

GESTIÓN DEL PROCESO DE RECEPCIÓN, ALMACENAJE Y ENTREGA DE COMBUSTIBLES EN LA COMERCIALIZADORA DE MATANZAS

YASNIEL SÁNCHEZ SUÁREZ*

<http://orcid.org/0000-0003-1095-1865>

Facultad de Ingeniería Industrial,
Universidad de Matanzas, Cuba

JONATHAN RODRÍGUEZ TRUJILLO

<https://orcid.org/0009-0000-5388-1954>

Facultad de Ingeniería Industrial,
Universidad de Matanzas, Cuba

SHAYLA CASTELAR ALFONSO

<https://orcid.org/0009-0008-1372-1372>

Facultad de Ingeniería Industrial,
Universidad de Matanzas, Cuba

ARIALYS HERNÁNDEZ NARIÑO

<http://orcid.org/0000-0002-0180-4866>

Dirección de Ciencia e Innovación Tecnológica,
Universidad de Ciencias Médicas de Matanzas, Cuba

Recibido: 21 de mayo del 2025 / Aceptado: 10 de julio del 2025

Publicado: 19 de diciembre del 2025

doi: <https://doi.org/10.26439/ing.ind2025.n049.7935>

RESUMEN. Las demoras en la descarga y recepción de combustibles por baja capacidad logística e infraestructura generan cuellos de botella y afectan la distribución del crudo. El objetivo de la investigación es analizar el proceso de recepción, almacenaje y entrega de combustibles en una comercializadora de combustibles cubana. La metodología es cuantitativa descriptiva, con un enfoque sistemático para analizar las posibles repercusiones

Este estudio no fue financiado por ninguna entidad.

* Autor corresponsal.

Correos electrónicos en orden de aparición: yasnielsanchez9707@gmail.com; jonathanrt@umcc.cu; castelarshayla@gmail.com; arialishn.mtz@infomed.sld.cu

Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0).

de las soluciones en las partes interesadas, a partir de un estudio bibliográfico, al igual que un análisis a través del método general de solución de problemas. Como resultado de la investigación, se detecta el incumplimiento de los parámetros de temperatura exigidos por los clientes, ya que los tubos no cuentan con el recubrimiento necesario para mantener la temperatura. En función de las deficiencias detectadas en el proceso, se proponen un conjunto de acciones, basadas en el reemplazo, reparación e instalación de equipamiento y el aseguramiento logístico de piezas.

PALABRAS CLAVE: control de procesos / comercio del combustible / combustibles / gestión de empresas / almacenes / control de calidad / normalización / Cuba

MANAGEMENT OF THE PROCESS OF RECEPTION, STORAGE AND DELIVERY OF FUELS AT THE SLAUGHTERING COMMERCIALIZATION COMPANY

ABSTRACT. Delays in the unloading and receiving of fuels due to low logistical capacity and infrastructure create bottlenecks and affect the distribution of crude oil. The objective of the research is to analyze the fuel reception, storage, and delivery process in a Cuban fuel distribution company. The methodology is descriptive and quantitative, with a systematic approach to assess the potential impacts of solutions on stakeholders, based on a bibliographic study, as well as an analysis using the General Problem-Solving Method. As a result of the investigation, non-compliance with the temperature parameters required by customers was detected, since the pipes lack the necessary coating to maintain temperature. Based on the deficiencies identified in the process, a set of actions is proposed, focusing on the replacement, repair, and installation of equipment, as well as ensuring the logistical supply of spare parts.

KEYWORDS: process control / fuel trade / fuel / industrial management / warehouses / quality control / standardization / Cuba

INTRODUCCIÓN

El mundo está atravesando paulatinamente una serie de cambios debido al desarrollo tecnológico alcanzado por diversos países (Nuralina et al., 2023), la mayoría de los cuales depende de la industria petrolera para el transporte, la generación de energía u otros usos (Gergova & Warren, 2024). Los petróleos viscosos y pesados presentan desafíos en el análisis de fluidos y crean obstáculos para la recuperación (Mascarenhas Cordeiro et al., 2024). Estos desafíos se están superando mediante nuevas tecnologías y mejoras en los métodos convencionales de desarrollo de petróleo y se espera que desempeñen un papel muy importante en el futuro de la industria petrolera (Yan et al., 2024). Hay una tendencia a aumentar la producción, revisar las estimaciones de reservas, probar nuevas tecnologías e invertir en infraestructura para garantizar que no se abandonen los recursos de petróleo pesado.

El petróleo convencional representa solo alrededor del 30 % del total, mientras que el petróleo pesado, el petróleo extrapesado y el bitumen constituyen el resto (Mascarenhas Cordeiro et al., 2024). Cuba no está ajena a los acontecimientos globales, pues cuenta con empresas capaces de refinar petróleo, extraer crudo nacional pesado, preparar sus mezclas y transportarlas por tierra y mar para su comercialización (Carrión-Alcayde et al., 2022). En este contexto, la actividad petrolera es considerada uno de los pocos sectores en expansión de la actual economía cubana (Ballagas Suárez et al., 2023). Esto lo respaldan las importantes mejoras en sus resultados de producción desde el principio de los años 90 hasta la actualidad, su impacto en la economía y especialmente en el ahorro energético del país, ya que, si bien el petróleo cubano es pesado, contiene alto contenido de azufre y de productos asfálticos, lo que representa una posibilidad real de que el país enfrente dependencia energética (Alcalá Abraham et al., 2021).

La comercialización del petróleo y sus derivados tiene como objetivo la entrega oportuna de los volúmenes de productos que diariamente requieren una amplia y diversa gama de clientes nacionales e internacionales (Shahnazi et al., 2023). La venta final de crudo o derivados en determinados mercados representa la culminación de todos los esfuerzos de la industria (Sheng & Wang, 2022). Cumplir pedidos y aceptar estos productos refieren ventas e ingresos que aseguran la continuidad y disponibilidad de nuevas inversiones, lo que demuestra las capacidades de la industria como importante generadora de divisas y dividendos.

El desarrollo y la expansión global de las ventas de petrolíferos han aumentado junto con la creciente demanda (Maamoun, 2021). Cada organización mantiene su figura, forma, relaciones con los clientes y estatus comercial como proveedor confiable para incrementar su participación en los mercados.

