

Revisión bibliográfica sobre problemas ambientales y gestión ambiental en la comercialización de hidrocarburos



<https://cu-id.com/2144/v15e03>

Literature review on environmental problems and environmental management in the commercialization of hydrocarbons

Wendy de la Caridad Ruiz Díaz^{1*}, Yamila Navarro Sosa²

RESUMEN: La comercialización de hidrocarburos juega un papel importante en la industria petrolera con el fin de satisfacer, en su mayoría, las necesidades energéticas del mundo. Uno de los grandes problemas que esta industria enfrenta es la contaminación que ella misma produce generando impactos ambientales negativos. Estos al no ser remediados afectan los ecosistemas, la salud y calidad de vida de los seres humanos; por lo tanto, la realización de acciones que garanticen una adecuada gestión ambiental contribuirá a la disminución del impacto negativo que se generan de estas actividades. El objetivo del presente artículo es analizar mediante la revisión bibliográfica los problemas ambientales que se producen en la comercialización de hidrocarburos y profundizar en el tema de la gestión ambiental.

Palabras clave: Industria petrolera, impacto ambiental, gestión ambiental, hidrocarburos.

ABSTRACT: The commercialization of hydrocarbons plays an important role in the oil industry in order to satisfy, for the most part, the energy needs of the world. One of the big problems that this industry faces is the pollution that it itself produces, generating negative environmental impacts. These, by not being remedied, affect the ecosystems, the health and quality of life of human beings; therefore, carrying out actions that guarantee adequate environmental management will contribute to reducing the negative impact generated by these activities. The objective of this article is to analyze through the bibliographic review the environmental problems that occur in the commercialization of hydrocarbons and to delve into the issue of environmental management.

Keywords: Oil industry, environmental impact, environmental management, hydrocarbons.

INTRODUCCIÓN

En los más recientes años el ser humano se ha desarrollado y ha adquirido nuevos descubrimientos lo que le permite tener una visión más completa de nuestro gran planeta Tierra: sin embargo, la crisis ambiental es una manifestación extrema de una crisis de mente y espíritu (Flores *et al.*, 2008). El tema se refleja en la investigación, los espacios educativos, de debate, y reflexión científica, en la agenda de importantes foros de organizaciones y organismos internacionales de las Naciones Unidas, así como en la preocupación de diferentes Estados y gobiernos. Se verifica la existencia de una voluntad internacional que promueve la legitimación y generalización del desarrollo sostenible y con ello la educación ambiental (González, 2021).

A nivel mundial, la industria petrolera se encuentra entre las que más perjuicios ocasionan al medio ambiente (Navarro *et al.*, 2023). El desarrollo de las actividades y operaciones propias de esta industria, implican una gran interacción con el medio y las comunidades en donde se llevan a cabo estos trabajos, generando efectos que pueden llegar a ser devastador, al no respetarse la normativa ambiental existente, o al ser esta tan flexible sobre ciertos aspectos, de igual manera, al no contar con diseños e implementaciones de planes de manejo adecuados ante alguna actividad a desarrollar o alguna emergencia que se presente, llevando a la degradación del entorno natural y riqueza ambiental de un país (Ardila, 2014a).

Recibido: 21/04/2023

Aprobado en su forma original: 11/07/2023

¹Centro Universitario José Antonio Echeverría (CUJAE), Calle 127 s/n Marianao, La Habana, Cuba.

²Centro de Investigaciones del Petróleo (CEINPET), Churrucá 481 e/ Washington y Vía Blanca,

Municipio Cerro, La Habana, Cuba. yamilan@ceinpet.cupet.cu

*Correo electrónico: wendyr0409@gmail.com

Conflicto de Intereses: Los autores de este trabajo declaran que no existe conflicto de intereses.

Contribuciones de los autores: Investigación: Wendy de la Caridad Ruiz Díaz. Redacción primera redacción: Wendy de la Caridad Ruiz Díaz. Metodología: Wendy de la Caridad Ruiz Díaz, Yamila Navarro Sosa. Redacción - revisión y edición: Wendy de la Caridad Ruiz Díaz, Yamila Navarro Sosa.

