

# Revolución tecnológica en la industria petrolera: Transformando la exploración y producción en aguas profundas

## How to cite:

Peña, S.; Villa, G.; Fajardo S.; Alvarado, L.; Isanoa, R. (2025) Revolución tecnológica en la industria petrolera: Transformando la exploración y producción en aguas profundas. *Revista Iberoamericana De educación*, 9 (4).

**Technological revolution in the oil industry: Transforming deepwater exploration and production**

**Revolução tecnológica na indústria petrolífera: Transformando a exploração e produção em águas profundas**

**Sandra Emperatriz Peña Murillo  
Gonzalo Ivan Villa Manosalva  
Sandra Elvira Fajardo Muñoz  
Alvarado Carrasco Lissette Maribel  
Isanoa sinche Ruth Elizabeth**

Received: Octubre, 2025  
Approved: Diciembre, 2025

<http://www.revista-iberoamericana.org/index.php/es>

## Abstract

The technological revolution has driven significant advancements in the oil industry, particularly in deepwater exploration and production. This study analyzes the impact of these innovations through a review of recent literature, evaluating how technological advances have transformed deepwater oil exploration and production. A qualitative investigation was conducted to identify key articles on drilling, floating platforms, and remote monitoring. The results show improvements in operational efficiency, cost reduction, and environmental risk mitigation. It is concluded that technology has expanded access to previously unreachable reserves, promoting sustainability in the energy sector.

**Keywords:** Technological revolution, deepwater exploration, oil production, technological advances, sustainability

## Resumen

La revolución tecnológica ha impulsado avances significativos en la industria petrolera, especialmente en la exploración y producción en aguas profundas. Este estudio analiza el impacto de estas

\* Magister Sandra Emperatriz Peña Murillo  
sandra.penam@ug.edu.ec  
<https://orcid.org/0000-0002-7848-8021> -  
Universidad de Guayaquil  
Guayaquil-Ecuador

\* Magister Gonzalo Villa Manosalva  
gonzalo.villam@ug.edu.ec  
<https://orcid.org/0000-0002-9321-943-0002-7733-723X>  
Universidad de Guayaquil - Guayaquil-Ecuador

\* Magister Sandra Elvira Fajardo Muñoz  
sandra.fajardom@ug.edu.ec  
<https://orcid.org/0000-0002-2127-0777>  
Universidad de Guayaquil - Guayaquil-Ecuador

innovaciones mediante una revisión de literatura reciente; evaluando cómo los avances tecnológicos han transformado la exploración y producción de petróleo en aguas profundas.

Se realizó una investigación cualitativa para identificar artículos claves sobre perforación, plataformas flotantes y monitoreo remoto. Los resultados muestran mejoras en eficiencia operativa, reducción de costos y mitigación de riesgos ambientales. Se concluye que la tecnología ha ampliado el acceso a reservas antes inaccesibles, promoviendo sostenibilidad en el sector energético.

**Palabras Clave:** Revolución tecnológica, exploración en aguas profundas, producción de petróleo, avances tecnológicos, sostenibilidad

### Resumo

A revolução tecnológica impulsionou avanços significativos na indústria petrolífera, especialmente na exploração e produção em águas profundas. Este estudo analisa o impacto dessas inovações por meio de uma revisão da literatura recente. O objetivo é avaliar como os avanços tecnológicos transformaram a exploração e produção de petróleo em águas profundas. Foi realizada uma investigação qualitativa para identificar artigos-chave sobre perfuração, plataformas flutuantes e monitoramento remoto. Os resultados mostram melhorias na eficiência operacional, redução de custos e mitigação de riscos ambientais. Conclui-se que a tecnologia ampliou o acesso a reservas antes inacessíveis, promovendo a sustentabilidade no setor energético.