El petróleo crudo nativo es un líquido muy viscoso, lo cual dificulta su manipulación. Por ello, es necesario el calentamiento (Wu et al., 2021), el cual se logra a través de los intercambiadores de calor que, según reportes del departamento de mantenimiento, se encuentran en mal estado (con perforaciones). Esta situación provoca que el crudo se introduzca en el condensado y, al encontrarse contaminado, no pueda reintegrarse a la caldera como corresponde, lo que provoca pérdidas económicas. Además, el producto final no llega a los clientes con los parámetros de temperatura requeridos, de modo que afecta el proceso de recepción, almacenaje y entrega de combustibles. Por el peso significativo de este proceso para la empresa, se decide realizar un análisis integral de la situación existente respecto al calentamiento y, específicamente, a los intercambiadores de calor a través del método general de solución de problemas (MGSP), que es una estrategia que nos ayuda a resolver cualquier tipo de problema de manera efectiva. Entre sus ventajas destacan el enfoque integral y la flexibilidad para combinarse con herramientas como el diagrama de Ishikawa (Mohammed Alawi et al., 2024), además de facilitar la priorización de causas y cerrar el ciclo con la propuesta de acciones de mejora y la evaluación de alternativas. Otros métodos utilizados para la mejora de proceso son la modelación con enfoque *lean* mediante la implementación de mapas de flujos de valor (Sánchez Suárez et al., 2025), el análisis *six sigma* enfocado en reducir variabilidad e ideal para problemas complejos con datos cuantificables (Martínez Zárate et al., 2024) y los árboles de problema y objetivos que ayudan a descomponer un problema en subproblemas y priorizar soluciones (González-Muñoz et al., 2023).

A partir de la revisión de informes de auditoría, la consulta a expertos y el intercambio en consejo de dirección, se identifica un conjunto de problemáticas relacionadas con el proceso de recepción, almacenamiento y entrega de combustible (RAEC). Entre las principales se encuentran:

1. Falta de coordinación con proveedores, congestión en muelles o insuficiente capacidad de bombeo
2. Combustible contaminado o fuera de especificaciones
3. Discrepancias entre lo facturado y lo recibido
4. Mezcla de combustibles por errores en tuberías o limpieza inadecuada de tanques
5. Falta de mantenimiento en tanques o válvulas

En consecuencia, el objetivo de la investigación es analizar el proceso de recepción, almacenaje y entrega de combustibles en la comercializadora de combustibles de Matanzas.

METODOLOGÍA

Se utilizó una metodología de tipo cuantitativa descriptiva (Sánchez Suárez, Marqués León, Hernández Nariño & Suárez Pérez, 2023) con un enfoque sistemático para analizar las posibles repercusiones de las soluciones en las partes interesadas. Se utilizó el MGSP (Saltos Salgado et al., 2021) en su ejecución y se apoyó de materiales para el trabajo en equipo (como los métodos de cálculo del coeficiente de Kendall en la ecuación 1 y *brainstorming*) y de las técnicas de diagnóstico (como la revisión de documentos, entrevistas, análisis a través del diagrama de Ishikawa y la propuesta de acciones correctivas).

$$W = \frac{12 \sum \Delta^2}{m^2(k^3 - k)} \quad (1)$$

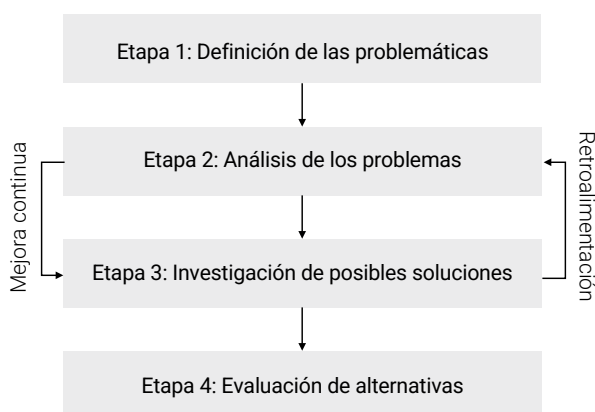
El Δ se calcula por fila en la ecuación 2, m representa la cantidad de expertos y k es el número de características a evaluar. El coeficiente debe ser mayor de $W > 0,5$ para que exista concordancia de criterios entre los expertos y el estudio pueda considerarse confiable. Si $W < 0,5$, el estudio no es válido y se repite el procedimiento. Se seleccionan las características de mayor prioridad que cumplan con $\sum_{i=1}^m A_{ij} \leq T$ y que $\Delta \leq 0$, donde m es la cantidad de expertos que evalúan las características (k).

$$\Delta = \sum_{i=1}^m A_{ij} - T \quad (2)$$

El MGSP cuenta con cuatro etapas principales (Saltos Salgado et al., 2021): 1) definición de las problemáticas; 2) análisis de los problemas; 3) investigación de posibles soluciones; y 4) evaluación de alternativas. En la Figura 1, se evidencia que estas fueron contextualizadas al caso de estudio práctico.

Figura 1

Procedimiento propuesto en la investigación



En la etapa 1, se utilizó el método del coeficiente de Kendall para la priorización de las características a evaluar (Calzado-Girón, 2020; Barrueta Gómez et al., 2022), las cuales se obtuvieron a partir del trabajo conjunto con el equipo de expertos (se seleccionaron un total de 7 expertos), que contaron con las competencias necesarias a partir del cálculo del índice de experticia propuesto por Sánchez Suárez, Marqués León, Hernández Nariño y Suárez Pérez (2023). Se realizó un taller en la entidad objeto de estudio donde se explicaron los objetivos de la investigación y los sistemas de ponderación a utilizar para el correcto despliegue del método del coeficiente de Kendall (Marín-González et al., 2021).

Para la identificación de problemáticas se empleó la lluvia de ideas (Murillo Morocho et al., 2014) y se estructuró en siete pasos:

1. Se escogió al facilitador y persona que apuntó las ideas.
2. Se escribió en un tablero una frase que representó el problema y el asunto de discusión.
3. Se escribió cada idea con el menor número de palabras posible. No se interpretaron o cambiaron las ideas.
4. Se estableció un tiempo límite (aproximadamente 25 minutos).
5. Se fomentó la creatividad al construir sobre las ideas de otros. Los miembros del grupo de lluvia de ideas y el facilitador nunca deben criticar las ideas.
6. Se revisó la lista para verificar su comprensión.
7. Se eliminaron las duplicaciones, problemas no importantes y aspectos no negociables.