Este artículo se encuentra bajo licencia [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional \(CC BY-NC 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

En los últimos años las industrias petroleras han comenzado a preocuparse por los asuntos ambientales y entre las principales estrategias propuestas se encuentran los Sistemas de Gestión Ambiental (SGA), cuya aplicación permite mejorar la actuación ambiental de las empresas y lograr sus metas económicas, ya que se enfoca en la búsqueda de un desarrollo sustentable bajo un esquema ecoeficiente (Candela & Muñoz, 2022).

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una investigación bibliográfica sobre la industria petrolera y los principales problemas ambientales que esta genera. Se indagó lo relacionado con los Sistemas de Gestión Ambiental establecidos en la *NC ISO 14001: 2015* que permiten garantizar los objetivos ambientales de una empresa. La bibliografía revisada, tomó en consideración la calidad y naturaleza de las publicaciones. Se tuvieron en cuenta los aspectos éticos relacionados con los derechos de autor y normas de citación. Los resultados de la investigación se muestran a continuación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Petróleo

El petróleo es un compuesto químico complejo de color oscuro en el que coexisten partes sólidas, líquidas y gaseosas. Está formado, por una parte, por átomos de carbono e hidrógeno denominados hidrocarburos, y por otra, por pequeñas proporciones de nitrógeno, azufre, oxígeno y algunos metales (Acosta, 2021). Este hidrocarburo puede estar en estado líquido o en estado gaseoso. En el primer caso es un aceite al que también se le dice crudo. En el segundo se le conoce como gas natural. Según la teoría más aceptada, el origen del petróleo y del gas natural es de tipo orgánico y sedimentario (Acaro, 2020). Esa teoría enseña que el petróleo es el resultado de un complejo proceso físico-químico en el interior de la tierra, en el que, debido a la presión y las altas temperaturas, se produce la descomposición de enormes cantidades de materia orgánica que se convierten en aceite y gas (Becerra, 2014).

Es la materia prima de muchos productos químicos incluyendo farmacéuticos, disolventes, fertilizantes, pesticidas y plásticos, lo que lo convierte en un producto esencial para muchas industrias y de vital importancia en las actividades humanas como fuente de energía siendo el energético más importante en la historia de la humanidad (Suárez, 2021). Un recurso natural no renovable que contribuye con aproximadamente el 2,5 % del producto interno bruto (PIB) mundial, y aporta casi un tercio de la energía total que utiliza la población en el mundo (Nakasawa, 2022).

INDUSTRIA PETROLERA

La industria del petróleo es una de las más potentes de la economía mundial, de manera general, incluye procesos globales de exploración, perforación, extracción, refino, transporte y mercadotecnia de productos del petróleo (Asenso *et al.*, 2023)

La exploración de los campos petroleros se realiza con el fin de identificar los yacimientos de petróleo y la viabilidad técnico-económica de extraerlo para su posterior utilización; está compuesta por seis fases: adquisición de datos, procesamiento e interpretación de datos adquiridos, generación y jerarquización de proyectos, perforación exploratoria, análisis de resultados y delineación. Luego se procede a perforar, proceso que consiste en penetrar las capas de la corteza terrestre utilizando barrenas de perforación con el propósito de conocer en cuál área del interior de la tierra hay petróleo o gas natural (Galdo, 2019). La producción se produce en el interior de la tierra, es la actividad de la industria que se encarga de las operaciones empleadas para traer a la superficie los hidrocarburos naturales, utilizando la energía natural del yacimiento o mediante la aplicación de otros métodos de extracción, desde el yacimiento hasta el pozo y desde éste a la superficie. La preparación del crudo para su refinación comprende una serie de procesos de separación, transformación y purificación que consisten en eliminar gases disueltos, sales minerales, agua e impurezas con el fin de obtener la mayor cantidad posible de productos de calidad bien determinada (Cabezas & Vélez, 2020). A partir de la refinación se obtienen los siguientes productos: gas de refinación, gas licuado del petróleo (GLP), gasolina, naftas, kerosene, turbo combustible, petróleo diésel, aceites lubricantes, ceras, *fuel oil* y asfalto. Los productos brutos son transportados mediante oleoductos y gaseoductos, camiones y vagones cisternas o bien por vía fluvial o marítima; requiriéndose para todas estas formas de transporte una infraestructura especial (Vaca, 2022). Con relación al almacenamiento, el crudo que sale de los pozos productores, luego de la separación y tratamiento adecuados, pasa a un patio donde hay un cierto número de tanques y/o depósitos a flor de tierra para su posterior almacenamiento, con el objetivo de evitar cortes o problemas en el proceso de suministro de petróleo y asegurar un abastecimiento abundante y regular de las industrias y de los consumidores (Galván *et al.*, 2007). La distribución se realiza a través de estas instalaciones que almacenan temporalmente los productos derivados del petróleo para luego ser distribuidos hacia los centros de venta al consumidor. El objetivo es hacer llegar oportunamente los volúmenes de productos requeridos diariamente por los clientes, tanto nacionales como internacionales (Galván *et al.*, 2007).