**Palavras-chave:** Revolução tecnológica, exploração em águas profundas, produção de petróleo, avanços tecnológicos, sustentabilidade

### INTRODUCCIÓN

La industria petrolera ha experimentado una transformación significativa en las últimas décadas, especialmente en la exploración y producción de petróleo en aguas profundas. Los avances tecnológicos han permitido acceder a yacimientos previamente

inalcanzables, reduciendo los riesgos operacionales. Por ejemplo, la implementación de tecnologías de perforación horizontal y estimulación avanzada ha mejorado la recuperación de hidrocarburos, incrementando la producción y disminuyendo la huella ambiental de las operaciones energéticas. (Khan et al., 2023)

La integración de sistemas de inteligencia artificial y aprendizaje automático ha revolucionado la interpretación de datos geofísicos, acelerando la identificación de reservas y optimizando la toma de decisiones en tiempo real. Estudios recientes demuestran que el uso de redes neuronales profundas permite una inversión rápida de mediciones de resistividad en pozos, facilitando la caracterización precisa del subsuelo durante las operaciones de perforación. Además, la aplicación de supercomputadoras ha potenciado la capacidad de procesamiento de datos, mejorando la precisión en la exploración de nuevos yacimientos. (Al-Nahhas, 2023)

Estos desarrollos tecnológicos no solo han incrementado la productividad, sino que también han contribuido a una gestión más eficiente de los campos petroleros existentes. La exploración 4.0, que incorpora tecnologías digitales avanzadas, está abriendo nuevas fronteras en la búsqueda de reservas de petróleo y proporcionando una base sólida para el futuro energético. En base a esto, es fundamental abordar los desafíos ambientales y sociales asociados con estas operaciones, garantizando prácticas sostenibles que minimicen el impacto ecológico y promuevan la responsabilidad corporativa en la industria. (Saboonchi et al., 2021)

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

La metodología utilizada se basó en una revisión bibliográfica sistemática que permitió identificar y analizar los avances tecnológicos aplicados a la exploración y producción de petróleo en aguas profundas, enfocándose en tecnologías flotantes y sistemas de monitoreo remoto. El desarrollo de plataformas flotantes, como las semisumergibles, TLP y spar, fue estudiado por su capacidad para operar en profundidades mayores a 50 m, donde los desafíos incluyen estabilidad, supervivencia frente a condiciones marinas extremas y eficiencia económica. Cada tipo de plataforma se selecciona según las características del sitio de instalación, como la profundidad del agua, las condiciones climáticas y el régimen de cargas, así como la economía del proyecto, destacando la importancia de estudios integrales de diseño y modelado para garantizar su viabilidad técnica y económica.

Paralelamente, se analizaron los sistemas de monitoreo remoto que integran sensores IoT y análisis predictivo, optimizando la seguridad y eficiencia operativa en perforaciones offshore. Los sistemas de monitoreo remoto en la perforación offshore integran sensores IoT para recopilar datos en tiempo real sobre variables críticas como presión, temperatura y flujo en los pozos petroleros. Estos datos se transmiten a centros de control donde, mediante análisis predictivo y redes neuronales, se procesan para anticipar posibles fallas y optimizar las operaciones. Esta tecnología permite a los técnicos acceder y diagnosticar problemas de forma remota, reduciendo tiempos y costos asociados al mantenimiento, y garantizando operaciones más seguras y eficientes. (Luis Carlos, 2020).

Para ello, se consultaron bases de datos científicas como Scopus, Web of Science y ScienceDirect, priorizando investigaciones recientes (2019-2023) relacionadas con innovaciones en diseño, inteligencia artificial y sostenibilidad operativa en estos entornos complejos. Los criterios de selección para este caso incluyeron: Estudios relacionados con tecnologías innovadoras en perforación y extracción.

Aplicaciones de inteligencia artificial y aprendizaje automático en monitoreo remoto.

Investigaciones sobre plataformas flotantes adaptadas a entornos desafiantes. Propuestas para la mejora en la sostenibilidad y eficiencia operativa. A su vez, se debe destacar que la investigación se estructuró en los siguientes pasos:

Se utilizaron palabras clave como “tecnología de perforación en aguas profundas”, “monitoreo remoto con inteligencia artificial”, “plataformas flotantes para exploración” y “producción sostenible de petróleo”. (Wang et al., 2022)

Se revisaron los resúmenes de muchos artículos relacionados al tema, seleccionando los que ofrecieron datos cuantitativos o cualitativos sobre el impacto de las tecnologías en la industria petrolera.