Para el estudio causal de los principales problemas detectados, se utilizó el diagrama causa-efecto, que ha demostrado ser una herramienta eficaz para estudiar procesos, situaciones y desarrollar planes de recopilación de datos.

En la etapa 2, se realizó el análisis de las problemáticas a profundidad con un enfoque de proceso (Ortíz-Fernandez et al., 2024), el cual ha demostrado efectividad al romper las barreras funcionales en las empresas. La descripción se realizó mediante diagramas AS-IS (enfocados principalmente en describir actividades, tales como servicios).

Los diagramas AS-IS crean una representación visual que muestra exactamente cómo funciona el proceso actual, qué decisiones se deben tomar y cuánto tiempo lleva cada paso (Sánchez Suárez, Marqués León, Hernández Nariño & Santos Pérez, 2023). Para su creación, en primer lugar, se debe determinar el alcance del proceso; con ello, se identifican las partes interesadas y los expertos en el campo para obtener sus opiniones sobre qué pasos deben incluirse.

Se realizó un análisis de balance de carga y capacidad a través del método de punto limitante (Fornet Cabrera et al., 2021), donde se utilizó un diagrama de análisis de procesos productivos (OTIDA), que identifica las actividades de operación, transporte, inspección, demora y almacenamiento (Cherrez Sanmartin et al., 2021). En la implementación correcta de este balance, se hace necesario detectar correctamente la operación limitante o cuello de botella.

Para implementar correctamente el balance de carga (Fornet Cabrera et al., 2021) a través del método del cuello de botella, adaptado a las características de la entidad, se deben seguir los siguientes pasos:

1. *Representar el proceso productivo.* Se utilizó la simbología de la Tabla 1 para cada elemento en el proceso.
2. *Calcular las capacidades unitarias (Cui) y las capacidades reales (Cri) de cada operación.* En la ecuación 3, *i* representa la operación o el equipo, y *K* refiere al porcentaje de utilización del obrero o del equipo.

$$Cri = Cui * K \quad (3)$$

3. *Calcular las capacidades totales reales (CTRi).* En la ecuación 4, *Ne* representa el número de equipos, mientras que *No*, el número de obreros.

$$CTRi = Cri * Ne / No \quad (4)$$

4. *Seleccionar el cuello de botella o punto limitante.* Es la operación con menor valor de capacidad total real (CTRi) donde hay presente equipos.
5. *Balancear flujo.* En la ecuación 5, *Qi* significa la carga de cada proceso *i*.

$$Qi = CTRi \quad (5)$$

6. *Calcular el Ne / No.* En la ecuación 6, se evidencia el cálculo del *Ne / No*.

$$Ne / No = Qi / Cri \quad (6)$$

7. *Calcular el porcentaje (%) de utilización.* En la ecuación 7, este porcentaje se halla de la siguiente forma:

$$\% \text{ de utilización de los equipos} = (Ne_{\text{reales}}) / (Ne_{\text{aproximado}}) \quad (7a)$$

$$\% \text{ de utilización de los obreros} = (No_{\text{reales}}) / (No_{\text{aproximado}}) \quad (7b)$$

En la etapa 3, con el apoyo del equipo de trabajo se realizó la búsqueda de soluciones a los principales problemas detectados. Luego, en la etapa 4, se efectuó una evaluación de alternativas con el objetivo de encontrar la solución más factible para la empresa, a partir de criterios como el menor costo económico, la mayor vida útil, entre otros.

RESULTADOS

Los resultados de la investigación se obtienen de la División Territorial de Comercialización de Combustibles de Matanzas, Cuba (caso de estudio práctico), vinculada a la Unión CUPET del Ministerio de Energía y Minas de Cuba. Se encuentra situada en el kilómetro 3,5 de la Zona Industrial de Versalles, en la bahía de Matanzas. Los productos que se comercializan son el crudo nacional y sus mezclas, los combustibles de aviación, domésticos, automotor y solventes. La entrega de estos productos se realiza por mar, tierra, línea ferroviaria y camiones cisternas.

Los procesos con los que cuenta la empresa actualmente son los siguientes:

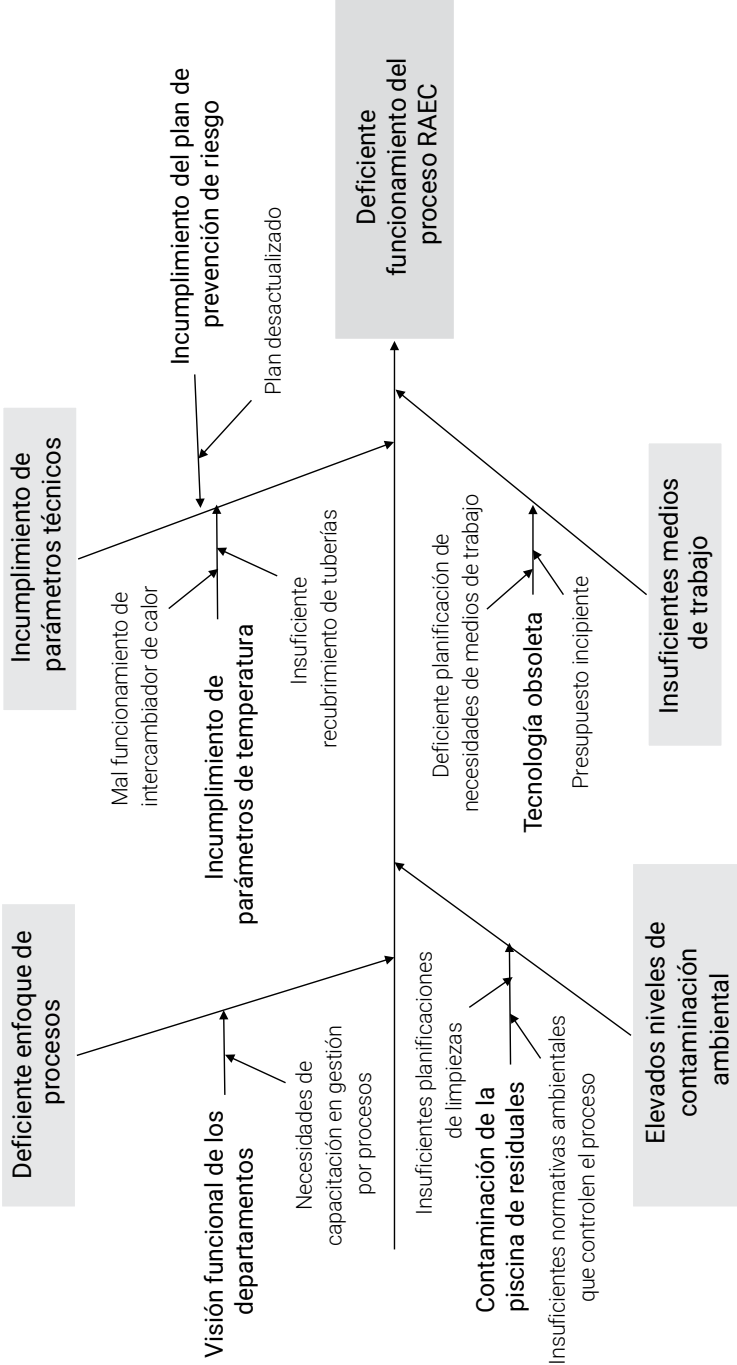
- Procesos estratégicos: gestión de la dirección (planificación estratégica) y medición, análisis y mejora
- Procesos claves: recepción, almacenamiento y entrega de combustible, confección de mezclas, sistema calentamiento y comercial
- Procesos de apoyo: gestión de recursos humanos y compras

