

Inteligencia artificial en la gestión de proyectos petroleros en América Latina: Aplicabilidad en Ecuador

Artificial intelligence in oil project management in Latin America: Applicability in Ecuador

Recibido: 2025/08/01- Aceptado: 2025/08/25 - Publicado: 2025/09/01

Carlos Patricio Jaramillo Álvarez

Universidad Iberoamericana del Ecuador, Quito, Ecuador

krlos_pja@hotmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-1652-4306>

Andrés Ramos Alvarez

Universidad Tecnológica Israel,

Universidad Iberoamericana del Ecuador, Quito, Ecuador

aramos@uisrael.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-9449-291X>

Resumen

La investigación está enfocada a las oportunidades que tiene el proceso de extracción petrolera en Ecuador, con base en las experiencias de algunos países de América Latina. Tiene como objetivo analizar el papel fundamental de la Inteligencia Artificial (IA) en la gestión de proyectos petroleros en América Latina, con un enfoque especial en su aplicabilidad en Ecuador. Se desarrolla a través de una metodología mixta que combina un proceso exploratorio con un análisis numérico de datos, se investiga cómo la IA puede mejorar la eficiencia operativa, reducir costos y optimizar la producción de petróleo. La implementación de IA en el sector petrolero ecuatoriano podría tener un impacto significativo en áreas como el mantenimiento predictivo y la optimización de la producción, siempre que se invierta en desarrollo de talento humano y cooperación institucional. El artículo aporta con una propuesta de estrategias para fomentar la adopción progresiva de la IA en el sector energético ecuatoriano. Las conclusiones están

Revista INNDEV. ISSN 2773-7640. Agosto - Noviembre 2025. Vol. 4, Núm 2, P. 1 - 23.

<https://doi.org/10.69583/inndev.v4n2.2025.162>



enfocadas a los aspectos tratados en el cuerpo del trabajo, referentes a las limitaciones que tiene en Ecuador el uso de la IA, no por falta de oportunidades, sino por la ausencia de mecanismos o políticas gubernamentales que contribuyan a su uso eficiente.

Palabras clave: Inteligencia artificial, Sector petrolero, Ecuador, Optimización de la producción.

Abstract

This research focuses on the opportunities offered by the oil extraction process in Ecuador, based on the experiences of several Latin American countries. Its objective is to analyze the fundamental role of Artificial Intelligence (AI) in the management of oil projects in Latin America, with a special focus on its applicability in Ecuador. It is developed through a mixed methodology that combines an exploratory process with numerical data analysis, investigating how AI can improve operational efficiency, reduce costs, and optimize oil production. The implementation of AI in the Ecuadorian oil sector could have a significant impact in areas such as predictive maintenance and production optimization, provided investment is made in human talent development and institutional cooperation. The article provides proposed strategies to promote the progressive adoption of AI in the Ecuadorian energy sector. The conclusions focus on the aspects discussed in the main article, referring to the limitations of the use of AI in Ecuador, not due to a lack of opportunities, but rather due to the absence of government mechanisms or policies that contribute to its efficient use.

Keywords: Artificial intelligence, Oil sector, Ecuador, Production optimization.

INTRODUCCIÓN

La Inteligencia Artificial ha dejado de ser una promesa futurista para convertirse en una herramienta transformadora en múltiples sectores estratégicos, uno de ellos es la industria petrolera. En Latinoamérica donde la dependencia de los hidrocarburos continúa siendo



significativa, la implementación de tecnologías como la IA representa una oportunidad para adaptarse a las demandas de sostenibilidad energética, aumentar la eficiencia operativa, optimizar recursos y reducir riesgos. (Choubey & Karmakar, 2020).

El sector petrolero presenta una creciente complejidad para encontrar reservas de fácil acceso y la presión por reducir la huella ambiental obliga a operar en entornos geológicos más desafiantes. Estos desafíos han impulsado la búsqueda de soluciones innovadoras que permitan anticipar fallos, reducir tiempos muertos y maximizar la producción. En este escenario, la IA y sus ramas asociadas como el aprendizaje automático junto con la minería de datos han demostrado ser aliadas poderosas en procesos como la exploración sísmica, la caracterización de yacimientos, la perforación inteligente, el mantenimiento predictivo y el análisis en tiempo real de datos operativos (Bahaloo et al., 2023; D'Almeida et al., 2022).

En Ecuador, la industria petrolera presenta desafíos estructurales que limitan su capacidad de adaptación tecnológica. A pesar de su importancia como motor económico, representando cerca del 8 % del PIB y más del 30 % de las exportaciones en los últimos años (Banco Central del Ecuador, 2023). El sector petrolero ecuatoriano opera con una infraestructura mayormente convencional, caracterizada por la escasa digitalización de procesos, una baja automatización operativa y una débil articulación entre instituciones públicas y privadas (Ministerio de Energía y Minas del Ecuador, 2022).

Esta situación refleja una limitada capacidad de respuesta ante fallos operativos, sobrecostos por mantenimiento y poca eficiencia en la explotación de campos maduros. Además, la creciente presión social y ambiental, debido a los territorios amazónicos protegidos se refuerza la necesidad urgente de modernizar el modelo de gestión. Ante esta situación, la incorporación de nuevas tecnologías con inteligencia artificial se perfila como una opción viable para superar las barreras operativas y avanzar hacia un modelo energético más eficiente, inteligente y sostenible. (CEPAL, 2021).

Objetivo

El estudio busca contribuir al debate sobre la modernización del sector energético en América Latina mediante la incorporación de herramientas basadas en inteligencia artificial, con un enfoque especial en su relevancia y viabilidad para Ecuador.



Analizar los factores que han mejorado tras la adopción de inteligencia artificial en países de América Latina y su impacto en las diferentes etapas de los proyectos petroleros, con el fin de proponer recomendaciones orientadas a su incorporación progresiva en el contexto ecuatoriano.