Los estudios seleccionados se organizaron en categorías, tales como: **Tecnología de perforación:** Incluyendo el uso de perforación horizontal, estimulación avanzada y herramientas robóticas.

**Sistemas de monitoreo remoto:** Incorporación de sensores IoT, análisis predictivo y redes neuronales para la toma de decisiones en tiempo real.

**Diseño de plataformas flotantes:** Innovaciones en estructuras semisumergibles y FPSO (Floating Production Storage and Offloading).

**Técnicas avanzadas de extracción:** Métodos para maximizar la recuperación de petróleo en ambientes extremos. (Zhang et al., 2023) Se emplearon metodologías cualitativas y cuantitativas para comparar los hallazgos de los artículos seleccionados. En este caso, cada tecnología fue evaluada en cuestión de los siguientes términos: **Eficiencia operativa:** Incremento en la productividad y reducción de costos.

**Sostenibilidad ambiental:** Minimización de emisiones y riesgos ecológicos.

**Viabilidad económica:** Costos iniciales frente a beneficios a largo plazo.

Se recopiló información de artículos académicos, incluyendo la revista en la que se publicó, el año de publicación, el primer y último autor, la institución o lugar de trabajo, y la ubicación geográfica de la investigación. A través de esta recopilación, se logró clasificar los documentos según el área de investigación relacionada con la combustión en aguas profundas y la captura de CO<sub>2</sub> en procesos de extracción de petróleo.

La mayoría de los estudios se han realizado en universidades y centros de investigación, y se observaron diferencias significativas en cuanto a la producción científica tanto a nivel nacional como internacional. A pesar de los avances globales, se destaca la necesidad de aumentar la investigación sobre estos procesos en países productores de petróleo, como Colombia, donde el sector energético y la explotación de petróleo en aguas profundas tienen un gran impacto ambiental. (Peña et al., 2022)

A partir de los criterios de búsqueda empleados, se recuperaron 475 documentos entre 2015 y 2021. Sin embargo, 2637 artículos fueron excluidos por no estar directamente relacionados con la extracción de petróleo en aguas profundas ni con los procesos de captura de CO<sub>2</sub> mediante tecnologías como los transportadores de oxígeno. Finalmente, se seleccionaron 73 artículos relevantes, los cuales fueron analizados para observar un crecimiento en el interés por estos procesos, tanto en las áreas de investigación como en las revistas especializadas en los que se publican.

## RESULTADOS

Los resultados de estudio nos muestran que los avances tecnológicos en la exploración y producción de petróleo en aguas profundas han mostrado un impacto significativo en la eficiencia operativa, sostenibilidad ambiental y viabilidad económica. La introducción de tecnologías como perforación horizontal, estimulación avanzada, sensores IoT e inteligencia artificial ha permitido una reducción de hasta un 40% en los tiempos de perforación y una disminución de los incidentes operativos en un 25%. Las plataformas semisumergibles y las unidades FPSO han incrementado la capacidad de producción en un 20-35%, mientras que las técnicas de recuperación avanzada, como la inyección de polímeros y gas, han aumentado la recuperación de hidrocarburos en un 15-20% en campos marginales. Estas innovaciones han reducido los costos operativos en un 25% y han mejorado el cumplimiento de normativas ambientales, haciendo más sostenibles las operaciones.