De la aplicación del método del coeficiente de Kendall con un nivel de concordancia del 89 %, los expertos identificaron al RAEC como el proceso prioritario para el análisis y la mejora. Luego de realizada la lluvia de ideas, se identificaron los principales problemas que inciden en su correcto funcionamiento:

- Incumplimiento de los parámetros de temperatura del producto entregado según los requerimientos de los clientes
- Existencia de la piscina de residuales con alto contenido de productos contaminantes
- Falta de un recubrimiento total en los tubos de transporte de petróleo crudo
- Inadecuadas condiciones de los intercambiadores de calor
- Tecnología obsoleta en el área

En la Figura 2, se representa el análisis causal realizado.

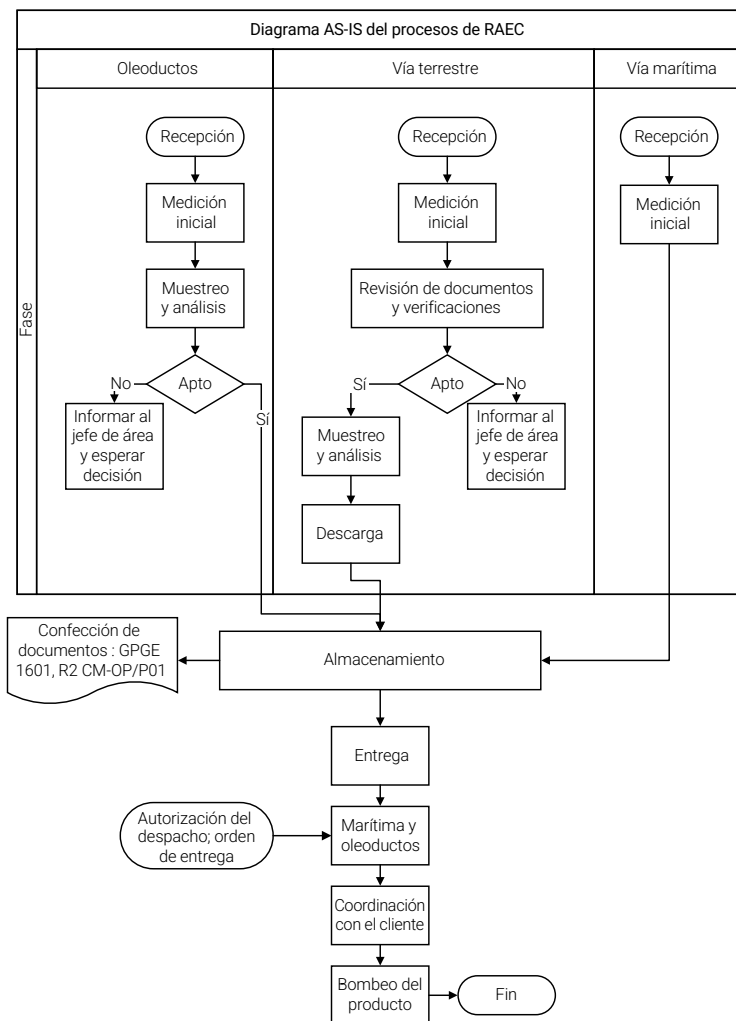
Figura 2
Diagrama causa-efecto



El estudio se realizó en la zona terrestre de abastecimiento y petróleo crudo, que cuenta con el mayor número de instalaciones de la organización. La base terrestre tiene como objetivo recibir, almacenar y comercializar bienes (crudo local y algunos solventes) a centrales termoeléctricas. El recibimiento del petróleo crudo es a través de pailas, buques tanque y tubería. El crudo se transporta por medio de camiones y tuberías a las unidades generadoras de la planta Martí. Por medio ferroviario también se transporta el petróleo de la estación de bombeo a la zona 1-1. El petróleo se obtiene del producto después de su paso por un intercambiador de calor. En la Figura 3, se muestra la descripción gráfica de las principales actividades que intervienen en el proceso, la cual se realizó por medio de un diagrama AS-IS.

Figura 3

Diagrama AS-IS de las actividades involucradas en el proceso RAEC



Se detectó que entre las principales causas que afectan el proceso RAEC está el calentamiento del petróleo crudo, por su carácter viscoso, lo que dificulta su flujo por las tuberías y ocasiona el incumplimiento con la temperatura requerida por los clientes (50 °C). Estos resultados de temperatura requerida por los diversos buques que comercializan con la empresa aparecen en la Tabla 1. Para la realización de las mediciones, se utilizan termómetros de mercurio en vidrio (OIML R85) con certificación vigente que se introducen en el tanque mediante sondas de medición (*termowell*) a profundidades específicas que requieren un tiempo de estabilización de tres minutos como mínimo para registrar la temperatura real. Las pruebas de repetibilidad se ejecutan en la fase de calibración de equipos, no durante la operación. Estos protocolos garantizan que la incertidumbre experimental esté controlada.