METODOLOGÍA

Este estudio adopta un enfoque mixto, que combina una metodología cualitativa y cuantitativa. La parte cualitativa se centra en un diseño exploratorio y documental, con énfasis en el análisis de estudios de caso, revisión bibliográfica y análisis de políticas tecnológicas. Este enfoque permite comprender las dinámicas técnicas y sociales que influyen en la adopción de tecnologías disruptivas, como la inteligencia artificial en el sector petrolero ecuatoriano.

Por otro lado, la parte cuantitativa se basa en el análisis de datos numéricos presentados en tablas y figuras, donde se analizan variables relacionadas con la eficiencia operativa, los costos, y la producción de petróleo en países de América Latina. La combinación de estos enfoques proporciona una visión integral, permitiendo tanto la comprensión de las experiencias y políticas previas en la región como el análisis del comportamiento de las variables relacionadas con la adopción de IA en el sector.

El procedimiento metodológico se estructuró en tres fases:

Revisión documental sistematizada

Se llevó a cabo una búsqueda exhaustiva de literatura científica, informes técnicos y documentos de política pública relacionados con la aplicación de IA en la industria petrolera. Las fuentes fueron recopiladas de bases de datos académicas reconocidas como Scopus, ScienceDirect, SpringerLink, IEEE Xplore y Google Scholar. Se emplearon combinaciones de palabras clave en inglés y español como: “*artificial intelligence*”, “*machine learning in oil industry*”, “*upstream petroleum AI*”, “*Ecuador oil projects*”, “*inteligencia artificial petróleo Latinoamérica*”, entre otras.

Para asegurar la eficacia y actualidad de los datos, se delimitó el análisis a publicaciones entre 2018 y 2024, priorizando artículos revisados, reportes técnicos de instituciones energéticas y estudios de caso documentados de cada región.



Análisis de contenido comparativo

Se identificaron categorías clave como: niveles de madurez tecnológica, ámbitos de aplicación de la IA (exploración, perforación, producción, mantenimiento, seguridad), actores institucionales involucrados y resultados obtenidos.

Este análisis permitió establecer patrones frecuentes, buenas prácticas y desafíos recurrentes en los países latinoamericanos (Brasil, México, Colombia, Argentina y Ecuador), lo que facilitó la construcción de una matriz comparativa de oportunidades tecnológicas y barreras contextuales.

Estudio de caso contextualizado a Ecuador

Se desarrolló un estudio de caso centrado en el estado actual de la adopción de IA para gestionar proyectos petroleros en Ecuador. Se revisaron normativas nacionales, proyectos de modernización energética, estrategias institucionales de empresas públicas como EP Petroecuador para relacionar estos hallazgos con las experiencias exitosas de países vecinos identificar brechas y potencialidades.

La triangulación de datos documentales en estudios de la región sobre innovación tecnológica permitió fortalecer la validez interna del análisis y aportar una perspectiva crítica respecto a la viabilidad de implementar soluciones de IA en Ecuador.

RESULTADOS

La cadena de valor del sector hidrocarburífero se conforma de tres grandes segmentos: Upstream, Midstream y Downstream. El segmento upstream comprende las actividades iniciales de exploración, perforación y producción de petróleo y gas natural. El midstream se encarga del transporte, almacenamiento y comercialización intermedia de los hidrocarburos, mientras que el downstream abarca el refinado, procesamiento y distribución final de productos derivados. Este estudio se centra exclusivamente en el análisis del segmento upstream, dada su relevancia para la incorporación de tecnologías basadas en inteligencia artificial en las primeras fases del desarrollo petrolero. (Choubey & Karmakar, 2020; Bahaloo et al., 2023).

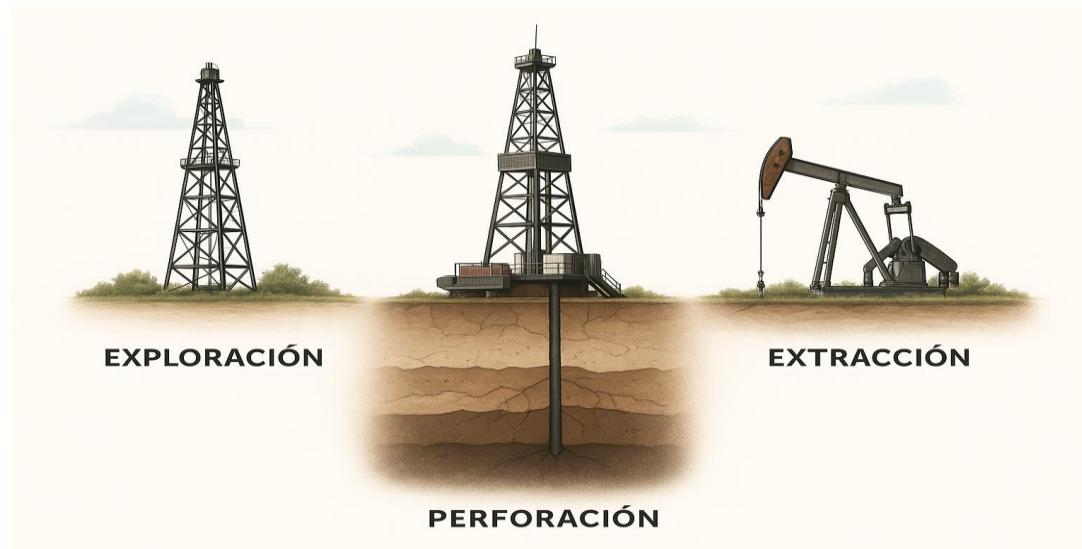


Aplicación de IA por etapas del upstream petrolero

El segmento conocido como upstream o “aguas arriba” dentro de la industria petrolera abarca las primeras fases del proceso, que van desde la búsqueda de yacimientos hasta la extracción del crudo. Este conjunto de actividades incluye la exploración geológica, la perforación de pozos hasta alcanzar los reservorios, la extracción del petróleo y gas natural, y un procesamiento inicial que permite separar los componentes y prepararlos para su transporte o refinación. (Ashrafi et al., 2019; Cunha et al., 2020).