Residuos petrolizados y emisiones

Los residuos petrolizados se generan en cualquier etapa de los procesos de producción, utilización o consumo, cuyo productor desecha o tiene la intención u obligación de desechar, o bien se vierten al ambiente en forma accidental por factores meteorológicos, mantenimiento y/o por errores humanos (Administraciones y Tecnologías Especializadas a su Servicio S.A., 2012). Estos residuos pueden ser líquidos, sólidos o gaseosos y contienen hidrocarburos que incrementan o disminuyen el área de afectación en función del tipo de suelo, tipo de hidrocarburo, topografía del lugar y principalmente el volumen de material vertido (Foroozanfar, 2017).

Los derrames de hidrocarburos son comunes durante los procesos de producción de crudo, así como también durante su comercialización, transporte y almacenamiento (Arias, 2017). Sus derivados pueden generar cantidades considerables de residuos impactando no solo la capa superficial del suelo, también corren el riesgo de ser movilizados hasta aguas subterráneas generando así su contaminación, o incluso pueden ser transportados por escorrentía incrementado aún más el daño ambiental (Arias, 2017), por ende el grado de peligrosidad que representan viene determinado por la presencia de características clasificadas en tres grandes grupos: peligros físicos, peligros para la salud y peligros para el medio ambiente, que constituyen un riesgo elevado (ITOPF, 2011).

De igual importancia son los gases de efecto invernadero y otros contaminantes que genera la extracción, el transporte y la refinación del crudo, provocando la contaminación atmosférica a partir de la emisión, acumulación y mezcla de dichos contaminantes en el aire (Ramos, 2011).

Residuales líquidos

Los efluentes de terminales de crudo y productos del petróleo consisten de aguas residuales de procesos y aguas servidas. Las aguas residuales de procesos provienen principalmente del drenaje de fondo de tanques y escurrimientos de aguas pluviales contaminadas, incluyendo el agua con hidrocarburos de fugas de tanques y derrames recogidos en áreas de contención secundarias. Otras posibles fuentes son aguas contaminadas con hidrocarburos del lavado de carros cisternas y aguas residuales del proceso de recuperación de vapor.

La infiltración de agua de lluvia, la condensación de humedad del espacio de vapor del tanque y el agua presente en el producto mismo pueden contribuir a la presencia de agua en los tanques de producto almacenado. El agua que se separa y sedimenta en el fondo del tanque se debe drenar periódicamente y

resulta un efluente líquido de aguas oleosas (Bernal & Cáceres, 2022).

Desde el inicio del empleo de hidrocarburos, la presencia de agua durante el proceso de explotación-producción se percibe como un mal necesario. Aunque se empleen las mejores técnicas de manejo, los niveles de generación de agua residual se incrementan hasta alcanzar límites que dificultan una disposición final segura. Así mismo, es difícil cumplir con las especificaciones técnicas, físico-químicas, respecto a las características de carga del sistema donde será dispuesta (Díaz *et al.*, 2022), por lo que estas son tratadas para cambiar su composición física, química o biológica, convirtiéndolas en sustancias más inocuas o que se pueden reutilizar (Spenagroup, 2016). Una vez tratadas deben cumplir con normas como la NC 27: 2012 Vertimiento de aguas residuales a las aguas terrestres y al alcantarillado- especificaciones y la NC 521: 2007 Vertimiento de aguas residuales a la zona costera y aguas marinas- especificaciones que regulan el vertimiento de las aguas residuales generadas por la actividad socioeconómica según el cuerpo receptor.

