

**Artículo Original**

***PROPUESTAS DE MODIFICACIONES TECNOLÓGICAS ANTE LA  
INCERTIDUMBRE DE LAS MATERIAS PRIMAS  
EN LA REFINERÍA SERGIO SOTO***

***PROPOSED TECHNOLOGICAL MODIFICATIONS IN THE FACE OF  
UNCERTAINTY OF RAW MATERIALS AT THE SERGIO SOTO REFINERY***

Sheila María Acosta Rodríguez<sup>1\*</sup> <https://orcid.org/0009-0004-1292-3109>

Nancy López Bello<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0002-9570-6983>

Jorge Leiva Mas<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0002-3122-1485>

Carlos Enrique Díaz Bernal<sup>2</sup> <https://orcid.org/0000-0001-7041-248X>

Mijail Bonachea Crespo<sup>2</sup> <https://orcid.org/0000-0001-9764-909X>

<sup>1</sup> Departamento de Ingeniería Química, Facultad de Química y Farmacia. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Santa Clara, Villa Clara, Cuba.

<sup>2</sup> Refinería Sergio Soto de Cabaiguán, Sancti Spiritus, Cuba.

Recibido: Marzo 2, 2025; Revisado: Marzo 10, 2025; Aceptado: Abril 25, 2025

**RESUMEN**

**Introducción:**

La introducción de diferentes mezclas de crudos en la refinería implica cambios tecnológicos, para mantener la calidad deseada del aceite dieléctrico por su gran importancia para el país.

**Objetivo:**

Proponer modificaciones tecnológicas que implica la variación de mezclas de crudos en la Refinería Sergio Soto.

**Materiales y Métodos:**

Se evaluaron las características de la materia prima para poder llevar a cabo el diseño de una sección de la planta de destilación atmosférica para garantizar calidad en el proceso.

**Resultados y Discusión:**

Se realizó el diseño tecnológico de los tanques de almacenamiento, del mezclador de tabiques para lograr la homogeneidad entre las fases del crudo, y el dimensionamiento



Este es un artículo de acceso abierto bajo una Licencia *Creative Commons* Atribución-No Comercial 4.0 Internacional, lo que permite copiar, distribuir, exhibir y representar la obra y hacer obras derivadas para fines no comerciales.

\* Autor para la correspondencia: Sheila M. Acosta, Email: [sheilamariaacosta@gmail.com](mailto:sheilamariaacosta@gmail.com)



de las bombas que garantiza el rendimiento eficiente del sistema, reduciendo los costos operativos a largo plazo.

**Conclusiones:**

El diseño de un mezclador de tabiques permite mejorar la homogeneidad de la mezcla de crudo y garantiza un mejor rendimiento en el proceso. La propuesta de cambios tecnológicos implica el dimensionamiento de bombas y tanque de almacenamiento a la salida del mezclador. En la solución tecnológica propuesta la inversión es satisfactoria recuperándose en un período de tres años.

**Palabras clave:** costos; crudo; diseño; mezcla.

**ABSTRACT**

**Introduction:**

The introduction of different crude oil blends into the refinery requires technological adjustments to maintain the desired quality of the dielectric oil, given its critical importance for the country.

**Objective:**

To propose technological modifications implied by variations in crude oil blends at the Sergio Soto Refinery.

**Materials and Methods:**

The characteristics of the raw material were evaluated to design a section of the atmospheric distillation plant, ensuring process quality.

**Results and Discussion:**

The technological design of the storage tanks, the partition mixer to achieve homogeneity between the crude phases, and the sizing of the pumps to ensure efficient system performance, reducing long-term operating costs, were carried out.

**Conclusions:**

The design of a partition mixer improves the homogeneity of the crude mixture and ensures better performance in the process. The proposed technological changes involve the sizing of pumps and storage tank at the outlet of the mixer. In the proposed technological solution, the investment is satisfactory, recovering in a period of three years.