Figura 1

Etapas del upstream petrolero



La Figura 1 muestra las etapas clave del proceso upstream en la industria petrolera, desde la exploración geológica, la perforación de pozos, la extracción de petróleo y gas natural. Datos tomados de Cunha et al., 2020

Exploración

La exploración de hidrocarburos es considerada una de las fases más críticas y costosas del ciclo de vida de un proyecto petrolero, ya que involucra la identificación y evaluación de reservorios con alto grado de incertidumbre geológica. La IA ha transformado absolutamente esta etapa mediante la aplicación de modelos predictivos que mejoran la eficiencia y reducen el margen de

error humano.

Uno de los avances más significativos ha sido la implementación de redes neuronales convolucionales (CNN), ampliamente utilizadas por empresas como Petrobras en Brasil, estas redes permiten la interpretación automática de secciones sísmicas en 3D, además de patrones complejos que serían difíciles de detectar por un geofísico humano, como discordancias geológicas o trampas estructurales sutiles. Se han empleado modelos de aprendizaje profundo para identificar diferentes tipos de rocas, analizar los registros de los pozos y detectar zonas con mayor posibilidad de tener hidrocarburos. (Souza et al., 2020)

En México, Pemex ha comenzado a trabajar con modelos IA para organizar y agrupar áreas geológicas con características similares. Esto lo hace a partir de grandes cantidades de datos sísmicos y geofísicos históricos, usando métodos como K-means y SVM (máquinas de vectores de soporte), que son herramientas que permiten hacer estos agrupamientos de manera automática. La integración de estos modelos con sistemas de información geográfica (SIG) ha mejorado significativamente la planificación de campañas exploratorias. (Ashrafi et al., 2019).

Colombia, a través de Ecopetrol y el Instituto Colombiano del Petróleo (ICP), ha apostado por modelos híbridos que combinan análisis geoestadístico con inteligencia artificial. Estas técnicas han sido aplicadas exitosamente en campos maduros como Casabe y Cupiagua, en los cuales se requiere una alta precisión en la reevaluación de reservas. También es importante mencionar el uso de tecnologías avanzadas que aprenden de grandes bases de datos (deep learning), tanto regionales como globales. Esto hace que los modelos para predecir resultados sean más fuertes y precisos. (Bahaloo et al., 2023).

En Argentina, la aplicación de inteligencia artificial en esta fase ha sido clave para avanzar en el estudio de formaciones geológicas no convencionales, particularmente en la cuenca de Vaca Muerta. Empresas como YPF han implementado redes neuronales y algoritmos de análisis multivariado similares a los empleados en Brasil para interpretar líneas sísmicas en 2D y 3D con mayor precisión. Gracias a estas herramientas, es posible relacionar las propiedades litológicas (composición mineral, textura, porosidad, etc.) con los datos sísmicos, lo que permite enfocarse en áreas con mayor potencial de hidrocarburos. La inteligencia artificial también ayuda a clasificar de mejor manera los tipos de rocas y reducir la incertidumbre al elegir dónde perforar.



Esto ha logrado reducir los costos y aumentar las posibilidades de éxito en las primeras etapas de exploración. (Solanki, Shah, & Shah, 2022).

Otras empresas con base en América Latina, como TotalEnergies y Shell han incorporado IA en sus centros de procesamiento de datos geofísicos. Shell, por ejemplo, desarrolló el sistema “Rock Physics Machine Learning Framework” para correlacionar propiedades sísmicas con registros de laboratorio, lo que ha perfeccionado la caracterización de yacimientos en zonas complejas como el Golfo de México y Mar del Norte.

En Ecuador, si bien se ha iniciado la digitalización de la etapa de exploración con sensores sísmicos y uso de imágenes satelitales, la aplicación de IA sigue siendo primitiva. No existen hasta el momento plataformas petroleras integradas con el procesamiento automatizado de datos sísmicos, ni redes de sensores que permitan una retroalimentación en tiempo real. Esto representa una oportunidad para aplicar soluciones ya probadas en otros contextos con bajo riesgo tecnológico. (Ministerio de Energía y Minas del Ecuador, 2022)

Perforación

La perforación constituye una fase operativa de alto riesgo técnico y económico, donde los errores pueden resultar en pérdidas millonarias además de daños al subsuelo o a los equipos. El uso de la inteligencia artificial ha demostrado ser una herramienta fundamental para mejorar la seguridad operativa y aumentar la tasa de éxito de los pozos.

Petrobras ha liderado en la región la aplicación de modelos que permiten capturar relaciones temporales en series de datos provenientes de los sensores de perforación utilizando redes neuronales artificiales (ANN) combinados con redes LSTM (Long Short-Term Memory), que son un tipo especial de red diseñadas para manejar y recordar información a lo largo del tiempo. Estos modelos previamente son cargados con datos históricos presentes en perforaciones (presión, temperatura, velocidad de rotación y torque), permitiendo anticipar eventos críticos como disminución de circulación, colapsos de pozo o inundamiento inesperado de fluido con una precisión superior al 90 %. (Ashrafi et al., 2019).

En México, algunas compañías como Nuvoil manejan sistemas de perforación asistida por IA, estos sistemas utilizan conjunto de múltiples árboles de decisión (random forest) para analizar en



tiempo real la respuesta del pozo al avance del taladro. Esto ha permitido tomar decisiones más rápidas y precisas, reduciendo el desgaste de la barrena y minimizando los tiempos de no producción (NPT). (Solanki et al., 2022).

En Colombia, Ecopetrol ha implementado una arquitectura IoT (Internet of Things) que hace referencia a una red de objetos como sensores, software y maquinas que permiten transmitir y recopilar datos a través de internet. Al combinar IoT con el procesamiento de datos sin dependencia de un servidor (edge computing) se transmiten únicamente los datos relevantes, mejorando la confiabilidad y aumentando la seguridad en la toma de decisiones para mejorar la eficiencia de perforación hasta en un 15 % en zonas de difícil acceso. (Bahaloo et al., 2023).

