



Reporte entregable 38

Caso de uso de aplicación de IA e IAGEN

Análisis Predictivo de Rendimiento para la Predicción del Desempeño de Pozos

I. Introducción

La creciente demanda mundial de energía impulsa la exploración y el desarrollo de recursos energéticos en diversas formas, incluyendo los hidrocarburos no convencionales. Entre estos, la formación de esquisto de Vaca Muerta, ubicada en la provincia de Neuquén, Argentina, se destaca por su vasto potencial como una de las mayores reservas de petróleo y gas de esquisto a nivel global .

Sin embargo, la optimización de la producción y el rendimiento de los pozos en yacimientos no convencionales presenta desafíos únicos debido a la complejidad geológica, la variabilidad de las propiedades del yacimiento y la naturaleza dinámica de los procesos de producción.

En este contexto, el análisis predictivo se ha convertido en una disciplina esencial para la industria del petróleo y el gas, ofreciendo la capacidad de anticipar el comportamiento de los pozos, optimizar las operaciones y tomar decisiones informadas para maximizar la recuperación de hidrocarburos y la eficiencia económica .

Este informe se centra en la aplicación del análisis predictivo para la optimización de la energía en Vaca Muerta, explorando su potencial para mejorar la eficiencia operativa, reducir costos, mejorar los tiempos de respuesta y aumentar la seguridad en

esta importante región productora de hidrocarburos.

II. Modelado Predictivo Avanzado para el Rendimiento de Pozos

1. Redes Neuronales Recurrentes (RNNs)

Las Redes Neuronales Recurrentes (RNNs) son arquitecturas de aprendizaje profundo diseñadas específicamente para procesar datos secuenciales, lo que las hace idóneas para el análisis de series temporales como la predicción del rendimiento de pozos petroleros .

Su capacidad para mantener un estado de memoria les permite aprender de datos pasados y predecir puntos futuros en una secuencia . Variantes como las redes LSTM (Long Short-Term Memory) y GRU (Gated Recurrent Unit) incorporan mecanismos para recordar información a largo plazo, lo que mejora su rendimiento en el modelado de datos de series temporales complejas .

Ventajas y Limitaciones:

Las RNNs, especialmente las arquitecturas LSTM y GRU, son altamente efectivas para modelar datos de series temporales y capturar patrones secuenciales complejos en el rendimiento de pozos. Sin embargo, requieren una cantidad significativa de datos históricos para un entrenamiento efectivo y pueden ser computacionalmente intensivas. Aunque las LSTMs y GRUs mitigan el problema del desvanecimiento del gradiente presente en las RNNs tradicionales, la selección y optimización de la arquitectura y los hiperparámetros del modelo siguen siendo cruciales para obtener resultados precisos.

2. Máquinas de Soporte Vectorial (SVMs)

Las Máquinas de Soporte Vectorial (SVMs) son algoritmos de aprendizaje supervisado que se utilizan tanto para tareas de clasificación como de regresión. Se basan en el principio de encontrar el hiperplano que mejor separa las diferentes clases de datos (en clasificación) o en encontrar una función que mejor se ajuste a los datos

dentro de un cierto margen de error (en regresión) . Las SVMs son particularmente efectivas en problemas con muestras pequeñas, alta dimensionalidad y no linealidad .

Fortalezas y Debilidades:

Las SVMs ofrecen varias ventajas, como su capacidad para manejar datos de alta dimensión, su robustez contra el sobreajuste y su eficacia incluso con datos limitados. Sin embargo, su rendimiento puede depender en gran medida de la selección adecuada del kernel y pueden resultar computacionalmente costosas para conjuntos de datos muy grandes. La interpretabilidad de los modelos SVM también puede ser un desafío en comparación con otros algoritmos.

3. Árboles de Decisión

Los Árboles de Decisión son modelos de aprendizaje automático que utilizan una estructura de árbol para representar decisiones y sus posibles consecuencias. Se utilizan tanto para tareas de clasificación como de regresión. Los métodos de conjunto, como los Bosques Aleatorios (Random Forests) y los Árboles de Decisión con Impulso de Gradiente (Gradient Boosting Decision Trees, GBDT), combinan múltiples árboles de decisión para mejorar la precisión y la robustez del modelo .

Interpretabilidad y Limitaciones:

Una de las principales ventajas de los árboles de decisión es su alta interpretabilidad, ya que la estructura del árbol permite comprender fácilmente los factores que influyen en las predicciones. Sin embargo, los árboles de decisión individuales pueden ser propensos al sobreajuste, especialmente si son muy profundos. Los métodos de conjunto, como los bosques aleatorios y el impulso de gradiente, mitigan este problema al combinar las predicciones de múltiples árboles, lo que a menudo conduce a un mejor rendimiento predictivo y una mayor estabilidad.

4. Modelos de Regresión Avanzada

Los modelos de regresión avanzada abarcan una variedad de técnicas estadísticas y de aprendizaje automático que van más allá de la regresión lineal simple para modelar relaciones complejas entre variables. Estos incluyen la regresión polinómica, la regresión de vectores de soporte (ya mencionada como una técnica de regresión), la regresión de procesos gaussianos y métodos de conjunto como los bosques aleatorios, el impulso de gradiente (incluyendo XGBoost y LightGBM) y las redes neuronales (cuando se utilizan principalmente para la regresión) .

Análisis Comparativo:

La elección del modelo de regresión avanzada más adecuado depende de las características específicas del conjunto de datos y del problema de predicción. Los modelos de aprendizaje profundo, como las redes neuronales recurrentes y las convolucionales, pueden capturar relaciones no lineales complejas, pero a menudo requieren grandes cantidades de datos para un entrenamiento efectivo. Los métodos de conjunto, como los bosques aleatorios y el impulso de gradiente, suelen ofrecer un buen equilibrio entre precisión e interpretabilidad y son robustos contra el sobreajuste. La regresión de vectores de soporte puede ser eficaz en conjuntos de datos con alta dimensionalidad y puede funcionar bien incluso con datos limitados.