Tabla 1
Resultados de las temperaturas de entrega a buques tanque (año 2024)

		Temperatura del buque	
		Plan	Real
03/07/2024	Aquila	50	43
06/07/2024	Caribbean Alliance	50	49
10/07/2024	Ocean Integrity	50	43
14/07/2024	Primula	50	50
17/07/2024	Caribbean Alliance	50	59
21/07/2024	Ocean Integrity	50	43
22/07/2024	Primula	50	46
25/07/2024	Neptune	50	41
30/07/2024	Theodoros IV	50	42
05/08/2024	Primula	50	44
17/08/2024	Aquila	50	41
24/08/2024	Esperanza	50	42
26/08/2024	Caribbean Alliance	50	56
17/09/2024	Caribbean Alliance	50	46
17/09/2024	Trident	50	51
21/09/2024	Primula	50	43
Buques cargados			16
Temperatura de salida mayor o igual a 50			4
Cumplimiento			25,00 %

Los intercambiadores de calor se encuentran en estado crítico por perforaciones en su estructura. El crudo se adentra al condensado, el cual una vez contaminado no puede ser devuelto a la caldera como se debería hacer, pues hay que expulsarlo. Esta situación contamina el medio con esas impurezas y provoca pérdidas económicas, porque el agua que se desecha tiene que ser repuesta, agua fría que habría que calentar hasta los 90 °C. Se pierden 6 toneladas (t) de agua por hora de trabajo; si se multiplican esas 6 t por su precio en pesos cubanos, haría un aproximado de 4000 dólares cada hora que trabaje el intercambiador de calor; si el segundo intercambiador de calor expulsa aproximadamente 2,1 t por hora, el valor de la pérdida ascendería a 1400 dólares.

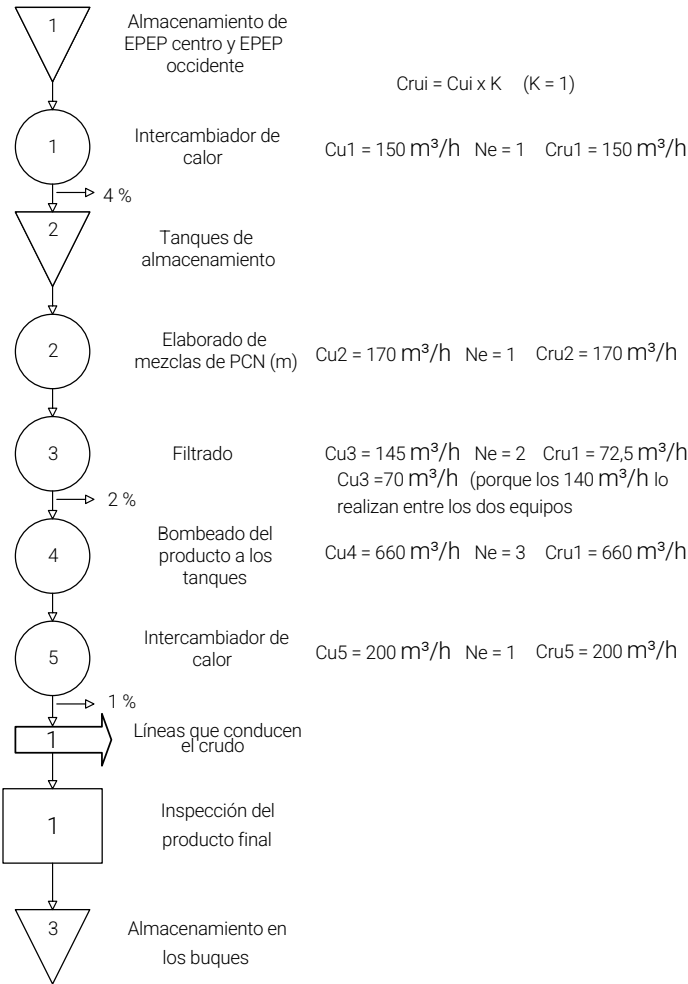
Al estudiar las operaciones relacionadas con el proceso RAEC en la base de crudo y suministros, se encontró que el petróleo se obtiene de los productores: Empresa de Perforación y Extracción de Petróleo (EPEP) del Centro y de Occidente, con previo paso por el intercambiador de calor (IE 117), por el cual transitan 150 m³/h (con una capacidad ideal de 180-200m³/h). Luego, se trasladan 170 m³/h al área 1 para la producción de mezclas de crudo mejorado por un equipo mezclador, el cual será transportado por barcos a diversas termoeléctricas nacionales. Para su envío en barcos, se distribuyen 145 m³/h por dos filtros cestas ubicados delante del paso a las bombas, los cuales tienen el propósito de retener la suciedad contenida en el crudo; en este proceso, un 2 % de producto es desechado. El caudal proveniente del filtro se dirige a tres bombas con una capacidad de 660 m³/h cada una, conectadas en paralelo para impulsar el producto hacia los buques. A la salida de las bombas está instalado un intercambiador de calor con una capacidad de 200 m³/h, el cual desecha 2,1 m³ de ese condensado cada hora que trabaje por roturas. Detrás del intercambiador hay líneas que llevan el petróleo a diferentes terminales donde abordan los buques y un operario se encarga de realizar la inspección, verificando que el producto final cumpla con lo solicitado por el cliente. Todo el proceso finaliza con el almacenamiento en los buques.

Estos datos anteriormente mencionados sobre la carga o capacidad soportada por cada equipo, la cantidad de obreros o equipos en cada operación, las pérdidas que ocurren en el proceso y el flujo de producto han sido obtenidos mediante la revisión de documentos en la empresa y la realización de entrevistas a la tecnóloga principal del área, quien es ingeniera química y cuenta con 43 años de experiencia.

En la Figura 4, se representó el sistema de operaciones del proceso a través del diagrama de OTIDA, ampliamente utilizado en otras investigaciones, para estudiar las actividades, materias primas o equipos que no aportan valor o la necesidad de comprar nuevos (Cherrez Sanmartin et al., 2021; Santiago Martínez et al., 2023).

Figura 4

Representación del sistema de operaciones del proceso RAEC: balance de carga y capacidad



Nota. El PCN (producto de combustible nacional) es el combustible de producción local, generalmente refinado.

Se realizó el balance de carga del proceso y se determinó el número necesario de medios de trabajo y fuerza de trabajo para cumplir con la demanda. La Tabla 2 muestra un resumen de las capacidades, cargas, cantidad de equipos u obreros y porcentaje de utilización de cada operación, donde el cuello de botella se encontró en la operación 3 de filtrado por tener el menor valor de cri. Después de analizar la información obtenida, se concluye que el proceso actualmente ofrece un nivel de servicio al cliente de 138 m^3/h de petróleo crudo.