En Argentina, la perforación asistida por IA ha sido impulsada por YPF, que ha implementado algoritmos de análisis predictivo que permiten anticipar eventos futuros y combinándolos con sistemas de control en tiempo real se ha logrado mejorar la tasa de penetración de los pozos para optimizar las operaciones de perforación en campos no convencionales como Vaca Muerta. El uso de tecnologías de monitoreo remoto ha permitido una mejor toma de decisiones y reducción de costos asociados al mantenimiento. (Solanki et al., 2022).

Actualmente la mayoría de pozos en Ecuador siguen siendo perforados bajo modelos convencionales, con un bajo nivel de automatización y sin ayuda de algoritmos de predicción. La recolección de datos es limitada y muchas decisiones críticas aún se toman de forma manual. (Ministerio de Energía y Minas del Ecuador, 2022).

Empresas internacionales presentes en Latinoamérica como Halliburton, Schlumberger y Baker Hughes han comercializado plataformas como iCruise, DrillPlan y JewelSuite, que emplean IA para la ejecución automatizada de perforación permitiendo modificar la trayectoria en tiempo real, estas tecnologías pueden ser adaptadas a las condiciones geológicas del Ecuador mediante el uso de datos históricos además de la implementación de sensores modernos (MWD Measurement While Drilling /LWD Logging While Drilling) que permiten medir parámetros y registrar propiedades del subsuelo mientras se perfura representando una acción prioritaria para reducir riesgos y optimizar costos.

Producción

Revista INNDEV. ISSN 2773-7640. Agosto - Noviembre 2025. Vol. 4, Núm 2, P. 1 - 23.

<https://doi.org/10.69583/inndev.v4n2.2025.162>



La producción es la etapa donde se extrae valor directo del yacimiento y donde la IA puede generar retornos significativos al aumentar la eficiencia, prolongar la vida útil del pozo y minimizar fallos operativos. Las soluciones de IA aplicadas a la producción abarcan desde la predicción de caudal de petróleo en cada pozo hasta el control automático de sistemas de levantamiento artificial los cuales permiten extraer el crudo.

Petrobras utiliza modelos de aprendizaje profundo para simular el comportamiento dinámico de pozos bajo diferentes condiciones de presión y temperatura. Todos los modelos se integran con sistemas de control de superficie como SCADA, controladores de temperatura y presión, que ajustan en tiempo real la inyección de gas y el funcionamiento de bombas eléctrosumergibles. El resultado de esta tecnología es una reducción significativa del consumo energético durante la producción y una mejora en la estabilidad del flujo de crudo (Ashrafi et al., 2019).

Pemex usa redes neuronales artificiales entrenadas con datos históricos de comportamiento de pozos para predecir el comportamiento de los caudales y detectar anomalías operativas. Esto permite ejecutar programas de mantenimiento preventivo con mayor precisión con el fin de anticipar fallos en válvulas, líneas de flujo o bombas (Solanki et al., 2022).

Ecopetrol ha desarrollado una plataforma de optimización multivariable basada en machine learning, que analiza simultáneamente parámetros como viscosidad del crudo, presión del yacimiento y velocidad en las bombas. Esta solución ha sido aplicada con éxito en el Campo Rubiales y en campos con sistemas de recobro mejorado (EOR) los cuales son un conjunto de tecnologías y técnicas que permiten que el petróleo de un yacimiento pueda ser extraído después de usar métodos tradicionales de extracción, logrando incrementos sostenidos de producción de 10 % al 20 % (Yu et al., 2018).

En Argentina la empresa YPF también ha implementado modelos predictivos basados en IA para aumentar la producción en sus yacimientos de gas no convencional. La integración de algoritmos de machine learning con sistemas SCADA avanzados permite un controlar automáticamente las bombas y sistemas de inyección de manera óptima. Estos avances han marcado un gran cambio en la cuenca de Vaca Muerta, permitiendo producir de manera más eficiente y reduciendo considerablemente el impacto ambiental (Solanki et al., 2022).

Internacionalmente, compañías como Chevron y BP han integrado soluciones de gemelos



digitales (digital twins), los cuales son replicas virtuales de los activos físicos y junto con IA simulan varias condiciones operativas y prevén incidentes antes de que ocurran. Estas herramientas permiten realizar pruebas virtuales de diferentes estrategias de producción sin poner en riesgo el pozo real.

En Ecuador, la producción petrolera continúa basándose en sistemas SCADA básicos, los cuales permiten cierta supervisión remota, pero carecen de algoritmos avanzados de análisis. La integración de IA en esta etapa permitiría anticipar la caída de presión en pozos, detectar obstrucciones en líneas de flujo y optimizar el levantamiento artificial en función del comportamiento histórico del campo. Para alcanzar estas metas, se requiere no solo inversión en infraestructura digital, sino también la formación de equipos capaces de interpretar modelos predictivos y traducirlos en acciones operativas reales (Ministerio de Energía y Minas del Ecuador, 2022).

Beneficios de técnicas aplicadas por país y etapa

La implementación de tecnologías basadas en inteligencia artificial (IA) en el sector petrolero tiene un impacto directo en la mejora de la eficiencia operativa, reducción de costos y aumento de la producción. A continuación, se presentan los beneficios económicos obtenidos por algunos de los países latinoamericanos más destacados, basados en la aplicación de IA en las fases de exploración, perforación y producción.

Brasil

- Exploración: Gracias al uso de redes neuronales convolucionales (CNN) para la interpretación de procesos sísmicos, Brasil ha logrado mejorar la exactitud en la identificación de formaciones en la corteza terrestre que acumulan hidrocarburos, generando un ahorro de \$2.5 millones por estudio sísmico, considerando que el costo promedio de un estudio sísmico es de \$10 millones (Solanki et al., 2022).
- Perforación: La mejora del 15% en la eficiencia operativa de la perforación, gracias al uso de modelos LSTM, ha permitido un ahorro de \$750,000 por pozo perforado, considerando un costo promedio de \$5 millones por pozo (Ashrafi et al., 2019).