**Keywords:** costs; crude oil; design; mixture.

## 1. INTRODUCCIÓN

El petróleo es una sustancia compleja de hidrocarburos que contiene compuestos tales como carbono, azufre, hidrógeno, nitrógeno y oxígeno (Duckwen et al., 2016). El crudo cubano es de 8° API (Fitzgibbon, 2023), pesado nafteno- aromático, bajo en parafinas y alto contenido de azufres e impurezas (Beyra et al., 2023). Los compuestos formados por azufre según Meneses et al. (2021) causan corrosión en el equipo de refinación, en los motores y forman un gas tóxico, el sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S).

El crudo Pina-Cristal es bajo en azufre con respecto al de Matanzas y se procesa en menor volumen, lo que permite, entre otros productos, la obtención del corte lateral R<sub>3</sub>,

---

materia prima principal para la producción del aceite dieléctrico. El que es utilizado en los transformadores de todo el país sustituyendo costosas importaciones y aportando energía al sistema electroenergético nacional (Morejón, 2024).

El mezclado de crudos constituye un proceso importante que proporciona flexibilidad a las refinerías frente a la creciente complejidad operativa y los cambios constantes en las materias primas. Obtiene una buena combinación a través de los crudos disponibles (Hegazy et al., 2023), mejora el grado de calidad de los productos derivados del petróleo y logra mayores beneficios económicos para las empresas de refinación (Wanpeng et al., 2022).

La Refinería Sergio Soto, localizada en Cabaiguán, provincia de Sancti Spíritus, Cuba, inició su funcionamiento en 1941 y actualmente es la única refinería del país que procesa crudo nacional, este último proveniente de la cuenca central (Jatibonico, Pina - Cristal y Majagua) y del yacimiento localizado en Varadero, Matanzas. La refinería no está exenta de dificultades. Proporcionar la misma calidad y cantidad del crudo que procesa hoy la unidad de destilación atmosférica, se ha convertido en un gran desafío debido al agotamiento de los pozos de petróleo con el tiempo.

Durante los últimos años el yacimiento Pina ha presentado una notable disminución de las producciones de petróleo (Guerra et al., 2020), debido a su prolongada explotación. En las condiciones actuales de la economía cubana, es más vital que nunca, la búsqueda de soluciones creativas y flexibles que conduzcan al desarrollo de tecnologías efectivas, sostenibles e independientes de las importaciones (Bonachea et al., 2021).

Esta investigación se enfoca en la evaluación y mejora del sistema de destilación atmosférica en la Refinería Sergio Soto de Cabaiguán. En esta se identifican las limitaciones actuales del proceso y enuncian soluciones innovadoras que podrían aumentar la eficiencia operativa para cumplir con el objetivo de proponer modificaciones tecnológicas que implica la variación de mezclas de crudos en la Refinería Sergio Soto.

## **2. MATERIALES Y MÉTODOS**

### ***2.1 Características de la materia prima***

Ante la problemática del escaso crudo nacional, se tomó la decisión, a partir de una prueba industrial, de mezclar crudo nacional Pina-Cristal y el crudo importado Urals ex UstLuga, utilizando una proporción 50-50%. Esta mezcla garantiza la calidad del R<sub>3</sub> con valores de rendimiento (10%), similares a cuando se emplea el crudo Pina-Cristal en correspondencia a lo establecido en la norma (ASTM D3487-16e01, 2019). Medina et al. (2023) y (Medina, 2022) reportan que esta mezcla, como promedio, presenta mejores índices en los parámetros fundamentales como porcentaje de azufre, rendimiento y viscosidad, los cuales se determinaron por regla aditiva ante la imposibilidad de realizar análisis. En la Tabla 1 se dispone de las características físico-química de estos crudos por el Centro de Investigación del Petróleo, CEINPET, (2011).