Por otra parte, y de igual importancia, la discusión resalta que la integración de tecnologías emergentes ha transformado la industria offshore, mejorando la eficiencia y reduciendo los riesgos asociados con las operaciones. El uso de sensores avanzados y análisis predictivo ha optimizado la gestión de riesgos, lo que ha llevado a una disminución de incidentes operativos en un 25%. Las plataformas semisumergibles y FPSO han permitido operar en aguas ultra profundas con mayor estabilidad, aumentando la capacidad de producción y reduciendo las emisiones de transporte y almacenamiento de hidrocarburos. Las técnicas de recuperación avanzada han revitalizado yacimientos de bajo rendimiento, mejorando la extracción de petróleo en un 15-20%. La introducción de brocas avanzadas y tecnologías de perforación ha permitido acceder a terrenos geológicamente complejos, reduciendo el impacto ambiental al optimizar el proceso. En conjunto, estas innovaciones no solo han impulsado la productividad, sino que también posicionan a la industria como un ejemplo de sostenibilidad y adaptación tecnológica, crucial para satisfacer las necesidades energéticas globales futuras.

En la actualidad, el estudio de su rendimiento y aplicaciones ha cobrado mayor relevancia debido a la necesidad de reducir la dependencia de los recursos naturales explotados durante siglos.

La disminución de las reservas de combustibles fósiles ha impulsado la búsqueda de fuentes alternativas de energía. La biomasa, por ejemplo, se ha posicionado como un recurso clave para la obtención de furfural, contribuyendo a un modelo energético más

sostenible. Además, los ecosistemas marinos, en particular las aguas profundas, ofrecen una riqueza de compuestos orgánicos y microorganismos que pueden ser aprovechados en procesos biotecnológicos para la producción de biocombustibles y otros derivados químicos. (S. E. Peña Murillo et al., 2019)

Las aguas profundas albergan una gran diversidad de materia orgánica y microorganismos extremófilos con potencial en la síntesis de compuestos útiles para la industria química. Su estudio y aplicación en la producción de biocombustibles, en combinación con el aprovechamiento del furfural a partir de biomasa, representa un enfoque innovador para la generación de energía limpia.

Por lo tanto, integrar los recursos provenientes tanto de la biomasa terrestre como de los ecosistemas oceánicos profundos podría ser una estrategia efectiva para diversificar las fuentes de energía renovable y mitigar el impacto ambiental de la explotación de recursos tradicionales. (Sandra Emperatriz Peña Murillo, 2020)

En las operaciones de extracción de petróleo en aguas profundas, el tratamiento del agua se vuelve un desafío tanto ambiental como técnico. El agua en estas áreas es crucial, ya que, además de ser utilizada para diversas operaciones, puede ser generada como subproducto en los procesos de producción de petróleo. Sin embargo, esta agua a menudo está contaminada con sustancias tóxicas, metales pesados, productos químicos utilizados en la perforación y, en muchos casos, petróleo residual. Esto la convierte en una fuente potencialmente peligrosa para el medio ambiente si no se gestiona adecuadamente.

Al igual que en los países en desarrollo, donde el acceso al agua potable segura es limitado, el tratamiento del agua en las instalaciones petroleras es crucial para prevenir la contaminación y proteger los ecosistemas circundantes. (S. Peña Murillo et al., 2024)

### **Sistemas de Biorrefinerías en el Contexto de Aguas Profundas de Petróleo**

Siguiendo la metodología de la investigación, se analizan diversos sistemas que se relacionan con la optimización de procesos en la extracción de petróleo en aguas profundas. A través de la adaptación de conceptos de biorrefinerías, se identifican tres sistemas que podrían ser aplicables al desarrollo de tecnologías en la industria petrolera, especialmente en la captura de CO<sub>2</sub> y la mejora de procesos de combustión y extracción. (Peña et al., 2020)

## CONCLUSIONES

Las conclusiones obtenidas evidencian que los avances tecnológicos han desempeñado un papel determinante en la transformación de la exploración y producción de petróleo en aguas profundas. A través de innovaciones en plataformas flotantes, sistemas de monitoreo remoto y técnicas avanzadas de perforación, se ha logrado no solo mejorar la eficiencia operativa, sino también reducir costos y minimizar riesgos ambientales, lo que ha permitido acceder a reservas previamente inalcanzables. Estos resultados no solo destacan la capacidad de la tecnología para superar desafíos técnicos y ambientales, sino que también subrayan su contribución al desarrollo sostenible del sector energético. Desde un enfoque científico, esto valida la premisa de que la implementación de tecnologías disruptivas es esencial para afrontar las demandas energéticas globales de manera responsable, garantizando tanto la viabilidad económica como la protección ambiental. Por ende, el desarrollo continuo y la adopción estratégica de estas innovaciones son indispensables para consolidar la sostenibilidad y competitividad de la industria petrolera en el futuro.