- Producción: El uso de gemelos digitales para simular varios casos de producción ha generado un aumento en la producción diaria de \$182,500 por pozo al año, lo que equivale a una mejora del 1% en la eficiencia energética, si un pozo produce \$50,000 diarios (Yu et al., 2018).

México

- Exploración: La implementación de modelos SVM y técnicas de clustering para la clasificación de capas de sedimentos, rocas, etc., ha logrado mejorar el 20% en la precisión de los estudios geológicos, que se traduce en un ahorro de \$1.6 millones por proyecto exploratorio, considerando que el costo promedio de un estudio geológico y sísmico es de \$8 millones (Yu et al., 2018).
- Perforación: Se redujeron tiempos de no producción (NPT) en un 15%, mediante el uso de algoritmos de árboles de decisión, generando un ahorro de \$15,000 diarios en los costos asociados a los NPT (Solanki et al., 2022).
- Producción: La mejora del 10% en la producción diaria utilizando redes neuronales ha generado un incremento de \$1.46 millones anuales por pozo, si la producción diaria de un pozo es de \$40,000 (Yu et al., 2018).

Colombia

- Exploración: La combinación de IA y geoestadística ha permitido una mejora del 30% en la precisión de la evaluación de reservas, generando un ahorro de \$1.8 millones por evaluación, considerando que el costo promedio de una evaluación de reservas en campos maduros es de \$6 millones (Ashrafi et al., 2019).
- Perforación: El uso de IoT y edge computing ha optimizado operaciones, especialmente en zonas de difícil acceso, lo que ha permitido un ahorro de \$600,000 por pozo perforado, considerando un costo promedio de perforación de \$4 millones (Solanki et al., 2022).
- Producción: La optimización en la eficiencia de perforación en áreas difíciles, mediante machine learning, ha incrementado la producción en un 15%, representando un aumento de \$1.37 millones anuales por pozo, si la producción diaria de un pozo en estas áreas es de \$25,000 (Solanki et al., 2022).



Argentina

- Exploración: En Argentina, la mejora en interpretación sísmica y la identificación de formaciones no convencionales que contienen hidrocarburos ha mejorado en un 25%, generando un ahorro de \$3 millones por estudio sísmico, dado que el costo promedio de un estudio sísmico en esta región es de \$12 millones (Solanki et al., 2022).
- Perforación: La mejora del 15% en la tasa de penetración y reducción de riesgos operativos mediante el uso de sistemas de control predictivo y monitoreo remoto ha generado un ahorro de \$900,000 por pozo perforado, considerando un costo promedio de perforación de \$6 millones (Solanki et al., 2022).
- Producción: La reducción de costos operativos en un 20% mediante el uso de IA predictiva ha representado un ahorro de \$400,000 por pozo. (Yu et al., 2018). El análisis de los beneficios económicos generados por la implementación de IA en la industria petrolera de Brasil, México, Colombia y Argentina muestra un claro retorno de inversión en términos de ahorro de costos operativos y aumento de ingresos.

Tabla 1

Estimación de Ahorros e Incrementos en la Adopción de IA en la Industria Petrolera

País	Exploración (Ahorro)	Perforación (Ahorro)	Producción (Ingreso extra)
Brasil	\$2.5 millones por estudio sísmico	\$750,000 por pozo perforado	\$182,500 anuales por pozo
México	\$1.6 millones por proyecto exploratorio	\$15,000 diarios en NPT	\$1.46 millones anuales por pozo
Colombia	\$1.8 millones por evaluación de reservas	\$600,000 por pozo perforado	\$1.37 millones anuales por pozo
Argentina	\$3 millones por estudio sísmico	\$900,000 por pozo perforado	\$400,000 anuales por pozo

La Tabla 1 resume los países que han adoptado estas tecnologías, experimentando mejoras significativas reduciendo costos en la fase de exploración, optimizando la perforación y mejorando la producción, demostrando un impacto positivo de la inteligencia artificial en la optimización de estos procesos operativos. Datos tomados de: Solanki et al., 2022; Ashrafi et al., 2019; Yu et al., 2018.



A continuación, se presenta una comparación del nivel de adopción de IA en los cinco países latinoamericanos: Brasil, México, Colombia, Argentina y Ecuador.

Criterios de Adopción

Para clasificar el nivel de adopción de IA en cada país, se han utilizado los siguientes criterios:

- Exploración: El uso de IA en la modelación e interpretación sísmica y en la identificación de trampas geológicas.
- Perforación: La optimización de la perforación mediante el uso de modelos predictivos, IA para modificar la trayectoria en tiempo real y reducir tiempos de no producción (NPT).
- Producción: Implementación de tecnologías como gemelos digitales y algoritmos de machine learning para optimizar la producción, predecir caudales y reducir costos operativos o de mantenimiento.

Clasificación por País

Brasil ha alcanzado un nivel alto de adopción de IA en las tres fases del upstream petrolero. El uso de redes neuronales convolucionales (CNN) en exploración, modelos LSTM en perforación y gemelos digitales en producción le ha permitido mejorar significativamente la eficiencia operativa y reducir costos en todas las fases.