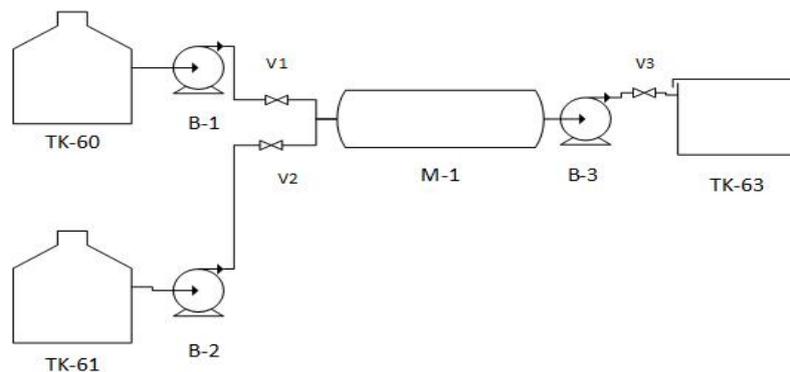
---

**Tabla 1.** Características físico-químicas del crudo Pina-Cristal y Urals ex UstLuga

<i>Índice</i>	<i>Urals ex UstLuga</i>	<i>Pina-Cristal</i>	<i>Mezcla al 50%</i>
Gravedad ( <sup>0</sup> API)	30,9	22,9	26,9
Densidad a 20 <sup>0</sup> C (kg/m <sup>3</sup> )	370,8	583,8	477,3
Azufre total (%)	1,59	2,11	1,929
Asfaltenos (% m/m)	1,43	1,33	1,38

## 2.2 Propuesta de modificaciones tecnológicas

Para que el proceso asegure la calidad y eficiencia deseada hay que lograr una mezcla uniforme, por lo que se propone el diseño de una sección de la planta de refinación del crudo. El esquema preliminar se puede observar en la Figura 1.



**Figura 1.** Modificaciones del esquema de la planta de destilación atmosférica con el sistema de mezclado incorporado

Los acoples serían bombas, flujómetros, válvulas, tuberías y sus accesorios.

Donde:

(TK-60): tanque de almacenamiento de crudo Pina-Cristal.

(TK-61): tanque de almacenamiento de crudo Urals ex UstLuga.

(TK-63): tanque mezclador de tabiques

(M-1): tanque de almacenamiento de crudo homogenizado.

(B-1): bomba para el crudo Pina-Cristal.

(B-2): bomba para el crudo Pina-Cristal.

(B-3): bomba para la mezcla de crudo.

(V-1): válvula para controlar el flujo de crudo Pina-Cristal.

(V-2): válvula para controlar el flujo de crudo Urals ex UstLuga.

(V-3): válvula para controlar el flujo de crudo mezclado.

### 2.2.1 Diseño del mezclador

Para el diseño se dispone de las características de las materias primas del crudo Pina-Cristal y Urals ex UstLuga que se reflejan en la Tabla 1 de este documento. Al considerar la mezcla de dos tipos de crudos, se selecciona un mezclador con tabiques ya que uno de paletas utiliza un motor eléctrico, lo que puede representar un riesgo de ignición debido a chispas en entornos donde se manejan hidrocarburos. El mezclador con tabiques permite una mejor distribución y contacto entre los crudos, creando flujos turbulentos que favorecen una mezcla más homogénea, facilitando su integración en

sistemas existentes sin necesidad de modificaciones extensivas. Este es más eficiente en términos de energía y su diseño tiende a requerir menos mantenimiento, lo que contribuye a una reducción adicional en los gastos a largo plazo. Este tipo de mezclador es muy efectivo en productos viscosos ya que se obtiene una mejor homogeneidad, favoreciendo a las propiedades físico-químicas de la mezcla, su diseño se realiza según Perry & Green, (2018), (Coulson et al., 1999). Para el contacto directo con el petróleo crudo se recomienda utilizar tanques fabricados con acero al carbono, siendo resistente a la corrosión y de gran durabilidad.

### **2.2.2 Dimensionamiento de las bombas**

Para el proceso son necesarias tres bombas, debido a que el fluido presenta una viscosidad media se recomienda la bomba centrífuga. En la industria se cuenta con una bomba de inyect, que es la encargada de bombear la materia prima hacia la planta de destilación atmosférica, la cual presenta las características adecuadas para suplir las necesidades del sistema que se propone. Las restantes dos bombas centrífugas se calculan por método convencional propuesto por Rosabal & Garcell, (2014) y con el empleo del software Grundfos GO.