Residuales sólidos

Uno de los principales motivos del deterioro del medio ambiente son los residuos sólidos, debido a que su impacto es significativo y en el caso de la industria petrolera es aún mayor (Vargas, 2020) pues se generan distintos tipos de residuales entre los cuales se encuentran aquellos acumulados en el fondo de los tanques de almacenamiento de petróleo. Estos residuales comúnmente llamados lodos sufren un envejecimiento que es gobernado por tres tipos de procesos: físicos, tales como evaporación, disolución y emulsificación; químicos, como oxidación química o fotoquímica; biológicos, como la degradación aeróbica y anaeróbica. En estos residuales también se encuentran una gran variedad de sólidos tales como metales pesados, arena, arcilla, productos corrosivos y residuos de catalizadores, lo que provoca que la carga contaminante que contienen estos desechos sea sustancialmente elevada.

Los métodos de limpieza de tanques de almacenamiento de petróleo se realizan a partir de la NC 819: 2017 Manejo de fondaje de tanques de almacenamiento de petróleo y sus derivados que establece los procedimientos y conductas a seguir (NC, 2017). Para estos trabajos se requieren el uso extensivo de trabajo manual en el interior de éstos mediante el empleo de palas (Ramírez *et al.*, 2023), sin embargo, se ha tratado de reducir la exposición del personal a elementos tóxicos mediante la utilización de diversas tecnologías. Las diferentes alternativas que se han desarrollado con el objetivo de extraer estos residuales, incluyen en algunos casos, la recuperación del valor energético de estos desechos.

Una de las tecnologías aplicada con frecuencia en estos procesos, es la inyección de vapores calientes para disminuir la viscosidad del lodo que se encuentra en el interior de los tanques lo que facilita su extracción. Posteriormente, se aplican chorros a presión con determinada relación agua/solvente (diesel), o tensoactivos para emulsionar los hidrocarburos, proceso que se realiza mediante recirculación continua hasta que estos residuales son bombeados hacia otro tanque donde se realiza la separación de fases mediante sedimentación. El agua es trasladada a un sistema de tratamiento de residuales líquidos y la fase orgánica es recuperada y reintroducida en el proceso de refinación. Típicamente el 10 % del volumen de lodo permanece en el fondo del tanque como un residuo semisólido (Companioni *et al.*, 2013).

Una vez obtenido el residual sólido se le realiza tratamientos por cualquiera de los siguientes procesos: biodegradación, emisión, percolación, drenaje superficial u otros. En los últimos años se ha prestado mucha atención a los métodos biológicos y las combinaciones de estos con tratamientos químicos; tanto para la disposición final de residuos industriales como para la recuperación de sitios contaminados. Estos métodos biológicos se conocen genéricamente como procesos de biorremediación y tienen como objetivo el aprovechamiento y optimización de las capacidades biodegradadoras naturales. En el caso específico de la biorremediación de los lodos petrolizados, después de ser extraídos de los tanques de almacenamiento de combustible mediante una tecnología conveniente, es montado el sistema de tratamiento que incluye su mezclado con la tierra, nutrientes, y agua. Los procesos de biorremediación tienen entre sus características las ventajas de ser altamente eficientes, de bajo costo de aplicación, con niveles estándares de eficacia y con la singularidad de que para una misma técnica existen varias alternativas para mejorar y optimizar su desempeño, permitiendo incluso la realización de ensayos experimentales previos para determinar la aplicación de la mejor variante para su desarrollo a gran escala (Companioni *et al.*, 2013).