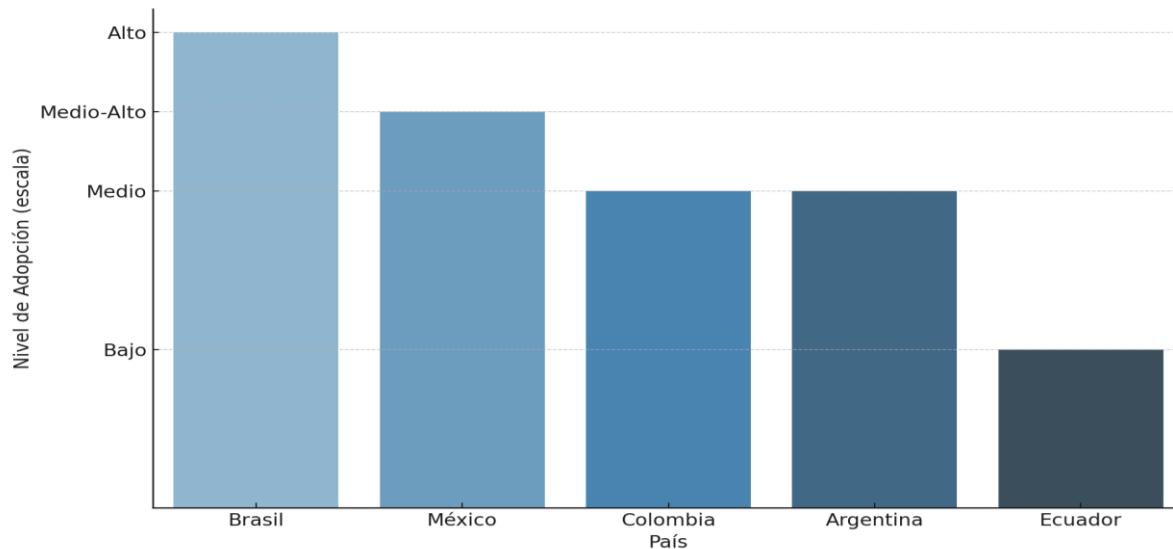
México, Colombia y Argentina se encuentran en un nivel medio de adopción de IA. Estos países han implementado IA de forma parcial, principalmente en la perforación y optimización de producción. Aunque México supera por algunas tecnologías a Colombia y Argentina todavía no ha logrado ponerse a la par con Brasil en el proceso de producción.

Ecuador aún está en una fase baja de adopción de IA. El uso de tecnologías avanzadas en la industria petrolera es limitado, con pocos avances en la automatización de procesos y la optimización de producción mediante IA.



Figura 2

Comparación del nivel de adopción de la IA en países Latinoamericanos



La Figura 2 ilustra el nivel de adopción de la IA en la industria petrolera de Brasil, México, Colombia, Argentina y Ecuador. En este gráfico, Brasil lidera con una adopción alta de IA en las tres fases clave del proceso upstream. México, Colombia y Argentina se encuentran en un nivel medio, donde la IA se ha implementado principalmente en la perforación y producción. En contraste, Ecuador está aún en las etapas iniciales de adopción, con limitaciones en la automatización y la digitalización de los procesos operativos. Datos tomados de Solanki et al., 2022; Ashrafi et al., 2019.

Impacto del uso de la IA en las petroleras ecuatorianas

A continuación, se presenta una comparación de indicadores clave del desempeño en el sector petrolero ecuatoriano antes y después de la implementación de tecnologías basadas en inteligencia artificial (IA). Se evaluaron seis dimensiones representativas: eficiencia operativa, producción diaria, reducción de fallos, predicción de riesgos, automatización de procesos y optimización de costos operativos.

Cada una de estas dimensiones es esencial para la mejora continua en el sector petrolero. La eficiencia operativa ayuda a reducir tiempos muertos y mejorar la productividad. La producción diaria refleja el rendimiento y los ingresos, mientras que la reducción de fallos minimiza los costos de mantenimiento. La predicción de riesgos mejora la seguridad y permite la prevención



de incidentes. La automatización de procesos incrementa la precisión y reduce la intervención humana, mientras que la optimización de costos operativos permite mejorar la rentabilidad al identificar áreas de eficiencia. Evaluar estas dimensiones proporciona una visión integral de cómo la implementación de IA puede transformar el sector y mejorar su competitividad.

Para realizar un análisis de cómo mejoraría Ecuador con la implementación de IA en upstream, basándose en el impacto observado en otros países latinoamericanos, se seguirán los siguientes pasos:

Evaluación de los Impactos Proyectados en Ecuador:

A partir de las mejoras porcentuales observadas en Brasil, México, Colombia y Argentina, se aplicará una proyección similar en Ecuador para cada una de las dimensiones representativas: eficiencia operativa, producción diaria, reducción de fallos, predicción de riesgos, automatización de procesos y optimización de costos operativos.

Base de Comparación

Se utilizarán los valores observados en otros países como un punto de referencia (benchmark) para estimar cómo Ecuador podría mejorar en estos aspectos como los otros países:

Exploración: Las mejoras en exploración, especialmente con redes neuronales y modelos SVM, varían entre un 20% y un 30% de mejora.

Perforación: Las mejoras en la eficiencia operativa de la perforación se encuentran entre 10% y 15% en la mayoría de los países.

Producción: Las mejoras en la producción diaria van desde un 10% a un 20% de incremento.

Proyección para Ecuador

Se utilizarán estos rangos para estimar los valores proyectados para Ecuador en cada dimensión, asumiendo que la adopción de IA se implementará de manera similar a los países que ya la han adoptado.

Los cálculos proyectados se basan en las siguientes premisas:

- Eficiencia operativa: Se anticipa una mejora similar a la observada en Brasil y México, con un incremento entre 40% y 75% en la eficiencia operativa (mejorando desde un 20% a 45% de base).



- Producción diaria: Se espera un incremento de 10% a 20% en la producción diaria, similar a lo observado en países como México y Colombia.
- Reducción de fallos: Basado en las experiencias de Brasil, que ha logrado una mejora del 25% al 40%, se proyecta una mejora de entre 25% a 40% en Ecuador.
- Predicción de riesgos: Similar a lo logrado en Brasil y México, se proyecta una mejora de 50% a 80% en la predicción de riesgos, basada en el uso de modelos predictivos.
- Automatización de procesos: La automatización puede mejorar entre 20% y 40%, similar a los resultados obtenidos en Colombia y Brasil.
- Optimización de costos operativos: Se estima un ahorro de 15% a 25% en costos operativos, basado en lo logrado en Argentina y Brasil.