Las bombas están equipadas con un cierre de fuelle de caucho no equilibrado. El cierre mecánico satisface los requisitos establecidos por la Norma UNE-EN 12756, (2002). La conexión de las tuberías se lleva a cabo por medio de bridas DIN de PN 16 (Norma UNE-EN 1092-2, 2024). Igualmente, cuentan con un motor síncrono de imanes permanentes refrigerado por ventilador. El nivel de eficiencia del motor, de acuerdo con la Norma IEC 60034-30-2, (2021), es IE5. El motor incluye un convertidor de frecuencia y un controlador PI en la caja de conexiones W. Ello facilita el control variable y continuo de la velocidad del motor, lo cual, a su vez, permite adaptar el rendimiento a un determinado conjunto de requisitos.

### **2.2.3 Dimensionamiento de los tanques**

Actualmente en la refinería existe el tanque de almacenamiento de crudo Pina-Cristal (TK-60) y el de crudo importado (TK-61), presentando características y dimensiones adecuadas para el sistema que se propone (Tabla 2). Estos serán utilizados en las nuevas modificaciones y, además, sirven de referencia para el dimensionamiento del tanque de almacenamiento del crudo y homogenizado proveniente del mezclador.

Los tanques deben ser cilíndricos y trabajar a presión atmosférica. El material de construcción es acero al carbono (BCT<sub>3</sub>), por su resistencia a la corrosión y durabilidad. Es importante el cumplimiento de las normativas locales e internacionales (Norma API 650, 2020).

**Tabla 2.** Características de los tanques de almacenamiento

<i>Parámetro</i>	<i>Valores</i>
Diámetro	15,18 m
Altura	11,80 m
Capacidad	2000 m <sup>3</sup>

### 2.3 Costo total de inversión

La estimación del costo total de inversión se realiza utilizando los factores de proporción y las ecuaciones correspondientes (1) y (2), según Peters & Timmerhaus, (1991), adaptándola a las condiciones de la inversión. Teniendo un índice actual de 605 refenciado en Economic Indicators, (2025).

$$CTI = CFI + IT \quad (1)$$

$$IT = 15 \% CTI \quad (2)$$

Donde:

CFI: costo fijo de inversión.

IT: inversión de trabajo.

CTI: costo total de inversión.

Para valorar la factibilidad de la inversión a realizar se determinan los indicadores dinámicos de rentabilidad como el VAN y la TIR, teniendo en cuenta las siguientes ecuaciones.

$$VAN = \left[ \sum_{t=1}^n \frac{\text{Flujos de caja}}{(1+i)^t} \right] - \text{Inversión inicial} \quad (3)$$

$$\text{Inversión inicial} = \sum_{t=1}^n \frac{\text{Flujo de caja}}{(1+TIR)^t} \quad (4)$$

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con el diseño del mezclador se puede obtener un mejor rendimiento en el proceso, siendo sus parámetros fundamentales los valores presentes en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Cálculos de los parámetros de diseño

<i>Parámetros de diseño</i>	<i>Valor</i>
Volumen del mezclador (m <sup>3</sup> )	98,13
Altura (m)	5
Diámetro (m)	5
Área transversal (m)	19,63
Caudal total (m <sup>3</sup> /s)	0,014
Velocidad del fluido (m/s)	2,7
Número de tabiques	10
Espaciado (m)	0,5
Tiempo de retención (s)	8 459

Mediante el dimensionamiento de las bombas se garantiza el rendimiento eficiente del sistema, ya que son utilizadas para realizar mezclados del fluido a un bajo costo, mejor operación y de fácil mantenimiento, empleándose fundamentalmente por la variación de caudal, no genera pulsación en la línea de descarga, maneja un amplio rango de presiones y velocidades constantes (Castellanos, 2021). En las Tablas 4, 5 y 6 se reflejan los datos técnicos, los materiales, así como los resultados del dimensionamiento de las bombas.

