigación y Tecnología*, vol. XIV, nº 4, pp. 475-487, 2013.
- [15] B. Boughton y A. Horvath, «Environmental assessment of used oil management methods,» *Environmental science & technology*, vol. 38, nº 2, pp. 353-358, 2004.
- [16] H. Nixon y J.-D. Shapores, «Used oil policies to protect the environment: an overview of Canadian experiences,» 2003. [En línea]. [Último acceso: 6 noviembre 2021].
- [17] C. Seyler, T. B. Hofstetter y K. Hungerbühler, «Life cycle inventory for thermal treatment of waste solvent from chemical industry: a multi-input allocation model,» *Journal of Cleaner Production*, vol. 13, nº 13-14, pp. 1211-1224, 2005.
- [18] K. Chari, «United Nations Environment Programme,» 2012. [En línea]. Available: <https://www.unep.org/resources/report/compendium-recycling-and-destruction-technologies-waste-oils>. [Último acceso: 15 octubre 2021].
- [19] W. Forester, «Technical guidelines on used oil re-refining of other re-uses of previously used oil,» 2002. [En línea]. Available: [www.basel.int › Portals › 4](http://www.basel.int/Portals/4). [Último acceso: octubre 17 2021].
- [20] T. Swarr, D. Hunkeler, W. Klöpffer, H. Pesonen, A. Ciroth, A. Brent y R. Pagan, «Environmental life-cycle costing: a code of practice,» *Int J Life Cycle Assess*, vol. 16, pp. 389-391, 2011.
- [21] A. A. Durrani, M. I. Panhwar y R. A. Kazi, «Re-refining of waste lubricating oil by solvent extraction,» *Journal of Engineering and Technology*, vol. 30, nº 2, pp. 237-246, 2011.
- [22] D. Baderna, E. Boriani, F. Giovanna y B. E, «Lubricants and Additives: A Point of View,» de *Global Risk-Based Management of Chemical Additives I. The Handbook of Environmental Chemistry*, Springer, Berlin, Heidelberg, 2011, pp. 109-132.
- [23] Y.-L. Hsu y L. Chun-Chu, «Evaluation and selection of regeneration of waste lubricating oil technology,» *Environ Monit Assess*, vol. 212, nº 1-4, pp. 176-197, 2011.



- [24] M. Fatemeh Amir Aslanzadeh, S. Amin y S. Shiva, «Pilot plant study for management of toxic solid waste collected in landfill,» *Process Safety and Environmental Protection*, vol. 159, pp. 500-510, 2022.
- [25] P. Nowak, K. Kucharska y M. Kaminski, «Ecological and Health Effects of Lubricant Oils,» *International Journal Environmental Research Public Health*, vol. 16, nº 16, pp. 1-13, 2019.
- [26] A. Ewetola E, «Effect of Crude Oil Pollution on some Soil Physical Properties,» *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science*, vol. 6, nº 3, pp. 14-17, 2013.
- [27] E. Emam y A. Shoaib, «Re-refining of Used Lube Oil, II- by Solvent/Clay and Acid/Clay-Percolation Processes,» *ARPJ Journal Science and Technology*, vol. 55, nº 13, pp. 179-187, 2013.
- [28] S. F. Hamilton y D. L. Sunding, «Optimal recycling policy for used lubricating oil: the case of California's used oil management policy,» *Environ Resource Econ*, vol. 62, nº 1, pp. 3-17, 2015.
- [29] N. M. Abdel-Jabbar, E. A. Al Zubaidy y M. Mehrvar, «Waste lubricating oil treatment by adsorption process using different adsorbents,» *International Journal of Chemical and Biological Engineering*, vol. 4, nº 2, pp. 70-73, 2010.
- [30] Swedish Institute for Standards, «Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework - Amendment 1 (ISO 14040:2006/Amd 1:2020),» 2020. [En línea]. Available: <https://maconomyportal.sis>. [Último acceso: 16 octubre 2021].

Cómo citar este artículo:

Manzanarez Jiménez, L. A. (2022). ALTERNATIVAS DE RECUPERACION PARA LOS ACEITES LUBRICANTES USADOS. *EPISTEMUS*, 16(32).
<https://doi.org/10.36790/epistemus.v16i32.222>