Tabla 2

Proyección de mejoras para Ecuador

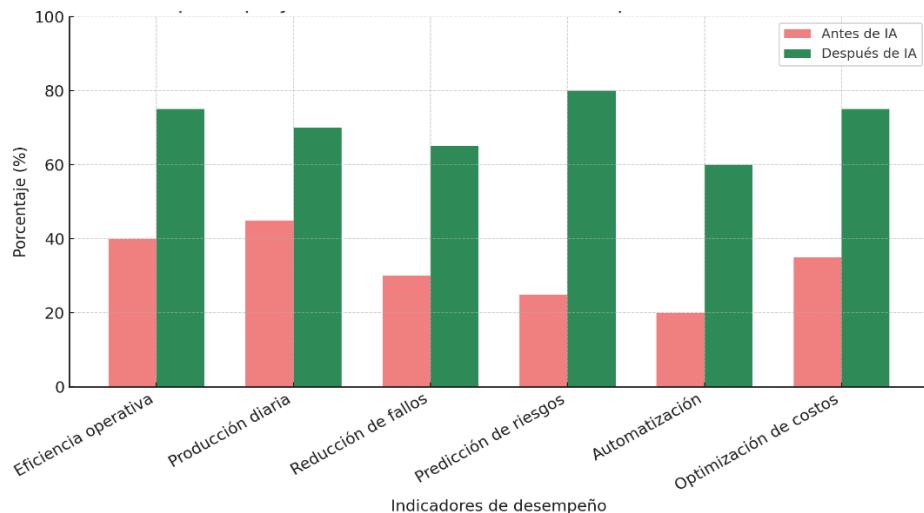
Dimensión	Mejora Proyectada para Ecuador
Eficiencia Operativa	40% a 75%
Producción Diaria	10% a 20%
Reducción de Fallos	25% a 40%
Predicción de Riesgos	50% a 80%
Automatización de Procesos	20% a 40%
Optimización de Costos Operativos	15% a 25%

La Tabla 2 presenta la proyección de los valores de mejora para Ecuador en diversas dimensiones clave. Estos valores se basan en el impacto observado en otros países de la región, como Brasil, México, Colombia y Argentina. Estas proyecciones son el resultado de los avances observados en países latinoamericanos con el uso de IA en el sector petrolero. Información extraída de: Solanki et al., 2022; Ashrafi et al., 2019; Yu et al., 2018.



Figura 3

Impacto proyectado de la IA en la industria petrolera ecuatoriana.



Nota. La Figura 3 presenta las mejoras proyectadas para la industria petrolera ecuatoriana tras la implementación de la Inteligencia Artificial (IA). Estas proyecciones muestran mejoras en la eficiencia operativa de hasta un 75%, un aumento en la producción diaria de hasta un 20%, una reducción significativa de fallos y costos operativos. Los beneficios proyectados para Ecuador están alineados con los resultados de estudios previos, que demuestran que la IA tiene el potencial de transformar la industria petrolera. Datos obtenidos de: Solanki et al., 2022; Ashrafi et al., 2019; Yu et al., 2018.

Discusión de los resultados

Riesgos, limitaciones y consideraciones éticas

La aplicación de IA en la industria petrolera no está exenta de riesgos. Entre los más destacados se encuentran los siguientes:

- Disponibilidad de datos de calidad: la efectividad de los algoritmos depende de contar con datos históricos, completos y etiquetados correctamente de áreas geológicas, temperatura, presión, etc. Muchos países enfrentan desafíos para centralizar esta información.
- Escasez de talento especializado: la combinación de conocimientos en IA, ciencia de datos y operaciones petroleras es relativamente nueva y poco común en América Latina, dificultando la implementación local.



- Dependencia tecnológica: algunas soluciones IA tienen un funcionamiento interno que no es accesible por terceros, lo que reduce la autonomía operativa y dificulta la trazabilidad. Además, de que se emplean sensores de última tecnología que tienen un alto costo y difícil acceso en el mercado.
- Desde el punto de vista ético, emergen nuevos desafíos:
- Transparencia algorítmica: las decisiones operativas tomadas por sistemas automatizados pueden ser difíciles de auditar.
- Sustitución laboral: la automatización de funciones puede derivar en desplazamientos laborales si no se implementan estrategias de renovación.
- Ciberseguridad: todos estos procesos funcionan con interconexión digital mediante sensores, actuadores y plataformas en la nube, lo cual aumenta el riesgo de ciber-ataques que afecten operaciones críticas.
- Mitigar estos riesgos requiere políticas públicas que acompañen la adopción tecnológica con enfoques centrados en la equidad, la seguridad y la sostenibilidad operativa.

Posibles estrategias

El Estado ecuatoriano, a través del Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables, debería liderar la creación de una estrategia sectorial de IA, alineada con la Estrategia Nacional de Transformación Digital. Esta hoja de ruta debe identificar oportunidades, definir objetivos a corto, mediano y largo plazo, e incluir mecanismos de gobernanza de datos, incentivos fiscales y marcos regulatorios para tecnologías emergentes.

Se recomienda establecer un centro especializado que articule a la empresa pública (EP Petroecuador), universidades técnicas, nuevas empresas tecnológicas y organismos internacionales. Este centro debe desarrollar planes pilotos, capacitar talento humano y generar soluciones propias con foco en problemas operativos locales como la corrosión en facilidades petroleras, sedimentación, logística territorial y relaciones con comunidades amazónicas.

El éxito de la IA depende tanto de la tecnología como de las personas que la operan. Es prioritario implementar programas de formación técnica en IA, machine learning, ciencia de datos y ciberseguridad industrial orientados a profesionales del sector petrolero. Asimismo,



deben establecerse convenios con universidades extranjeras y organismos multilaterales para transferencia de conocimiento.

Antes de escalar una transformación completa, se recomienda ejecutar proyectos piloto en campos representativos (e.g., Shushufindi, Cuyabeno), enfocados en mantenimiento predictivo de bombas, análisis de caudales y detección de anomalías. Esto permitirá validar los beneficios económicos y operativos de la IA en el contexto ecuatoriano.