EMISIONES ATMOSFÉRICAS

La actividad petrolera genera emisiones atmosféricas cargadas de dióxido de carbono, metano y óxidos de nitrógeno (Galván *et al.*, 2007). Los impactos de corto-mediano plazo de tales contaminantes incluyen la contaminación de la vegetación, la filtración de contaminantes a los mantos acuíferos y de ahí al resto de la cadena alimenticia, lluvia ácida, enfermedades diversas como asma, problemas cardiovasculares, cáncer, irritación y alergias, etcétera. Los impactos de largo plazo o indirectos están esencialmente vinculados con las

implicaciones del calentamiento global (Ramos, 2011).

En Cuba existen normas de calidad del aire que tienen como objetivo principal la protección de la salud de toda la población, incluyendo los grupos más susceptibles. Se establecen Concentraciones Máximas Admisibles (CMA) de contaminantes en el aire que constituyen niveles máximos de exposición a cada contaminante (o mezclas de estos) para períodos de tiempo definidos. El cumplimiento de las CMA es de carácter obligatorio, está sujeto a verificación mediante métodos definidos, su trasgresión resulta de algún modo penalizada e implica la adopción de acciones de control, por lo que cuentan con un soporte legal, dado por leyes, estatutos, resoluciones u otros instrumentos jurídicos (NC, 2014).

Productos químicos en desuso y caducos

Las sustancias químicas son ampliamente usadas en diferentes procesos productivos y aplicaciones de la vida moderna, por tanto, su uso se ha generalizado (Navarro *et al.*, 2022a). El crecimiento en los sectores y mercados industriales que hacen un uso intensivo de ellas, como el sector petrolero, sigue impulsando el crecimiento de los mercados de las mismas (Navarro *et al.*, 2020). Un número importante de ellas son consideradas peligrosas debido a propiedades o características que pueden afectar el ambiente y los seres vivos. La acumulación de productos químicos ociosos y caducados (PQOC) en la industria petrolera es un problema que data de varios años, por lo que se hace necesario definir y aplicar opciones de manejo que permitan la disminución de los riesgos asociadas a estas sustancias (Navarro *et al.*, 2022b).

Los productos químicos caducos son considerados desechos peligrosos, los que se manejan según la Resolución No. 253/2021 del Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente (CITMA) Reglamento para el manejo de los productos químicos peligrosos de uso industrial, de consumo de la población y de los desechos peligrosos, que tiene como objetivo, establecer el control sobre las acciones de manejo de los productos químicos peligrosos industriales y de consumo de la población, así como de los desechos peligrosos que se generen en el país bajo el principio de reducir al mínimo posible los riesgos que puedan ocasionar a la salud humana y al medio ambiente (CITMA, 2021). Su manejo abarca las etapas siguientes: aplicación de estrategias de prevención de la generación en las fuentes de origen, generación, recolección, clasificación, transporte, almacenamiento, aprovechamiento económico (reciclaje, reúso), tratamiento y disposición final. El tipo de tratamiento a aplicar dependerá, entre otros factores, de las características y peligrosidad de los productos químicos, así como de la posibilidad de recuperación, reutilización o reciclado, que para

ciertos productos resulta muy aconsejable (Navarro *et al.*, 2022b).

Para lograr una gestión racional de los productos químicos y los desechos son requisitos previos brindar un mejor acceso a información sólida para los trabajadores, consumidores y comunidades y fomentar la comprensión de esa información. Los trabajadores solo pueden protegerse si tienen acceso a información sobre seguridad y peligros químicos.

Gestión ambiental

Las expectativas de la sociedad en cuanto a desarrollo sostenible, transparencia y responsabilidad y rendición de cuentas han evolucionado dentro del contexto de legislaciones cada vez más estrictas. Existen presiones crecientes con relación a la contaminación del medio ambiente, uso ineficiente de recursos, gestión inapropiada de residuos, cambio climático, degradación de los ecosistemas y pérdida de biodiversidad (Isaac *et al.*, 2017). Esto ha conducido a que las organizaciones adopten un enfoque sistemático con relación a la gestión ambiental.