**Tabla 4.** Datos técnicos

<i>Parámetro</i>	<i>Valor</i>
Velocidad nominal	1 484 rpm
Caudal real calculado	7 795 m <sup>3</sup> /h
Altura resultante de la bomba	4,3 m
Diámetro real del impulsor	272 mm
Código del cierre	BQQE
Tolerancia de curva	ISO9906:2012 3B
Versión de la bomba	A

**Tabla 5.** Materiales

<i>Parámetro</i>	<i>Característica</i>
Cuerpo hidráulico	Hierro dúctil
Carcasa de la bomba	EN-GJS-400-18-LT. ASTM Grade 60-40-18
Impulsor	Fundición. EN-GJL-200. ASTM class 30

**Tabla 6.** Resultados del dimensionamiento de las bombas 1 y 2

<i>Parámetro</i>	<i>Valor</i>
Caudal	467,7 m <sup>3</sup> /h
Tipo	TPE 300-220/4
Motor	37 kW
Altura	4,3 m
Potencia P1	7.515 kW
Potencia P2	Requerida en el punto de trabajo 6,595 kW
Eficiencia de la bomba	83,1 %
Eficiencia del motor	87,8 %
Eficiencia de la bomba + motor	72,9 %
Consumo energía	8 366 kWh/año

Para realizar el diseño tecnológico del tanque del crudo homogenizado se tuvo en cuenta la norma (Norma API 650, 2020) y los datos de los tanques de almacenamientos. Se calculan los parámetros fundamentales para su dimensionamiento los cuales se encuentran en la Tabla 7 ya definidos en el valor estándar.

**Tabla 7.** Resultados del diseño tecnológico del tanque de crudo homogenizado

<i>Parámetros</i>	<i>Valores</i>
Volumen de trabajo	2000 m <sup>3</sup>
Sobrediseño	20,6 %
Volumen total	2412 m <sup>3</sup>
Diámetro	16 m
Altura	12 m

Una evaluación de los costos es fundamental, ya que estos son una herramienta importante para la toma de decisiones empresariales. En las Tablas 8 y 9 se expresa el costo del equipamiento y de la propuesta tecnológica.

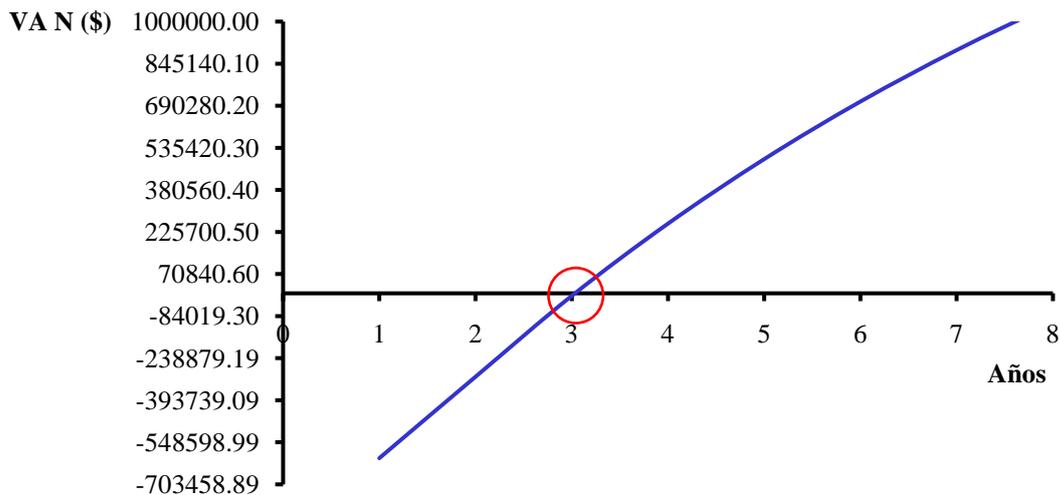
**Tabla 8.** Costo del equipamiento

<i>Equipo</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Costo total actualizado (\$)</i>
Bomba centrífuga	2	13 611,11
Mezclador de tabiques	1	41 666, 67
Tanque de almacenamiento	1	622 500

**Tabla 9.** Costo de la propuesta tecnológica

<i>Costo</i>	<i>Valor</i>
Costo del equipamiento	\$ 518 999,74
Costo total de la inversión	\$ 757 739,62
Costo anual de producción	69 256 050 \$/año

En estas condiciones se obtuvieron resultados muy ventajosos en cuanto al Valor Actual Neto, la Tasa Interna de Retorno (TIR) y Periodo de Recuperación al Descuento (PRD) reflejado en la Figura 2.