Es necesario actualizar la legislación en hidrocarburos y tecnología para incorporar principios de transparencia algorítmica, protección de datos industriales, ciberseguridad, interoperabilidad de plataformas y ética en la automatización de decisiones. Asimismo, debe garantizarse que la transformación digital no derive en pérdida neta de empleos, sino en una evolución de perfiles profesionales.

La adopción de IA puede acelerarse mediante la participación en redes latinoamericanas de innovación energética y convenios con centros internacionales de excelencia. Ecuador puede aprovechar la experiencia técnica y las buenas prácticas de los países vecinos para adaptar soluciones a sus necesidades y condiciones locales.

CONCLUSIONES

La inteligencia artificial (IA) ha dejado de ser una promesa emergente para convertirse en un componente estratégico dentro del sector energético global. En América Latina, su adopción en los procesos del upstream petrolero ha avanzado de forma desigual pero significativa, con países como Brasil y México posicionándose como referentes en la aplicación de algoritmos avanzados para exploración sísmica, perforación inteligente, mantenimiento predictivo y optimización de producción.

Este estudio demuestra que la IA ofrece beneficios tangibles en términos de eficiencia operativa, mitigación de riesgos técnicos y ambientales, así como en el fortalecimiento de capacidades de análisis y toma de decisiones en tiempo real. La experiencia de empresas como Petrobras, Ecopetrol y Pemex valida el potencial transformador de la IA cuando se articula con estrategias institucionales de innovación, políticas públicas claras, inversión en talento y colaboración



multisectorial.

El análisis también revela que Ecuador, a pesar de su alta dependencia económica del petróleo, se encuentra rezagado en la implementación de estas tecnologías. Sus procesos upstream aún dependen en gran medida de supervisión y operación manual, sensores convencionales y modelos básicos en predicción. Esta situación implica sobrecostos y una limitada capacidad de adaptación a las exigencias actuales del mercado energético y las metas de sostenibilidad global.

Sin embargo, este rezago también puede ser interpretado como una oportunidad estratégica. Ecuador tiene el potencial de adoptar algunas tecnologías ya probadas en la región, teniendo como enseñanza a otros países y evitando errores iniciales que permitan crear una hoja de ruta adaptada a su contexto geográfico y económico. Para ello, es indispensable pasar de la adopción puntual a una transformación digital integral del sector hidrocarburífero.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez-Gayou, J. L. (2014). Cómo hacer investigación cualitativa: Fundamentos y metodología. Paidós Educador.
- Ashrafi, S., Asadi, M., & Ghaedi, M. (2019). Deep learning methods for prediction of drilling events: A review. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 183, 106379.
<https://doi.org/10.1016/j.petrol.2019.106379>
- Bahaloo, S., Mehrizadeh, M., & Najafi-Marghamaleki, A. (2023). Review of application of artificial intelligence techniques in petroleum operations. *Petroleum Research*, 8(2), 167–182. <https://doi.org/10.1016/j.ptlrs.2022.07.002>
- Banco Central del Ecuador. (2023). Estadísticas Macroeconómicas. <https://www.bce.fin.ec>
- Choubey, S., & Karmakar, G. (2020). Artificial intelligence techniques and their application in oil and gas industry. *Artificial Intelligence Review*, 54, 3665–3683.
<https://doi.org/10.1007/s10462-020-09935-1>
- Cunha, A., Pochet, A., Lopes, H., & Gattass, H. (2020). Seismic fault detection in real data using transfer learning from CNNs. *Computers & Geosciences*, 135, 104344.



<https://doi.org/10.1016/j.cageo.2019.104344>

D'Almeida, A. L., Bergiante, N. C. R., Ferreira, G. S., Leta, F. R., de Campos Lima, C. B., & Lima, G. B. A. (2022). Digital transformation: A review on artificial intelligence techniques in drilling and production applications. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 119(9–10), 5553–5582. <https://doi.org/10.1007/s00170-021-08631-w>

Ministerio de Energía y Minas del Ecuador. (2022). *Informe sobre la digitalización de la industria petrolera en Ecuador*. <https://www.ministerioenergia.gob.ec>

Ogbamikumi, A., & Ebeniro, J. O. (2021). Reservoir properties estimation from 3D seismic data using AI. *Journal of Petroleum Exploration and Production Technology*, 11(3), 1275–1287. <https://doi.org/10.1007/s13202-021-01105-5>

Solanki, P., Shah, N., & Shah, M. (2022). Artificial intelligence: New age of transformation in petroleum upstream. *Petroleum Research*, 7(1), 106–114.

<https://doi.org/10.1016/j.ptlrs.2021.07.002>

Souza, J. F. L., Bezerra, A. F. G., & Silva, L. F. da. (2020). CNN prediction enhancement by post-processing for hydrocarbon detection in seismic images. *IEEE Access*, 8, 120447–120455. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3005916>

Teece, D. J., Pisano, G., & Shuen, A. (1997). Dynamic capabilities and strategic management. *Strategic Management Journal*, 18(7), 509–533. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0266\(199708\)18:7<509::AID-SMJ1>3.0.CO;2-1](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0266(199708)18:7<509::AID-SMJ1>3.0.CO;2-1)

Yu, W., et al. (2018). Artificial intelligence for production optimization: Applications and research perspectives. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 112, 234–245. <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2013.11.019>



Copyright (2025) © Carlos Patricio Jaramillo Álvarez, Andrés Ramos Alvarez

Este texto está protegido bajo una licencia internacional Creative Commons 4.0.



Usted tiene libertad de Compartir—copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato —y Adaptar el documento —remezclar, transformar y crear a partir del material—para cualquier propósito, incluso para fines comerciales, siempre que cumpla las condiciones de Atribución. Usted debe dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciatario o lo recibe por el uso que hace de la obra.

[Resumen de licencia](#) – [Texto completo de la licencia](#)

Revista INNDEV. ISSN 2773-7640. Agosto - Noviembre 2025. Vol. 4, Núm 2, P. 1 - 23.

<https://doi.org/10.69583/inndev.v4n2.2025.162>