La gestión ambiental es el conjunto de acciones y estrategias mediante las cuales se organizan las actividades antrópicas que influyen sobre el ambiente con el fin de lograr una adecuada calidad de vida previniendo o mitigando los problemas ambientales. Partiendo del concepto de desarrollo sostenible se trata de conseguir el equilibrio adecuado para el desarrollo económico, crecimiento de la población, uso racional de los recursos y protección y conservación del medio ambiente. Es un concepto integrador que abarca no solo las acciones a implementarse sino también las directrices, lineamientos, y políticas para su implementación (Massolo, 2015).

A través de una gestión ambiental integral se identifican los problemas ambientales y se encuentran soluciones para dichos problemas. Plantea y establece objetivos ambientales para reducir el impacto ambiental de una organización. Garantiza que todos los empleados sigan el programa de concienciación ambiental. Revisa las tecnologías existentes y trata de hacerlas sostenibles. Identifica, desarrolla e implementa políticas relacionadas con el desarrollo sostenible (Guédez *et al.*, 2003).

Al desarrollar un plan de gestión ambiental, debemos tener en cuenta algunos principios fundamentales de la política ambiental, de los cuales podemos mencionar:

- Priorizar la prevención por sobre la remediación o corrección.
- Cuando haya peligro de daño grave o irreversible, la falta de certeza científica no es excusa para evitar políticas preventivas (principio precautorio).

- Desarrollo gradual y dinámico de las políticas ambientales, de las actividades y necesidades de la sociedad y de los recursos naturales disponibles, considerando los avances científicos y tecnológicos para proveernos de esos recursos de manera sostenible (principio de progresividad).
- Derecho soberano a utilizar recursos naturales propios sin perjudicar a otros Estados.

Entre las distintas herramientas e instrumentos de la política y la gestión ambiental se encuentran los Sistemas de Gestión Ambiental (SGA) que es aquella parte del sistema general de gestión que comprende la estructura organizativa, las responsabilidades, las 16 prácticas, los procedimientos, los procesos y los recursos para determinar y llevar a cabo la política ambiental (Massolo, 2015).

Su implantación se realiza según lo establecido en la norma ISO 14001 que constituye una de las normas más conocidas de la serie ISO 14000, además de ser la única norma certificable del grupo. Sin embargo, cabe aclarar que dicha serie es un conjunto de más de 25 normas que cubren otras áreas como auditorías ambientales, declaración ambiental, análisis del ciclo de vida, comunicación ambiental, verificación de gases de efecto invernadero, entre otros. Estas normas son herramientas que las organizaciones pueden utilizar para hacer gestión ambiental, para administrar las relaciones que existen entre las actividades de la organización y su entorno (Massolo, 2015).

El modelo de gestión de la norma ISO 14001:2015 se basa en el principio de mejora, cuyo propósito es mantener los niveles actuales de desempeño y prever los cambios necesarios para que la organización responda a las dinámicas del entorno. Esta norma especifica requisitos que permiten que una organización logre los resultados previstos que ha establecido para su sistema de gestión ambiental (NC, 2015).

De acuerdo a los estudios desarrollados por Heras (2013) y Ejdy (2016), los factores cruciales durante el proceso de mejora del SGA se encuentran relacionados con aspectos tales como el direccionamiento estratégico organizacional, la cultura organizacional, el compromiso de la alta dirección, la integración con otros sistemas de gestión y programas ambientales, la motivación y el compromiso del personal, los mecanismos de evaluación y los recursos financieros (Alzate *et al.*, 2018).

Una de las principales preocupaciones, tanto de las empresas que integran la industria del petróleo como de los estados y las organizaciones internacionales, es la de evitar posibles accidentes que dañen el medio ambiente (Morales, 2020). La industria petrolera en particular, realiza numerosos procesos que generan consecuencias directas en el entorno, en especial emisiones atmosféricas, efluentes líquidos y desechos

sólidos y peligrosos. Es por esto que en el ámbito internacional y en los últimos años, estas empresas han comenzado a preocuparse por los problemas ambientales, buscando la forma de minimizar los impactos que, sobre el ambiente, las comunidades y las personas generan los procesos que sostienen nuestra forma de vida (Guédez *et al.*, 2003). Las organizaciones se encuentran forzadas a trascender y asumir la gestión ambiental como parte de su modelo de negocio, de manera de alcanzar el éxito y considerar la implementación del sistema de gestión ambiental como parte integral de una estrategia de negocio en la búsqueda de la generación de valor para las partes interesadas. En este sentido, el compromiso de la organización con las partes interesadas resulta ser un aspecto fundamental para afrontar los cambios del entorno y conducir a la sostenibilidad de la organización (Alzate *et al.*, 2018).