III. Aplicación de IA e IAGen en Análisis Predictivo de Rendimiento para la Predicción del Desempeño de Pozos

1. Objetivo General

Predecir el rendimiento futuro de pozos (producción de petróleo, gas, presión, caudal, etc.) a partir del análisis de datos históricos, geológicos, operativos y ambientales, optimizando la toma de decisiones en exploración y explotación.

2. Inteligencia Artificial (IA)

Se utilizan técnicas tradicionales de IA como:

- **Machine Learning Supervisado:** modelos como Random Forest, Gradient Boosting o redes neuronales para predecir producción diaria/semanal/mensual en función de:
 - Tipo de roca, porosidad, permeabilidad
 - Datos de completación y fractura
 - Parámetros operativos (presión de fondo, caudal, GOR, etc.)
 - Datos sísmicos, registros de pozo, imágenes de núcleos

- **Series Temporales Avanzadas:** uso de modelos como LSTM (Long Short-Term Memory) o Prophet para anticipar caídas de rendimiento o comportamientos anómalos.

- **Optimización Multivariable:** para recomendar configuraciones óptimas de operación (presión, volumen de inyección, frecuencia de bombeo, etc.) que maximicen la producción.

3. Inteligencia Artificial Generativa (IAGen)

La Inteligencia Artificial Generativa (IAGEN) es una rama de la inteligencia artificial que se centra en la creación de nuevo contenido, como modelos, imágenes, código o texto, a partir de datos existentes . Esta tecnología utiliza algoritmos avanzados para analizar grandes cantidades de información, identificar patrones y generar contenido nuevo y original que a menudo es indistinguible del creado por humanos .

La IAGen agrega una capa de valor única:

- **Generación de Informes Predictivos Automatizados:** tras procesar los datos del pozo, un LLM (como GPT-4) puede redactar automáticamente análisis comparativos entre pozos, explicar por qué uno tendrá mayor rendimiento que otro y sugerir hipótesis de mejora.
- **Síntesis de Modelos Geológicos + Operativos:** combinando grandes volúmenes de documentos técnicos, informes de campo, planos y datos sísmicos, puede generar nuevos escenarios o simulaciones (incluso visuales o en texto natural).
- **Autoexplicación de Resultados:** los modelos generativos explican por qué un pozo presenta determinada curva de producción o declinación en lenguaje natural, accesible a distintos perfiles (ingenieros, gerentes, reguladores).

IV. Uso de Agentes impulsados por IAGEN en la actividad

1. Concepto de agentes de IAGEN

En los últimos años, la inteligencia artificial generativa (IAGen) ha revolucionado la manera en que interactuamos con la tecnología, permitiendo el desarrollo de sistemas capaces de generar contenido, responder preguntas complejas y asistir en tareas cognitivas de alta demanda. A partir de esta capacidad, surge una nueva arquitectura tecnológica: los agentes impulsados por IAGen. Estos agentes no son simples interfaces conversacionales, sino sistemas autónomos que pueden interpretar instrucciones, tomar decisiones, ejecutar tareas y aprender de sus interacciones con el entorno.

Un agente de IAGen combina grandes modelos de lenguaje con componentes adicionales como herramientas externas, memoria, planificación y ejecución autónoma. Esto les permite operar en entornos complejos, con capacidad para descomponer objetivos en pasos, coordinar múltiples acciones, interactuar con sistemas digitales

(como bases de datos, APIs o documentos) y adaptarse a los cambios del contexto en tiempo real. Estas cualidades los distinguen de los chatbots tradicionales, y abren un espectro de aplicaciones más sofisticadas y personalizables.

En el ámbito organizacional, estos agentes se están utilizando para automatizar procesos, generar análisis de datos, asistir en la toma de decisiones y mejorar la experiencia del usuario, tanto interna como externamente. Por ejemplo, pueden asumir tareas de recursos humanos, legales, financieras o logísticas, e incluso, vinculadas a las áreas técnicas de procesos productivos, actuando como asistentes inteligentes que colaboran con equipos humanos. Esta capacidad de integrar conocimientos y ejecutar tareas de forma autónoma transforma la forma en que las organizaciones pueden escalar sus operaciones sin perder calidad ni control.

Además, los workflows agénticos —estructuras donde múltiples agentes colaboran entre sí para resolver problemas complejos— permiten distribuir responsabilidades entre distintos perfiles de agentes, cada uno con funciones específicas. Esto genera entornos de trabajo híbridos donde humanos y agentes coexisten, optimizando tiempos, costos y resultados. La posibilidad de conectar agentes con herramientas como Google Drive, CRMs o plataformas de gestión documental amplía aún más sus capacidades.

El desarrollo de agentes impulsados por IAGen representa un paso crucial hacia una nueva era de automatización inteligente.

Entre los beneficios de los workflows auténticos impulsados por modelos de inteligencia artificial generativa, se encuentra la posibilidad de automatizar procesos productivos completos, de punta a punta, e incluso, agregar valor a partir del aprovechamiento de las habilidades de los modelos de lenguaje basados en dichas tecnologías.

Sin embargo, su implementación también plantea desafíos técnicos, éticos y jurídicos, desde el diseño responsable hasta la supervisión humana. Por eso, comprender su

arquitectura, su lógica operativa y sus impactos potenciales es fundamental para su adopción efectiva y segura en diversos contextos profesionales.