Tabla 2

Capacidades, cargas, cantidad de equipos u obreros y porcentaje de utilización de cada operación

Operación	Cri (m ³ /h)	Q (m ³ /h)	Ne/No	% de utilización
1	150	152	1,012	51
2	170	145	0,851	85
3	72,5	145	22	100
4	660	138	0,201	20
5	200	138	0,691	69

A partir de las deficiencias detectadas y el análisis realizado al proceso RAEC, se propone un conjunto de acciones correctivas al consejo de dirección de la entidad:

1. Es necesario sustituir el intercambiador de calor principal en la línea receptora del combustible, el cual debe tener una capacidad de 180-200 m³/h. A partir de los actuales proveedores internacionales de la empresa y del convenio marco con la empresa de placas industriales de acero carbono inoxidable en Beijing, China, el jefe de operaciones, con el apoyo del consejo de dirección, decidió comprar un intercambiador de calor de placas industriales de carbono inoxidable, cuyo precio aproximado es de 280 000 euros, considerando un menor costo y un periodo de recuperación de la inversión de cuatro años.
2. Se propone un diseño de tubos para el transporte del crudo hacia la base terrestre en supertanqueros, mediante tuberías de 21 pulgadas (533 mm) que se utilizarán para el transporte de nafta y una tubería de 25 pulgadas (635 mm) semejante a las líneas de suministro de combustible existentes. Esta medida garantiza ahorros operativos del 30 % al 50 % y reduce costos por barril de 15-20 dólares a 5-10 dólares, con una capacidad de flujo de 200 000 a 500 000 barriles al día y menores pérdidas por evaporación de hasta un 0,1 % en comparación con el 1 % actual. Además, mejora el control térmico, lo que mantiene el crudo sobre los 50 °C y evita solidificaciones, que influye en la dependencia logística. Aunque la inversión inicial es alta (100 millones de dólares aproximadamente), el retorno es en seis años gracias a menores costos de operación, lo que mejora el flujo de caja y la eficiencia energética.
3. En la operación 1 (intercambio de calor) es necesaria la compra de un nuevo equipo que soporte la carga de 152 m³/h o la reparación del intercambiador existente mediante la compra de tubos internos.

4. Se plantean comprar los tubos internos de estos intercambiadores de calor averiados. Se analizan las opciones más factibles para la economía de la empresa, cuya mejor oferta resulta la adquisición de cada tubo a 139,93 euros.

En cuanto a menor costo, la mejor opción sería la compra de los tubos internos del intercambiador, que es una inversión de 229 485,2 euros, que se recuperaría en 60 días. Pero, en cuanto a inversión a largo plazo, la mejor elección sería la compra de un nuevo equipo, el cual tiene un año de garantía con un costo de 280 000 euros, inversión que se recuperaría en 73 días. La empresa es quien tiene la decisión de comprar según su fondo financiero.

DISCUSIÓN

La gestión de procesos productivos requiere enfoques sistemáticos para identificar y resolver ineficiencias. En este sentido, el MGSP es una herramienta estructurada que permite abordar fallas, optimizar recursos y elevar la calidad, León Rodríguez et al. (2021) plantea que su aplicación en entornos industriales ha demostrado reducir tiempos muertos y costos operativos, y además facilita la mejora de procesos mediante su articulación con diagramas causales, como es el caso del diagrama de Ishikawa, ampliamente utilizado para el análisis de procesos (Mohammed Alawi et al., 2024).

Para la representación de procesos, se utilizó el diagrama AS-IS para describir las actividades del proceso RAEC, en coincidencia con otras investigaciones que lo emplean en la descripción del proceso de consulta externa en un policlínico (Marrero Otero et al., 2022) y en la gestión de flujos de pacientes con COVID-19 (Sánchez Suárez et al., 2021). Ello demuestra su utilidad para representar procesos de servicio, mientras que el diagrama de OTIDA permite representar procesos productivos donde es necesario analizar operaciones, transporte, inspección de bienes, demoras y almacenamientos; un ejemplo de ello es su utilización para la elaboración de tartas de boda (Ramírez-Betancourt et al., 2023).

Con el balance de carga se determinó el punto limitante o también conocido como cuello de botella, elemento que permite a los gestores tomar decisiones referidas a la capacidad. En la presente investigación se realizó la propuesta de instalación de nuevos equipos. Con esta instalación y la ejecución de modificaciones tecnológicas necesarias se obtendría como resultado un ahorro de 229 485,20 pesos cubanos en gastos al año, como en los mantenimientos, elemento que se destaca como importante en otras investigaciones como la de Alvarado-Betancourt y Sabando-Piguabe (2021), aplicado en la planta de tratamiento de agua de la empresa Dialilife, en los servicios y otros gastos como la sobreestadía de buques por afectación en la temperatura de los combustibles.

La implementación de tuberías para el transporte de crudo (25 pulgadas) y nafta (21 pulgadas) genera beneficios económicos inmediatos y sostenibles a corto plazo

(1 a 3 años), ya que garantiza el suministro ininterrumpido, evita penalizaciones por incumplimiento y reduce costos operativos al eliminar gastos logísticos variables. A largo plazo, en un periodo de 5 a 10 años o más, se logrará un ahorro acumulado de entre 5 y 10 millones de dólares, gracias a la eficiencia energética, menor mantenimiento (ahorro anual de 229 485 pesos cubanos) y reducción de pérdidas por evaporación. La infraestructura, con vida útil de 30 a 50 años, permitirá escalar la capacidad sin incrementar costos marginales y brindará estabilidad ante fluctuaciones del mercado.

Estos cambios tecnológicos permiten la ejecución de las operaciones en el plazo establecido, elemento que garantiza el suministro de petróleo crudo y combustible a los diferentes clientes en tiempo y con la calidad requerida. El impacto económico consolidado proyecta ahorros promedios anuales de 400 000 euros en combustible, logística y mantenimiento. En la proyección estratégica futura se recomienda priorizar la inversión en el intercambiador nuevo y las tuberías, que ofrecen mayor rentabilidad y eficiencia sostenible, y se debe considerar la utilización de financiamiento externo si es necesario para cubrir la inversión inicial.