CONCLUSIONES

Según la bibliografía revisada se logró concluir que:

1. El petróleo y su gama infinita de productos derivados le convierten en uno de los factores más importantes del desarrollo económico en el mundo, siendo la fuente de energía más importante de la sociedad actual.
2. Las operaciones propias de la industria petrolera generan consecuencias directas sobre el medio ambiente, entre las que se destacan las emisiones atmosféricas, los efluentes líquidos y los desechos sólidos y peligrosos, tema que resultó ser el de mayor publicación.
3. La aplicación de una adecuada gestión ambiental según se establece en la NC ISO 14001: 2015 contribuye a la protección del medio ambiente y a la mitigación de los impactos ambientales, ayudando a las empresas a cumplir con la legislación establecida.

BIBLIOGRAFÍA

- Acaro, G. Á. M. 2020. Mejora en los procesos y operación de los sistemas de tratamientos de crudo en la Batería 3 Lote 8.
- Acosta, J. C. R. 2021. Análisis de riesgo y propuesta de alternativas de manejo de un pasivo ambiental en unainstalación para la comercialización de hidrocarburos. CUJAE.
- Alzate, I. A., ramírez, R. J. & Alzate, I. S. 2018. Modelo de gestión ambiental iso 14001: evolución y aporte a la sostenibilidad organizacional. Revista chilena de economía y sociedad, 12.
- Arias, J. A. V. 2017. Contaminación de suelos y aguas por hidrocarburos en Colombia. Análisis de la fitorremediación como estrategia biotecnológica de recuperación. Revista de Investigación Agraria y Ambiental, 8, 151-167.
- Asenso, J. K., Nagudi, B. & Aanyu, K. 2023. Oil and Gas Exploration, Development and Production in Emerging Markets and Developing Economies. The Economics of the Oil and Gas Industry: Emerging Markets and Developing Economies, 3.
- Becerra, E. A. B. 2014. Formulación de polielectrólitos usando turbiscan y microscopia, enfocado en el rompimiento de emulsiones inversas. revista ambiental agua, aire y suelo, 5.
- Bernal, J. L. & Cáceres, C. A. 2022. Diseño de un proceso de separación para el tratamiento de agua contaminada con hidrocarburos y orgánicos solubles. Universidad Nacional del Comahue. Facultad de Ingeniería.
- CAbezas, S. F. I. & Vélez, A. M. E. 2020. La producción de derivados del petróleo en el Ecuador. período 2014-2018. Facultad de Ciencias Económicas. Universidad de Guayaquil.
- Candela, R. S. M. & Muñoz, C. A. 2022. Diseño de los Programas de Gestión Ambiental para una empresa prestadora de servicios al sector de hidrocarburos.
- Companioni, D. E., Álvarez, G. J. A. & Díaz, D. M. A. 2013. Sistemas de tratamientos de residuos sólidos petrolizados.
- Colectivo de Autores. 2012. Resumen Ejecutivo Reciclaje de residuos peligrosos. Administraciones y Tecnologías Especializadas a su Servicio S.A.
- Díaz, R. Y., Mendiola, L. L., González, S. A., Navarro, S. Y., acosta, D. S. & Chao, R. C. 2022. Biofiltración de efluentes líquidos de la industria petrolera con materiales naturales. Ingeniería Hidráulica y Ambiental, 43: 12-24.
- Foroozafar, M. 2017. Environmental control in petroleum operations. Journal CleanWAS, 1:18-22.
- Galdo Martinez, J. A. 2019. Gestión ambiental de desechos peligrosos generados por actividades de perforación en la zona de ceja de selva.
- Galván, R. L., Reyes, G. R. E., Guédez, M. C. & de Armas, D. 2007. Los macroprocesos de la industria petrolera y sus consecuencias ambientales. Universidad, Ciencia y Tecnología, 11: 091-097.
- González, H. Y. 2021. Educación ambiental para el desarrollo petrolero sostenible en Cuba. Estudio de caso en la Empresa de Perforación y Extracción de Petróleo del Centro (EPEP-C) de la provincia de Matanzas. UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA.
- Guédez, M. C., de Armas, H. D., Reyes, G. R. & Galván, R. L. 2003. Los sistemas de gestión ambiental en la industria petrolera internacional. Interciencia, 28:528-533.
- Isaac, G. C. L., Gómez, B. J. & DíaZ Aguirre, S. 2017. La integración de herramientas de gestión ambiental como práctica sostenible en las