2. Propuesta de Aplicaciones de Agentes de IA en Predicción de Desempeño de Pozos

a. Agente Explorador de Datos

- Recoge automáticamente los datos desde sensores SCADA, bases de datos geológicas, archivos PDF o sistemas de producción.
- Limpia, normaliza y ordena la información para su análisis.

b. Agente Modelador Predictivo

- Aplica modelos de IA tradicionales para predecir producción.
- Ajusta hiperparámetros y evalúa la precisión de cada modelo.

c. Agente Generador de Conocimiento

- Usa IAGen para redactar reportes, hipótesis y recomendaciones operativas.
- Compara el pozo actual con pozos históricos similares y sugiere planes de mejora.

d. Agente Crítico/Validador

- Revisa predicciones y sugerencias generadas por otros agentes, identifica errores o riesgos.

- Puede plantear medidas de mitigación.

e. Agente Integrador con Plataforma de Decisión

- Interactúa con sistemas de planificación (SAP, Power BI, ERPs) y presenta dashboards y visualizaciones integradas para la toma de decisiones.

3. Planteo de Ejemplo práctico

- **Input:** Datos operativos del pozo X, historial de producción, imágenes de registros.
- **Agente 1:** Extrae datos y los convierte en tabla estructurada.
- **Agente 2:** Ejecuta modelos ML → predice caída del 15% en caudal en 3 meses.
- **Agente 3:** Redacta informe: *"Dado el comportamiento de pozos similares con fractura hidráulica tipo A, recomendamos implementar variación de presión..."*
- **Agente 4:** Audita sugerencias y advierte: *"Pero el pozo se encuentra en zona con presión de fractura límite, riesgo de daño en reservorio."*
- **Agente 5:** Integra visualizaciones para presentación en reunión de planificación.

V. Cuantificación del Valor del Análisis Predictivo en la Industria del Petróleo y Gas

1. Mejoras en la Eficiencia Operativa

El análisis predictivo permite a las empresas petroleras y gasíferas anticipar fallos en los equipos antes de que ocurran, programar reparaciones, optimizar la asignación

de recursos y prever las fluctuaciones del mercado .

Al proporcionar información en tiempo real sobre el rendimiento y el estado de activos críticos como oleoductos, plataformas de perforación y refinerías, el análisis predictivo facilita el mantenimiento proactivo, lo que garantiza operaciones fluidas y mejora la fiabilidad de los activos .

En las operaciones de producción, el análisis predictivo optimiza la extracción mediante el análisis de datos de perforación en tiempo real, las condiciones del yacimiento y los patrones históricos de producción, maximizando la producción .

Los sensores IoT y las pasarelas inteligentes pueden supervisar el rendimiento de los equipos en tiempo real, lo que permite un mantenimiento predictivo y minimiza el tiempo de inactividad, lo que conduce a una mayor productividad .

El mantenimiento predictivo puede mejorar el rendimiento de los activos mediante la simulación del comportamiento futuro en diversas condiciones operativas . Una empresa de extracción de gas que utilizó análisis predictivo impulsado por IA para el mantenimiento de sus equipos de perforación logró una reducción del 30% en el tiempo de inactividad . El mantenimiento predictivo puede reducir el tiempo de inactividad no planificado entre un 30% y un 50% .

2. Estrategias de Reducción de Costos

El análisis predictivo ayuda a prevenir daños costosos y paradas de producción mediante la detección temprana de signos de problemas en los equipos . El mantenimiento predictivo minimiza los tiempos de inactividad inesperados, mejora la seguridad y reduce los costos de reparación . Al predecir fallos en los equipos o la demanda del mercado, las empresas pueden asignar los recursos de manera más eficaz, minimizando los costos operativos . El mantenimiento predictivo puede reducir significativamente los costos de gestión de proyectos en la industria del petróleo y el gas al minimizar las reparaciones inesperadas y costosas .

Las soluciones IoT pueden aumentar la producción en un 25% y reducir los costos de mantenimiento en un 30%, además de disminuir el tiempo de inactividad de los equipos en un 45% . La inteligencia artificial permite a las empresas abordar los problemas cuando son pequeños y menos costosos de solucionar, evitando reparaciones o reemplazos caros.

3. Mejoras en los Tiempos de Respuesta

La información en tiempo real proporcionada por el análisis predictivo permite una toma de decisiones e intervenciones más rápidas . El análisis de datos en tiempo real ofrece una visión instantánea y completa de las operaciones, esencial para tomar decisiones rápidas y precisas . El mantenimiento predictivo permite una intervención oportuna que no es ni demasiado temprana ni demasiado tardía . La comunicación en tiempo real facilitada por el análisis de datos mejora la colaboración, lo que permite a los equipos tomar decisiones rápidamente y resolver problemas en tiempo real .

4. Beneficios en Seguridad y Medio Ambiente

El análisis predictivo puede ayudar a prevenir accidentes y otras interrupciones al anticipar fallos en los equipos y condiciones operativas peligrosas . Al analizar datos históricos de incidentes, patrones climáticos y rendimiento de los equipos, el análisis predictivo identifica posibles peligros antes de que ocurran, lo que permite tomar medidas de seguridad proactivas . El análisis impulsado por IA ayuda a diseñar mejores protocolos de seguridad, reduciendo el riesgo de accidentes . El mantenimiento predictivo contribuye a entornos de trabajo más seguros al prevenir fallos en los activos que podrían generar situaciones peligrosas .

El análisis predictivo puede pronosticar las emisiones de gases de efecto invernadero, lo que permite a las empresas tomar medidas proactivas para reducirlas . Los dispositivos y tecnologías IoT pueden detectar y alertar a los operadores sobre posibles peligros, como fugas de gas, mal funcionamiento de los equipos o condiciones de trabajo inseguras, lo que permite una respuesta rápida .