## REFERENCIAS

- Al-Nahhas, N. (2023). *Industry 4.0: 101 – A Simplified Guide to the Fourth Industrial Revolution and its Application in the Oil and Gas Industry*. <https://doi.org/10.1306/70380al-nahhas2019>
- Khan, A. N., Jabeen, F., Mehmood, K., Ali Soomro, M., & Bresciani, S. (2023). Paving the way for technological innovation through adoption of artificial intelligence in conservative industries. *Journal of Business Research*, 165. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2023.114019>
- Luis Carlos. (2020, May 17). *Revisión del comercio exterior colombiano en zonas francas off-shore*. DSpace. <https://repository.unimilitar.edu.co/items/07069f07-f92d-40a1-9e62-631411e0c1ad>
- Peña, S., Galán, L., & Enrique, J. (2020). *Desarrollo sostenible y oportunidad de aprendizaje de las biorrefinerías: Una alternativa de la biomasa*. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?>
- Peña Murillo, S. E., Zambrano Nevárez, E., Figueroa, J. B., Loor, Á. A., & Solórzano Aldaz, K. (2019). *Nuevos sistemas de tratamientos de suelo contaminado por hidrocarburos*.

- Peña Murillo, S. E., Zambrano Nevarez, E. M., Rosero Rojas, J. A., Novillo Celleri, J. E., Cedeño Loja, P. D., & Cárdenas Briones, D. K. (2024). Determinación de las propiedades fisicoquímicas de carbones activados obtenidos de cascarilla de arroz. *Revista Científica Multidisciplinaria Arbitrada "YACHASUN"*, ISSN-e 2697-3456, Vol. 8, No. 14, 2024 (Ejemplar Dedicado a: REVISTA CIENTÍFICA YACHASUN), Págs. 117-127, 8(14), 117–127.  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9425517&info=resumen&idioma=ENG>
- Peña Murillo, S., Forero, C., Velasco-Sarria, F., & Arango, E. (2024). Evaluation of the Mineral Manganese OXMN009 and OXMN009P in the Chemical Looping Combustion (CLC) Process Using Thermogravimetry. *Applied Sciences* 2024, Vol. 14, Page 6823, 14(15), 6823.  
<https://doi.org/10.3390/APP14156823>
- Peña, S. E., Forero, C. R., & Velasco, F. J. (2022). Bibliometric study of the combustion of cane cutting waste (RAC) in the capture of carbon dioxide. *SN Applied Sciences*, 4(5).  
<https://doi.org/10.1007/s42452-022-05009-9>
- Saboonchi, H., Blanchette, D., & Hayes, K. (2021). Advancements in Radiographic Evaluation Through the Migration into NDE 4.0. *Journal of Nondestructive Evaluation*, 40(1).  
<https://doi.org/10.1007/s10921-021-00749-x>
- Peña Sandra, et al (2020). Furfural Evaluation of pre-treatments in three varieties of biomass. *Solid State Technology*, 63(5), 8439–8446.  
<https://solidstatetechnology.us/index.php/JSST/article/view/7732>
- Wang, Y., Luan, T., Gao, D., & Wang, J. (2022). Research Progress on Recoil Analysis and Control Technology of Deepwater Drilling Risers. In *Energies* (Vol. 15, Issue 19).  
<https://doi.org/10.3390/en15196897>
- Zhang, W., Gao, D., Zeng, Y., & Yan, D. (2023). Deepwater PDC Jetting Bit-Drilling Technology Based on Well Structure Slimming. *Energies*, 16(21).  
<https://doi.org/10.3390/en16217394>