- organizaciones. *Revista universidad y sociedad*, 9:27-36.
- ITOPF . 2011. Eliminación de hidrocarburos y desechos.
- Massolo, L. A. 2015. Introducción a las herramientas de gestión ambiental, Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP).
- Morales, V. M. P. 2020. Mejora del Sistema de Gestión de Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente enfocado en incrementar la sostenibilidad de una empresa. Universidad de Piura.
- Nakasawa. 2022. El petróleo y su rol determinante en la economía mundial [Online]. Available: <https://innovamas.nakasawaresources.com/el-petroleo-y-su-rol-determinante-en-la-economia-mundial/> [Accessed 2 de abril 2023].
- Navarro, S., Acosta, J. C. R., Rivas, T. L. R., Cañete, P. C. C. & Díaz, R. Y. 2023. Evaluación de riesgos de un pasivo ambiental en la comercialización de hidrocarburos. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 44, 14-24.
- Navarro, S. Y., Rivas, T. L., Cañete, P. C. C., Romero, S. R. & Soroa, B. M. R. 2020. Propuesta general de alternativas de manejo para los productos químicos en desuso y caducados. *Tecnociencia Chihuahua*, 14: 451-451.
- Navarro, S. Y., Rivas, T. L., Chao, R. C., Cañete, P. C. C. & Díaz, R. Y. 2022b. desarrollo y aplicación de alternativas para reducir productos químicos ociosos y caducados en la industria petrolera. *Centro Azúcar*, 49: 31-40.
- NC 2014. NC 1020: 2014 Calidad del aire-Contaminantes-Concentraciones máximas admisibles y valores guías en zonas habitables. Oficina Nacional de Normalización Cuba.
- NC 2015. Norma Cubana (NC ISO): 14001: Sistemas de Gestión Ambiental-Requisitos con orientación para su uso. ONN La Habana.
- NC 2017. NC. 819 :2017 Manejo de fondaje de tanques de almacenamiento de petróleo y sus derivados. Cuban National Bureau of Standards La Habana, Cuba.
- Ramírez, P. M., Cerezo, N. A., Pastor, F. A., Otero, M. M. & Ballesteros, P. P. 2023. Determination of requirements for the improvement of occupational safety in the cleaning of vertical tanks of petroleum products. *Safety*, 9, 6.
- Ramos, G. C. D. 2011. Petróleo, medio ambiente, cambio climático y seguridad: Macondo, otra advertencia más. *Nómadas. Critical Journal of Social and Juridical Sciences*, 30.
- SPENAGROUP. 2016. Tratamiento de Aguas Residuales en la Industria del Petróleo [Online]. Perú. Available: <https://spenagroup.com/tratamiento-aguas-residuales-industria-petrolera/> [Accessed 9 de febrero 2023].
- Suárez, C. M. E. 2021. Factores críticos para la implementación de proyectos que utilizan datos masivos (Big Data) en organizaciones operadoras de la industria del petróleo y gas en Colombia. Universidad Nacional de Colombia
- Vaca, G. J. D. 2022. Estudio técnico y económico del transporte de derivados de hidrocarburos para la optimización de los parámetros de operación en el tramo del poliducto Santo Domingo-Quito, utilizando sistemas de bombeo eléctrico. Quito: UCE.
- Vargas, G. L. D. 2020. Impactos ambientales de la producción petrolera en Colombia y su relación con la innovación tecnológica en los últimos quince años. Fundación Universidad de América.
-