Los modelos predictivos pueden analizar datos históricos de accidentes y condiciones ambientales para estimar la probabilidad de incidentes como derrames de petróleo o fugas de gas, lo que ayuda a las empresas a asignar recursos para la prevención y mitigación .

5. Tabla de Beneficios Cuantificados del Análisis Predictivo en Petróleo y Gas

Categoría del Beneficio	Métrica/Cuantificador
Reducción del Tiempo de Inactividad	30-50%
Reducción del Tiempo de Inactividad	30% (en un caso de estudio)
Reducción de Costos de Mantenimiento	30% (con soluciones IoT)
Reducción de Incidentes de Seguridad	40% (con entrenamiento VR)
Aumento de la Producción	25% (con soluciones IoT)

VI. Análisis del Impacto del Marco Regulatorio en la Adopción de la IA en el Sector Energético

La falta de un marco regulatorio integral y con visión de futuro puede ser un obstáculo para el avance de la IA . Algunos argumentan que la falta de regulación podría perjudicar las perspectivas de inversión, ya que las empresas podrían preferir una mayor claridad . El sector energético en Argentina está experimentando

actualmente una desregulación para promover la inversión privada. El RIGI ofrece estabilidad fiscal y otros incentivos para grandes inversiones en energía, lo que podría facilitar indirectamente la adopción de la IA en el sector .

Posibles Barreras y Facilitadores para la Implementación

Barreras:

- Ausencia de un marco legal específico para la IA .
- Posibles preocupaciones de los inversores debido a la falta de claridad regulatoria .
- Necesidad de un suministro energético significativo para alimentar la infraestructura de IA .
- Posible falta de una fuerza laboral cualificada en IA .
- Alto costo de la tecnología .
- Preocupaciones sobre la ciberseguridad .

Facilitadores:

- Interés declarado del gobierno en convertirse en un centro de IA y promover el desarrollo tecnológico .
- Incentivos a la inversión RIGI para la IA .
- Ecosistema tecnológico robusto existente y trabajadores cualificados en el sector de TI .
- Precios de la energía bajos en algunas regiones .
- Aumento de la capacidad de energía renovable .

Estrategias de Gestión del Cambio y Programas de Capacitación Implementados en Empresas de Energía para Fomentar la Adopción de Nuevas Tecnologías como la Inteligencia Artificial

VII. Estrategias para Gestionar el Cambio Organizacional en Empresas de Energía que Adoptan la IA

La implementación exitosa de la IA depende en gran medida de estrategias efectivas de gestión del cambio . Las estrategias clave incluyen aprovechar el patrocinio y construir una red de defensores del cambio entre las partes interesadas dentro de la organización .

- Inversión de corto plazo en equipos de implementación de agentes de IA en tecnología y capacitación: Se requiere inversión en pruebas de concepto y pruebas piloto. El foco aquí tiene que ser la formación del talento para implementar, ya que se verifica una tendencia de reducción de costos en sistemas que permiten automatización “no code” y “low code”. Para la primera etapa, también se recomienda recurrir a equipos con experiencia en diseño e implementación de agentes de IA. Por último, es clave formar un equipo “in house” para el acompañamiento y la apropiación de una cultura agéntica que redefine la interacción humano-máquina.
- Priorizar una comunicación clara y transparente con las partes interesadas es esencial para abordar las preocupaciones y mitigar la resistencia .
- Invertir en la capacitación y mejora de las habilidades de los empleados es crucial para garantizar que puedan utilizar eficazmente las herramientas de IA y maximizar sus beneficios .
- Comenzar con pequeños programas de IA puede ayudar a generar confianza y experiencia gradualmente .
- Involucrar a las partes interesadas desde el principio en las iniciativas de IA fomenta un sentido de propiedad .
- Crear un caso de negocio claro para la adopción de la IA ayuda a comunicar los objetivos y los posibles beneficios .
- Evaluar la preparación de la organización para la implementación de la IA es importante para adaptar la estrategia de implementación .
- Identificar a los campeones de la IA dentro de la organización puede ayudar a impulsar el cambio e inspirar a sus compañeros de trabajo .
- Establecer una gobernanza sólida y políticas claras en torno al uso ético de la IA,

la seguridad de los datos y la gestión de riesgos es esencial .

- Fomentar una cultura de experimentación y toma de riesgos calculados es importante para la adopción sostenida de la IA .

VIII. Consideraciones para la Selección de Soluciones de Software Apropriadas

Al seleccionar soluciones de software para el análisis predictivo del rendimiento de pozos, se deben considerar varios factores. Estos incluyen las necesidades específicas de predicción (por ejemplo, tasa de producción, fallo de equipos, propiedades del yacimiento), el volumen y tipo de datos disponibles, el nivel requerido de precisión e interpretabilidad, la facilidad de integración con los sistemas existentes, el costo del software y el nivel de experiencia técnica dentro de la organización.

Tendencias Futuras en la Aplicación de Inteligencia Artificial y Aprendizaje Automático en la Optimización de la Producción de Hidrocarburos en Yacimientos No Convencionales como Vaca Muerta

Tendencias Emergentes en Aprendizaje Automático e Inteligencia Artificial para la Producción de Petróleo y Gas

La IA se está convirtiendo en una herramienta esencial para navegar por las incertidumbres del mercado y satisfacer las demandas del panorama energético en evolución, ayudando a reducir los residuos, disminuir las emisiones y maximizar la utilización de los recursos .

Las futuras líneas de investigación incluyen el establecimiento de sistemas estandarizados de intercambio y etiquetado de datos, la integración del conocimiento del dominio con los mecanismos de ingeniería y el avance de técnicas de modelado interpretable y aprendizaje por transferencia .