Se realizó un análisis económico para elegir la opción más viable entre la compra de tubos para reparar los intercambiadores de calor existentes y la adquisición de un nuevo intercambiador de calor de placas industriales. Estos estudios económicos y de rentabilidad para seleccionar las opciones más viables se han implementado en otras investigaciones (Suárez Silgado et al., 2021).

CONCLUSIONES

A partir del análisis del proceso RAEC en la empresa objeto de estudio, se identificaron como principales problemas el incumplimiento con las temperaturas acordadas del producto entregado según los requerimientos de los clientes, la existencia de la piscina de residuales con alto contenido de producto contaminante y la falta de un recubrimiento total de los tubos que transportan el petróleo crudo.

Se realizó una propuesta de acciones correctivas al consejo de dirección de la empresa con el objetivo de solventar los principales problemas identificados. Estas acciones incluyeron la compra de nuevos intercambiadores de calor y de tubos internos para su reparación y mantenimiento, así como el rediseño de los tubos del sistema de transporte. Esta propuesta se elaboró con un enfoque en la optimización de las operaciones desde un estudio crítico de las alternativas más factibles.

La implementación de estas soluciones generará importantes beneficios económicos. A corto plazo (1 a 2 años), la sustitución del intercambiador de calor por uno nuevo (280 000 euros) mejorará la eficiencia energética, reducirá las pérdidas térmicas, garantizará una capacidad óptima (180 a 200 m³/h) y evitará cuellos de botella. El diseño

de tuberías (21 y 25 pulgadas) disminuirá los costos logísticos en un 50 % al eliminar dependencias logísticas y asegurará el suministro estable. Por otro lado, la reparación de tubos internos, con un costo de 13 993 dólares por unidad, ofrece una solución rápida pero temporal, con menores ahorros a largo plazo.

Entre las limitaciones de la presente investigación, se identifica la falta de estudios con profundidad sobre los fluidos por la tubería y las transferencias de calor, aspectos que permitirían trazar estrategias para cumplir con los requerimientos de calidad de los clientes. Asimismo, no se realizaron simulaciones de las propuestas de mejoras mostradas, lo que habría permitido determinar con mayor precisión las necesidades de nuevos equipos y su impacto en la rentabilidad de la empresa, elementos que pueden ser abordados en futuras investigaciones.

CONFLICTOS DE INTERÉS

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORES

Yasniel Sánchez Suárez: escritura: borrador original, redacción: revisión y edición, conceptualización, *data curation*, metodología, investigación. **Jonathan Rodríguez Trujillo:** redacción: revisión y edición, supervisión, conceptualización, visualización. **Shayla Castelar Alfonso:** metodología, conceptualización, análisis formal, administración de proyecto. **Arialys Hernández Nariño:** supervisión, *data curation*, *software*, validación, redacción: revisión y edición.

REFERENCIAS

- Alcalá Abraham, V. A., Alemán Causil, E. D., Sousa Santos, V., Noriega Angarita, E., & Gómez Sarduy, J. R. (2021). Identification of savings opportunities in a steel manufacturing industry. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 11(4), 43-50. <https://doi.org/10.32479/ijee.11142>
- Alvarado-Betancourt, E. J., & Sabando-Piguabe, L. F. (2021). Sistema de gestión de mantenimiento basado en confiabilidad. Caso de estudio: Planta de tratamiento de agua empresa DIALILIFE. *Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología e Investigación*, 4(8), 46-77. <https://doi.org/10.46296/ig.v4i8.0023>
- Ballagas Suárez, A., Pérez López, A., & Junco Galindo, E. (2023). Análisis del proceso de tratamiento de crudo en una unidad de producción empresarial de base. *Mare*, 5(2), 4-18. <https://doi.org/10.52948/mare.v5i2.938>

- Barrueta Gómez, N., Peña Martínez, S. L., & Fernández Sánchez, E. (2022). El estadígrafo Kendall y su aplicación. Un ejemplo práctico. *A3Manos*, 9(16). <http://portal.amelica.org/ameli/journal/784/7843889004/>
- Calzado-Girón, D. (2020). La gestión logística de almacenes en el desarrollo de los operadores logísticos. *Ciencias Holguín*, 26(1), 59-68. <https://www.redalyc.org/journal/1815/181562407005/181562407005.pdf>
- Carrión-Alcayde, B. M., Matos-Durán, R., Castellanos-Rodríguez, A., & Oca-Abella, O. M. (2022). Evaluación del sistema de compresión de la Combinada 2 de la Refinería de Petróleo Hermanos Díaz mediante el simulador Aspen HYSYS v8. 8. *Tecnología Química*, 42(3), 487-502. <https://scielo.sld.cu/pdf/rtq/v42n3/2224-6185-rtq-42-03-487.pdf>
- Cherrez Sanmartin, N. J., Maza Sánchez, E. J., & Pacheco Molina, A. (2021). Diseño de flujogramas en el sector Cooperativo-Economía Popular y Solidaria para la mejora de procesos. *Polo del Conocimiento*, 6(9), 1545-1566. <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/3126>
- Fornet Cabrera, D. A., Miranda Pérez, R., Cabrera Álvarez, E. N., & Pérez De Armas, M. (2021). Balance de carga de las rutas del lector-cobrador en la Empresa Eléctrica de Cienfuegos. *Ekotemas*, 7(2), 44-53. https://www.researchgate.net/publication/358535550_Balance_de_carga_de_las_rutas_del_Lector-Cobrador_en_la_Empresa_Electrica_de_Cienfuegos
- Gergova, I., & Warren, P. (2024). Oil and community development in Gabon: The case of Gamba. *The Extractive Industries and Society*, 17, 101395. <https://doi.org/10.1016/j.exis.2023.101395>
- González-Muñoz, S., Sánchez-Padilla, M. L., & Hernández-Benítez, R. (2023). Árbol de problemas como base en la investigación. *Educación y Salud*, 12(23), 125-129. <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/ICSA/article/download/11153/10729>
- León Rodríguez, I. X., Espín Canga, L. H., & Gallegos Gallegos, S. B. (2021). Método general de solución de problemas y Diagrama de Ishikawa en el análisis de los efectos de los femicidios en el entorno familiar. *Conrado*, 17(79), 252-260. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1990-86442021000200252
- Maamoun, A. (2021). Revenge of the electric car in the 2020s: a case study. *Global Journal of Entrepreneurship*, 5(1), 19-30. https://www.igbr.org/wp-content/Journals/2021/GJE_Vol_5_No_1_2021.pdf#page=23
- Marín-González, F., Pérez-González, J., Senior-Naveda, A., & García-Guliany, J. (2021). Validación del diseño de una red de cooperación científico-tecnológica utilizando el coeficiente K para la selección de expertos. *Información Tecnológica*, 32(2), 79-88. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642021000200079>