**Figura 2.** Perfil VAN para la propuesta de inversión y cálculo del PRD

La inversión reporta grandes beneficios a la fábrica ya que los indicadores dinámicos de rentabilidad muestran que es atractiva con una tasa de retorno del 45%, lo cual es un valor mayor a la tasa de interés, teniendo en cuenta que se recupera en tres años. Estas modificaciones se realizan para mejorar la calidad y el rendimiento del corte R<sub>3</sub>, lo que reduciría los costos operativos mejorando el valor actual neto. Las ganancias se deben, fundamentalmente, al aumento de la eficiencia del proceso fabril con la inversión propuesta.

#### 4. CONCLUSIONES

1. La homogeneidad de la mezcla de crudo se garantiza con el diseño de un mezclador de tabiques contribuyendo a un mejor rendimiento en el proceso.
2. La propuesta de cambios tecnológicos implica el dimensionamiento de dos bombas y un tanque de almacenamiento del crudo homogenizado que garantiza la continuidad del proceso.
3. En la solución tecnológica propuesta la inversión asciende a \$ 867 555,556 recuperándose en un período de tres años.

#### REFERENCIAS

- ASTM D3487-16e01. (2019). ASTM International. *Standard specification for mineral insulating oil used in electrical apparatus*. <https://www.astm.org/d3487-16e01.html>
- Beyra, D. M., Ruíz, J., Ramírez, M. C., Pons, J., & Beira, E. (2023). Escenarios probables en la producción de asfaltos a partir de crudos pesados en refinerías cubanas. *Minería y Geología*, 39(2), 108–117. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1993-80122023000200108](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1993-80122023000200108)
- Bonachea, M., Pérez, O., & Pedraza, J. (2021). Procedimiento de evaluación y adaptación de tecnología para el incremento de la producción de líquido asfáltico. *Centro Azúcar*, 48(3), 97–107. [http://centroazucar.uclv.edu.cu/index.php/centro\\_azucar/article/view/670](http://centroazucar.uclv.edu.cu/index.php/centro_azucar/article/view/670)
- Castellanos, M. (2021). *Diseño conceptual para implementar una planta piloto en mezclado y homogenización de crudos pesados colombianos en el Centro de Investigación y Tecnología-ICP Ecopetrol* [Tesis de grado, Universidad Tecnológica de Santander]. [http://repositorio.uts.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/8412/F-DC128%20Informe%20Final%20Trabajo%20Grado%20Modalidad%20Practica\\_Maarja\\_Castellanos%20%281%29.pdf](http://repositorio.uts.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/8412/F-DC128%20Informe%20Final%20Trabajo%20Grado%20Modalidad%20Practica_Maarja_Castellanos%20%281%29.pdf)
- CEINPET. (2011). *Caracterización físico-química de crudos cubanos de las estructuras en evaluación del bloque VIIA de la franja norte de crudos pesados* (pp. 1–7).
- Coulson, J. M., Backhurst, J. R., & Harker, J. H. (1999). *Coulson & Richardson's chemical engineering: Fluid flow, heat transfer and mass transfer* (Vol. 1). Butterworth-Heinemann.
- Duckwen, A. C., Moreno, M., Borio, D., & Bandoni, A. (2016). *Planeamiento óptimo de la producción y mezcla de crudos en un campo de petróleo convencional*. 5° Simposio Argentino de Informática Industrial (pp. 1–12). <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/58365>
- Economic Indicators. (2025). *Chemical Engineering*, 1321(1), 43-44. [https://www.nxtbook.com/accessintelligence/ChemicalEngineering/che\\_january-2025/index.php#/p/44](https://www.nxtbook.com/accessintelligence/ChemicalEngineering/che_january-2025/index.php#/p/44)
- Fitzgibbon, T. (2023). *API gravity*. Energy Insights. <https://www.mckinseyenergyinsights.com/resources/refinery->
-

[referencedesk/api-gravity/](#)