La robótica y la IA están transformando la exploración, la producción y el mantenimiento en yacimientos no convencionales, mejorando la eficiencia y las tasas de recuperación .

La IA revolucionará la industria al mejorar la precisión de la perforación, la optimización de la fracturación hidráulica, la caracterización de yacimientos, la reducción de emisiones y el uso de agua .

El modelo GPT ha demostrado su capacidad para proporcionar estimaciones precisas de la producción con datos históricos mínimos, superando a los métodos tradicionales ⁸³. Las tendencias incluyen operaciones autónomas, colaboración hombre-máquina, operaciones remotas y automatización de la perforación, con el objetivo de mejorar la sostenibilidad de la industria .

IX. Posibles Innovaciones y su Impacto en el Desarrollo de Recursos No Convencionales en Vaca Muerta

El desarrollo y la adopción de tecnologías de perforación autónoma continuarán avanzando. Se espera una optimización mejorada de las técnicas de fracturación hidráulica impulsada por IA para maximizar la producción y minimizar el impacto ambiental (por ejemplo, uso de agua, emisiones).

El uso de la IA para la caracterización de yacimientos en tiempo real y los ajustes dinámicos de la producción se extenderá. La integración de la IA con gemelos digitales para la gestión integral de activos y el mantenimiento predictivo será más común. Se desarrollarán modelos de IA más robustos e interpretables para generar confianza y facilitar la adopción. El uso de la IA para la monitorización ambiental y el cumplimiento normativo en la región de Vaca Muerta aumentará.

Estas innovaciones tienen el potencial de mejorar significativamente la eficiencia, la productividad y la sostenibilidad del desarrollo de recursos no convencionales en Vaca Muerta, convirtiéndolo en una fuente de energía más viable económicamente y responsable con el medio ambiente.

X. Conclusión y Recomendaciones

El análisis predictivo desempeña un papel fundamental en la optimización de la

producción de energía en Vaca Muerta. El crecimiento significativo de la producción, los considerables beneficios económicos y los avances tecnológicos presentados en este informe subrayan el potencial transformador de estas técnicas. Sin embargo, para aprovechar plenamente este potencial, es crucial adoptar un enfoque estratégico y bien planificado para la adopción de la IA, que incluya la gestión del cambio y la capacitación de la fuerza laboral.

Se ofrecen las siguientes recomendaciones a las partes interesadas:

- Para las empresas de petróleo y gas: Invertir en la construcción de una infraestructura de datos sólida, explorar e implementar soluciones de software de IA relevantes, priorizar la capacitación y mejora de las habilidades de la fuerza laboral, y fomentar una cultura de innovación y experimentación.
- Para las agencias gubernamentales: Desarrollar un marco regulatorio claro y de apoyo para la IA en el sector energético, promover la inversión en investigación y desarrollo de IA, y facilitar la colaboración entre la industria y la academia.
- Para los proveedores de tecnología: Continuar desarrollando y refinando soluciones de IA adaptadas a los desafíos específicos de la producción de hidrocarburos no convencionales, y centrarse en la facilidad de uso y la interpretabilidad de los modelos.

En conclusión, el análisis predictivo tiene el potencial de transformar la industria del petróleo y el gas, asegurando un futuro energético más sostenible. Vaca Muerta, con sus vastos recursos y el creciente enfoque en la optimización mediante la IA, está bien posicionada para desempeñar un papel crucial en este futuro.

Obras citadas

1. Argentina's Vaca Muerta Fuels Oil Production Surge - Brazil Energy Insight, fecha de acceso: marzo 21, 2025, <https://brazilenergyinsight.com/2025/03/13/argentinas-vaca-muerta-fuels-oil-production-surge/>

2. Predictive Analytics in Oil and Gas: Applications & Advantages - Appinventiv, fecha de acceso: marzo 21, 2025, <https://appinventiv.com/blog/predictive-analytics-in-oil-and-gas/>
3. Vaca Muerta: The oil landscape for 2025 - BNamericas, fecha de acceso: marzo 21, 2025, <https://www.bnamericas.com/en/features/vaca-muerta-the-oil-landscape-for-2025>
4. Argentina | Energy Outlook 2025: Oil and Gas - BBVA Research, fecha de acceso: marzo 21, 2025, <https://www.bbvarresearch.com/en/publicaciones/argentina-energy-outlook-2025-oil-and-gas/>
5. Argentina oil and gas sector: Vaca Muerta shale can drive near-term growth and fuel medium-term opportunities - Deloitte, fecha de acceso: marzo 21, 2025, <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/economy/americas/vaca-muerta-argentina-energy-sector-boom.html>
6. LatAm Insights: Soaring Vaca Muerta output drives Argentina oil export revenues, fecha de acceso: marzo 21, 2025, <https://www.rystadenergy.com/insights/soaring-vaca-muerta-output-drives-argentina-oil-export-revenues>
7. of Argentina Vaca Muerta: the future, fecha de acceso: marzo 21, 2025, <https://www.pwc.com.ar/es/assets/document/invest-in-vaca-muerta.pdf>
8. Credit FAQ: Renewed Interest In Argentina's Vaca Muerta Shale | S&P Global Ratings, fecha de acceso: marzo 21, 2025, <https://www.spglobal.com/ratings/en/research/articles/250117-credit-faq-renewed-interest-in-argentina-s-vaca-muerta-shale-13381062>
9. Vaca Muerta Sur Oil Pipeline gets US\$3-billion green light - Buenos Aires Herald, fecha de acceso: marzo 21, 2025, <https://buenosairesherald.com/business/energy/vaca-muerta-sur-oil-pipeline-sharholders-greenlight-us3-billion-rigi-project>