- Marrero Otero, B. A., Trujillo García, L., Sánchez Suárez, Y., & Santos Pérez, O. (2022). Aplicación de procedimiento para la planificación de capacidad en los servicios. *Ciencias Holguín*, 28(3), 21-32. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181572159003>
- Martínez Zárate, I., Guevara Ramírez, I., Cruz Manzo, J., Heredia García, R., Osio Sánchez, D.M. (2024). Desarrollo y validación de un modelo Lean Six Sigma como método de mejora continua en las pymes. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(5), 9131-9152. http://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5.14302
- Mascarenhas Cordeiro, F. M., Gomes, L., Forte Silva, U. P., Andrade, C. H., Pimentel Santa Rosa, L., & Damasceno da Silva, L. D. (2024). Análise da viabilidade econômica da injeção de vapor a partir da água produzida no poço Araçás Bahia. *Latin American Journal of Energy Research*, 11(2), 23-30. <https://doi.org/10.21712/lajer.2024.v11.n2.p23-30>
- Mohammed Alawi, A., Ramírez Betancourt, F. D., Salgado Cruz, M., González Silva, S., & Sánchez Suárez, Y. (2024). Analysis of the management quality efficiency in a perfumery company. *Salud, Ciencia y Tecnología-Serie de Conferencias*, 3, 1170. <https://doi.org/10.56294/sctconf20241170>
- Murillo Morocho, W. P. M., Quezada Jiménez, B. F., Castillejo-Olán, R., & de la Caridad Maqueira-Caraballo, G. (2024). Estrategia motivacional inclusiva para estudiantes con discapacidad intelectual leve en la clase de Educación Física. *Mapa*, 8(34), 121-142. <https://www.revistamapa.org/index.php/es/article/view/411>
- Nuralina, K., Baizholova, R., Aleksandrova, N., Konstantinov, V., & Biryukov, A. (2023). Socio-economic development of countries based on the Composite Country Development Index (CCDI). *Regional Sustainability*, 4(2), 115-128. <https://doi.org/10.1016/j.regsus.2023.03.005>
- Ortíz-Fernandez, J., Baldeón-Tovar, M., Medina-Pelaiza, L., Ortiz-Huamán, C., & Godiño-Poma, M. (2024). Gestión por procesos en las empresas. Una revisión sistémica. *Gestionar*, 4(1), 7-22. <https://doi.org/10.35622/j.rg.2024.01.001>
- Ramírez-Betancourt, F. D., Salgado-Cruz, M., Alawi, A. M., & Alfonso-Roque, L. (2023). Análisis de la eficiencia de la calidad de la gestión. Caso empresa química. *Ingeniería Industrial*, 44(1), 43-57. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59362023000100043&lng=es&nrm=iso
- Salto Salgado, M. F., Benavides Salazar, C. F., & Benavides Salazar, J. C. (2021). Adopción factores influyentes en el principio de celeridad del proceso. Análisis y alternativas sobre la base del método Delphi y método general de solución de problemas. *Conrado*, 17(79), 234-241. <http://www.scielo.sld.cu/pdf/rc/v17n79/1990-8644-rc-17-79-234.pdf>

- Sánchez Suárez, Y., Marqués León, M., Hernández-Nariño, A., & Santos-Pérez, O. (2023). Hospital rough cut capacity planning in a General Surgery service. *Dyna*, 90(225), 45-54. <https://doi.org/10.15446/dyna.v90n225.103774>
- Sánchez Suárez, Y., Marqués León, M., Hernández Nariño, A., & Suárez Pérez, M. M. (2023). Metodología para el diagnóstico de la gestión de trayectorias de pacientes en hospitales. *Región Científica*, 2(2), 2023115. <https://doi.org/10.58763/rc2023115>
- Sánchez Suárez, Y., Pérez Castañeira, J. A., Sangroni Laguardia, N., Cruz Blanco, C., & Medina Nogueira, Y. E. (2021). Retos actuales de la logística y la cadena de suministro. *Ingeniería Industrial*, 42(1), 1-12. <https://rii.cujae.edu.cu/index.php/revistaind/article/download/1079/992>
- Sánchez Suárez Y, Sánchez Castillo V, Gómez Cano C. A. (2025). Implementación de mapas de flujo de valor en la mejora de trayectorias intrahospitalarias de pacientes. *Revista Cubana de Salud Pública*, 51, e19273. <https://revsaludpublica.sld.cu/index.php/spu/article/download/19273/2009>
- Santiago Martínez, G., De la O Téllez, M. Á., & Aguilera Martínez, A. F. (2023). Aplicación de una guía metodológica para el estudio de organización del trabajo en la UEB servicios mineros. *Revista Cubana de Administración Pública y Empresarial*, 7(1), e193. <https://doi.org/10.5281/zenodo.8265961>
- Shahnazi, R., Sajedianfard, N., & Melatos, M. (2023). Import and export resilience of the global oil trade network. *Energy Reports*, 10, 2017-2035. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2023.08.065>
- Sheng, Y., & Wang, Q. (2022). Influence of carbon tariffs on China's export trade. *Environmental Science and Pollution Research*, 29, 24651-24659. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-17757-z>
- Suárez Silgado, S. S., Calderon Valdiviezo, L. J., & Mahecha Vanegas, L. F. (2021). Application of life cycle assessment (LCA) methodology and economic evaluation for construction and demolition waste: a Colombian case study. *Earth Sciences Research Journal*, 25(3), 341-351. <https://doi.org/10.15446/esrj.v25n3.82815>
- Wu, X., Lei, Y., Li, S., Huang, J., Teng, L., Chen, Z., & Lai, Y. (2021). Photothermal and Joule heating-assisted thermal management sponge for efficient cleanup of highly viscous crude oil. *Journal of Hazardous Materials*, 403, 124090. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.124090>
- Yan, B., Liu, H., & Peng, X. (2024). Scenario analysis to evaluate the economic benefits of tight oil resource development in China. *Energy Strategy Reviews*, 51, 101318. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2024.101318>