- Guerra, D. R., Alayo, J., & Da Mata. (2020). Propiedades colectoras de las rocas del yacimiento petrolífero Pina, Ciego de Ávila. *Ciencia & Futuro*, 10(2), 55–58. <https://europub.co.uk/articulos/propiedades-colectoras-de-las-rocas-del-yacimiento-petrolifero-pina-ciego-de-avila-A-724221>
- Hegazy, H. A., Hassanean, M., & Shoaib, A. (2023). Optimum blending of crude oils using linear programming. *Egyptian Journal of Chemistry*, 66(SI 13), 1341–1353. [https://ejchem.journals.ekb.eg/article\\_301346](https://ejchem.journals.ekb.eg/article_301346)
- Medina, A. A. (2022). *Impacto de variación de mezclas de crudo en los resultados del proceso de destilación en la Refinería Sergio Soto* [Tesis de grado, Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas]. <https://dspace.uclv.edu.cu/entities/person/b86f3bef-1b32-4c3c-ae37-918f8f4e0706>
- Medina, A. A., Díaz, C. E., López, N., & González, E. (2023). Impacto de la variación de la mezcla de crudo en los resultados del proceso de destilación en la refinería Sergio Soto. *Centro Azúcar*, 50(2), e1014. [http://centroazucar.uclv.edu.cu/index.php/centro\\_azucar/article/view/2019-01-01](http://centroazucar.uclv.edu.cu/index.php/centro_azucar/article/view/2019-01-01)
- Meneses, J. E., Garavito, F. A., & Meneses, E. (2021). Identificación de fallas en sistemas de bombeo mecánico de petróleo utilizando neurofuzzy. *Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada*, 1(37), 10–22. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9377711>
- Morejón, Y. (2024, 7 de julio). *Refinería Sergio Soto de Cabaiguán: Un sitio estratégico para el país*. Cubadebate. <http://www.cubadebate.cu/especiales/2024/07/07/refineria-sergio-soto-de-cabaiguan-un-sitio-estrategico-para-el-pais/>
- Norma API 650. (2020). American Petroleum Institute. *Tanques soldados para el almacenamiento de petróleo*. [https://www.academia.edu/35972717/NORMA\\_API\\_650\\_en\\_esp%C3%BAol](https://www.academia.edu/35972717/NORMA_API_650_en_esp%C3%BAol)
- Norma IEC 60034-30-2. (2021). International Electrotechnical Commission. *Conexiones de motores*. <https://www.academia.edu/search?q=Norma%20IEC%2060034-30-2>
- Norma UNE-EN 1092-2. (2024). Asociación Española de Normalización. *Bridas*. <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0009448>
- Norma UNE-EN 12756. (2002). Asociación Española de Normalización. *Juntas de estanquidad mecánicas. Dimensiones principales, designación y códigos de materiales*. [https://www.academia.edu/32016732/Norma\\_UNE](https://www.academia.edu/32016732/Norma_UNE)
- Perry, R. H., & Green, D. W. (2018). *Perry's chemical engineers handbook* (9th ed.). McGraw-Hill Education.
- Peters, M. S., & Timmerhaus, K. D. (1991). Plant design and economics for chemical engineers. *En D. W. Green (Ed.), Chemical engineering series* (Cap. 6, pp. 226–246). McGraw-
-

Hill. <https://www.davuniversity.org/images/files/studymaterial/PLANT%20DESIGN%20AND%20ECONOMICS%20FOR%20CHEMICAL%20ENGINEERS.pdf>

Rosabal, J. M., & Garcell, L. (2014). *Hidrodinámica y separaciones mecánicas* (Tomo 2). Editorial Félix Varela.

Wanpeng, Z., Xiaoyong, G., Guofeng, K., Xin, Z., Guiyao, Z., & Xie, Y. (2022). Crude oil blending process optimization with precise consideration of fraction properties. *Computer Aided Chemical Engineering*, 49, 1087–1092. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85159-6.50181-0>

## **CONFLICTO DE INTERÉS**

Los autores declaran que no existen conflictos de interés.

## **CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES**

- Estud. Sheila María Acosta Rodríguez. Investigación, redacción - primera redacción, conservación de datos.
  - Dr.C. Nancy López Bello. Supervisión, metodología, conceptualización, redacción - revisión y edición.
  - Dr.C. Jorge Leiva Mas. Supervisión, redacción - revisión y edición.
  - M.Sc. Carlos Enrique Díaz Bernal. Gestión de proyectos, conservación de datos.
  - Dr.C. Mijail Bonachea Crespo. Gestión de proyectos, supervisión.
-