10. Vaca Muerta smashes crude output record in 3Q; on track to meet 1 million bpd in 2030, fecha de acceso: marzo 21, 2025, <https://www.rystadenergy.com/news/vaca-muerta-smashes-crude-output-record-in-3q>
11. Vaca Muerta: Argentina on the global energy stage - Tecpetrol, fecha de acceso: marzo 21, 2025, <https://www.tecpetrol.com/en/news/2025/techint-group-at-ceraweek>
12. Argentina's crude oil and natural gas production near record highs - U.S. Energy Information Administration (EIA), fecha de acceso: marzo 21, 2025, <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=63924>
13. Enhancing Oil Reserve Prediction with Recurrent Neural Networks: A Data-Driven Approach, fecha de acceso: marzo 21, 2025, https://www.researchgate.net/publication/383209180_Enhancing_Oil_Reserve_Prediction_with_Recurrent_Neural_Networks_A_Data-Driven_Approach
14. Production prediction at ultra-high water cut stage via Recurrent Neural Network, fecha de acceso: marzo 21, 2025, [https://ped.cpedm.com/EN/10.1016/S1876-3804\(20\)60119-7](https://ped.cpedm.com/EN/10.1016/S1876-3804(20)60119-7)
15. Forecasting of oil production driven by reservoir spatial-temporal data based on normalized mutual information and Seq2Seq-LSTM - Sage Journals, fecha de acceso: marzo 21, 2025, <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/01445987231188161>
16. Time-Series Well Performance Prediction Based on Convolutional and Long Short-Term Memory Neural Network Model - MDPI, fecha de acceso: marzo 24, 2025, <https://www.mdpi.com/1996-1073/16/1/499>
17. Predicting Oil Production in Single Well using Recurrent Neural Network - ResearchGate, fecha de acceso: marzo 24, 2025, https://www.researchgate.net/publication/344982805_Predicting_Oil_Production_in_Single_Well_using_Recurrent_Neural_Network
18. Prediction of Oil and Gas Reservoir Properties using Support Vector

Machines | Request PDF - ResearchGate, fecha de acceso: marzo 24, 2025, https://www.researchgate.net/publication/215662105_Prediction_of_Oil_and_Gas_Reservoir_Properties_using_Support_Vector_Machines

19. (PDF) Applications of Support Vector Machines in the Exploratory Phase of Petroleum and Natural Gas: a Survey - ResearchGate, fecha de acceso: marzo 24, 2025,

https://www.researchgate.net/publication/243190076_Applications_of_Support_Vector_Machines_in_the_Exploratory_Phase_of_Petroleum_and_Natural_Gas_a_Survey

20. Application of Machine Learning in Well Performance Prediction, Design Optimization and History Matching - OAKTrust, fecha de acceso: marzo 24, 2025, <https://oaktrust.library.tamu.edu/items/8fdb101d-e134-4b3b-b865-2722e900b762>

21. A novel method for petroleum and natural gas resource potential evaluation and prediction by support vector machines (SVM), fecha de acceso: marzo 24, 2025,

<https://www.cup.edu.cn/pub/geosci/docs/2023-10/1942e9be5ef54ac88092b866a3ffcc72.pdf>

22. Decision Tree - Regulatory Compliance - Simply Explained | Home Page, fecha de acceso: marzo 24, 2025,

<https://www.tidjma.tn/glossary/pm-decision-tree-2261/>

23. A Data-Driven Oil Production Prediction Method Based on the Gradient Boosting Decision Tree Regression - Tech Science Press, fecha de acceso: marzo 24, 2025, <https://www.techscience.com/CMES/v134n3/49751/html>

24. Oil and Gas Production Forecasting Using Decision Trees, Random Forst, and XGBoost - Journal of Al-Qadisiyah for Computer Science and Mathematics, fecha de acceso: marzo 24, 2025,

<https://jqcsm.qu.edu.iq/index.php/journalcm/article/download/1431/874>

25. Oil and Gas Production Forecasting Using Decision Trees, Random Forst, and XGBoost, fecha de acceso: marzo 24, 2025,

https://www.researchgate.net/publication/379543806_Oil_and_Gas_Production_Forecasting_Using_Decision_Trees_Random_Forest_and_XGBoost

26. A Two-Stage Prediction Framework for Oil and Gas Well Production Based on Classification and Regression Models | Energy & Fuels - ACS Publications, fecha de acceso: marzo 24, 2025, <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.energyfuels.4c04762>
27. Optimization of Oil Well Production Prediction Model Based on Inter-Attention and BiLSTM, fecha de acceso: marzo 24, 2025, <https://www.mdpi.com/2079-9292/14/5/1004>
28. Advanced Deep Regression Models for Oil Production Forecast - PubPub, fecha de acceso: marzo 24, 2025, <https://assets.pubpub.org/uou6wlls/Hosseini-51716777093088.pdf>
29. Advanced Deep Regression Models for Oil Production Forecast - Canadian AI Proceedings, fecha de acceso: marzo 24, 2025, <https://caiac.pubpub.org/pub/fkbusk2m>
30. Advanced Deep Regression Models for Forecasting Time Series Oil Production - arXiv, fecha de acceso: marzo 24, 2025, <https://arxiv.org/abs/2308.16105>
31. Prediction of Single-Well Production Rate after Hydraulic Fracturing in Unconventional Gas Reservoirs Based on Ensemble Learning Model - MDPI, fecha de acceso: marzo 26, 2025, <https://www.mdpi.com/2227-9717/12/6/1194>
32. Top 5 Use Cases and Advantages of Predictive Analytics in Oil & Gas Sector - 10xDS, fecha de acceso: marzo 26, 2025, <https://10xds.com/blog/top-5-use-cases-and-advantages-of-predictive-analytics-in-oil-gas-sector/>
33. IoT in Oil and Gas Industry, Technologies, Device List and Implementation Guide - DusunIoT, fecha de acceso: marzo 26, 2025, <https://www.dusuniot.com/blog/iot-in-oil-and-gas-industry/>
34. Why is predictive maintenance so important for oil and gas operations? -

- Akselos, fecha de acceso: marzo 26, 2025, <https://akselos.com/predictive-maintenance-for-oil-and-gas-operations/>
35. Predictive Data Analytics in Oil And Gas with AI - Talonic, fecha de acceso: marzo 26, 2025, <https://www.talonic.com/blog/predictive-data-analytics-in-oil-and-gas-with-ai>
36. Data-Driven Decision-Making in Oil and Gas: The Power of Real-Time Analytics - TrackLynk, fecha de acceso: marzo 26, 2025, <https://www.tracklynk.com/data-driven-decision-making-in-oil-and-gas-the-power-of-real-time-analytics/>
37. Predictive Maintenance in Oil and Gas Project Management - Prismecs, fecha de acceso: marzo 26, 2025, <https://prismecs.com/blog/predictive-maintenance-in-oil-and-gas-project-management>
38. The benefits of predictive maintenance | Business, fecha de acceso: marzo 26, 2025, <https://www.shell.us/business/fuels-and-lubricants/lubricants-for-business/lubricants-services/industry-articles/the-benefits-of-predictive-maintenance.html>
39. AI for oil and gas - AspenTech, fecha de acceso: marzo 26, 2025, <https://www.aspentech.com/en/cp/ai-for-oil-and-gas>
40. How Predictive Analytics is Revolutionizing Oil and Gas Operations - Cloud4C, fecha de acceso: marzo 26, 2025, <https://www.cloud4c.com/blogs/how-predictive-analytics-is-transforming-oil-and-gas-operations>
41. Data Science in Oil and Gas: Improving Safety and Risk Management, fecha de acceso: marzo 26, 2025, <https://bigdata.growth.pro/blog/data-science-in-oil-and-gas/>
42. Next-Generation Training Solutions for Oil & Gas - Tesseract Learning, fecha de acceso: marzo 26, 2025, <https://tesseractlearning.com/oil-and-gas/>
43. Sensors in Oil and Gas Market to Grow by USD 1.59 Billion from 2025-2029,

Driven by Rising LNG Trade and AI-Powered Market Evolution - Technavio - PR Newswire, fecha de acceso: marzo 26, 2025, <https://www.prnewswire.com/news-releases/sensors-in-oil-and-gas-market-to-grow-by-usd-1-59-billion-from-2025-2029--driven-by-rising-lng-trade-and-ai-powered-market-evolution--technavio-302347906.html>

44. IoT in Oil and Gas | Benefits, Capabilities & Use Cases - A3Logics, fecha de acceso: marzo 26, 2025, <https://www.a3logics.com/blog/iot-in-oil-and-gas/>

45. Sensors for the Oil & Gas Industry - TE Connectivity, fecha de acceso: marzo 26, 2025, <https://www.te.com/en/industries/oil-gas-marine/applications/sensors-for-oil-and-gas.html>

46. Real-Time Pipeline Monitoring and Threat Detection - OptaSense, fecha de acceso: marzo 26, 2025, <https://www.optasense.com/real-time-pipeline-monitoring/>

47. IoT Solutions Impacting Oil and Gas Industry - Intrinsically Safe Store, fecha de acceso: marzo 26, 2025, <https://intrinsicallysafestore.com/blog/iot-solutions-for-oil-and-gas-industry/>

48. Best Communication Solutions for the Oil and Gas Industry | Tridon, fecha de acceso: marzo 26, 2025, <https://www.tridon.com/best-communication-solutions-for-the-oil-and-gas-industry/>

49. oil and gas communications | hiSky - Hiskysat, fecha de acceso: marzo 26, 2025, <https://hiskysat.com/industry-use-cases/oil-and-gas/>

50. How Does SCADA Work in Oil and Gas Applications? - Kimray, fecha de acceso: marzo 26, 2025, <https://kimray.com/training/how-does-scada-work-oil-and-gas-applications>

51. Communications for Oil & Gas - Siemens Global, fecha de acceso: marzo 26, 2025, <https://www.siemens.com/global/en/products/automation/industrial-communication>

[tion/communications-oil-gas.html](#)

52. Argentina's plans to become a regional AI hub - BNamericas, fecha de acceso: marzo 26, 2025, <https://www.bnamericas.com/en/features/argentinas-plans-to-become-a-regional-ai-hub>
53. Predictive Analytics Oil and Gas Industry - Teradata, fecha de acceso: marzo 26, 2025, <https://www.teradata.com/industries/energy-and-natural-resources/oil-and-gas>
54. Oil & Gas Analytics - SAS Institute, fecha de acceso: marzo 26, 2025, https://www.sas.com/en_us/industry/oil-gas.html
55. Well Data Analytics | Oil & Gas Analytics Software By TGS, fecha de acceso: marzo 26, 2025, <https://www.tgs.com/well-data-products/well-data-analytics>
56. Oil and Gas Analytics Software - dataPARC, fecha de acceso: marzo 26, 2025, <https://www.dataparc.com/oil-gas/>
57. Oil and Gas Analytics - Alteryx, fecha de acceso: marzo 26, 2025, <https://www.alteryx.com/solutions/industry/oil-and-gas>
58. Big Data in the Oil and Gas Industry: Impact, Adoption, and Benefits - Computools, fecha de acceso: marzo 26, 2025, <https://computools.com/big-data-in-oil-and-gas-industry/>
59. (PDF) Argentina's Potential in Artificial Intelligence - ResearchGate, fecha de acceso: marzo 26, 2025, https://www.researchgate.net/publication/387172794_Argentina's_Potential_in_Artificial_Intelligence
60. Regulating Artificial Intelligence in Argentina - WSC Legal, fecha de acceso: marzo 26, 2025, <https://wsclegal.com/regulating-artificial-intelligence-in-argentina/>
61. Energy Laws and Regulations 2025 | Argentina - Global Legal Insights, fecha de acceso: marzo 26, 2025, <https://www.globallegalinsights.com/practice-areas/energy-laws-and-regulations/>

[argentina/](#)

62. Could Argentina become the world's next AI hub? - Buenos Aires Herald, fecha de acceso: marzo 26, 2025, <https://buenosairesherald.com/business/tech/is-argentina-going-to-be-the-worlds-next-ai-hub>
63. Foster innovation or mitigate risk? AI regulation in Latin America | White & Case LLP, fecha de acceso: marzo 26, 2025, <https://www.whitecase.com/insight-our-thinking/latin-america-focus-2024-ai-regulation>
64. Argentina's approach to AI: 'Let's not overregulate ourselves' - BNamericas, fecha de acceso: marzo 26, 2025, <https://www.bnamericas.com/en/interviews/argentinas-approach-to-ai-lets-not-regulate-ourselves>
65. The Role of Artificial Intelligence in Latin America's Energy Transition, fecha de acceso: marzo 26, 2025, <https://latamt.ieeer9.org/index.php/transactions/article/download/6829/1634/90112>
66. Argentina - Digital Economy - International Trade Administration, fecha de acceso: marzo 26, 2025, <https://www.trade.gov/country-commercial-guides/argentina-digital-economy>
67. Introducing AI Into Your Organization: Change Management Considerations for Utility Providers | Energy Central, fecha de acceso: marzo 26, 2025, <https://energycentral.com/o/greencastle-consulting/accounting-storm-activity-financial-forecasts-0>
68. AI Change Management – Tips To Manage Every Level of Change | SS&C Blue Prism, fecha de acceso: marzo 26, 2025, <https://www.blueprism.com/resources/blog/ai-change-management/>
69. Data strategy & AI adoption in Energy - Strategyand.pwc.com, fecha de acceso: marzo 26, 2025,

<https://www.strategyand.pwc.com/it/en/insights/data-strategy-ai-in-energy.html>

70. AI Adoption in Energy Should Focus on Agility, Not Algorithms, fecha de acceso: marzo 26, 2025,

<https://www.bcg.com/publications/2024/ai-adoption-in-energy>

71. Digital Transformation Training Courses - PetroKnowledge, fecha de acceso: marzo 27, 2025,

<https://petroknowledge.com/training-courses/digital-transformation>

72. VR Learning in Oil & Gas: 2024 Guide to Immersive Training - SynergyXR, fecha de acceso: marzo 27, 2025,

<https://synergyxr.com/resources/learn/blogs/vr-learning/>

73. Managing Innovation and New Technologies in the Upstream Oil & Gas Industry - Virtual Instructor Led Training (VILT) - EnergyEdge - PetroEdge, fecha de acceso: marzo 27, 2025,

<https://petroedgeasia.net/training/managing-innovation-and-new-technologies-in-the-upstream-oil-gas-industry-training-course/>

74. NExT | Energy Courses | Exploration and Production Training Courses, fecha de acceso: marzo 27, 2025, <https://www.nexttraining.net/>

75. AI in Oil and Gas: Future Trends & Use Cases - Moon Technolabs, fecha de acceso: marzo 27, 2025,

<https://www.moontechnolabs.com/blog/ai-in-oil-and-gas/>

76. AI-Driven Reservoir Optimization for Oil & Gas Efficiency - Rosenxt, fecha de acceso: marzo 27, 2025,

<https://www.rosen-nxt.com/en/business-fields/performance-optimization/upstream-optimization>

77. AI-Based Smart Proxy Models for Accurate Oil Rate Prediction and Efficient Pipeline Monitoring, fecha de acceso: marzo 27, 2025,

<https://www.biolscigroup.us/articles/AMS-8-148.php>

78. AI spells opportunity and manageable risk for the oil and gas industry - DNV, fecha de acceso: marzo 27, 2025,

<https://www.dnv.com/article/ai-spells-opportunity-and-manageable-risk-for-the-oil-and-gas-industry/>

79. NEUQUÉN VACA MUERTA PRODUCTION DATA ANALYTICS: IMPACT OF GEOLOGY AND WELL COMPLETION DESIGN PARAMETERS ON WELL PRODUCTION, fecha de acceso: marzo 27, 2025, <https://www.iapg.org.ar/conexplo/PENDRIVE/pdf/simposios/vaca/vacamuerta16.pdf>

80. Top AI Trends in the Oil and Gas Industry for 2025 - Medium, fecha de acceso: marzo 27, 2025, <https://medium.com/@API4AI/top-ai-trends-in-the-oil-and-gas-industry-for-2025-ad29774ae190>

81. A Review of AI Applications in Unconventional Oil and Gas Exploration and Development, fecha de acceso: marzo 27, 2025, <https://www.mdpi.com/1996-1073/18/2/391>

82. Robotics and artificial intelligence in unconventional reservoirs: Enhancing efficiency and reducing environmental impact., fecha de acceso: marzo 27, 2025, <https://wjarr.com/sites/default/files/WJARR-2024-3185.pdf>

83. Transforming early-stage oil and gas production forecasting with generative AI - SEG Library, fecha de acceso: marzo 27, 2025, <https://library.seg.org/doi/10.15530/urtec-2024-4043583>