



Reporte entregable 36

Caso de uso de aplicación de IA e IAGEN

Exploración de Imágenes Sísmicas para la Identificación de Fracturas y Zonas de Porosidad en Vaca Muerta, Neuquén, Argentina

I. Introducción

La formación Vaca Muerta, ubicada en la Cuenca Neuquina de Argentina, es una formación de esquisto de edad Jurásico-Cretácico . Se considera la roca madre primaria de la producción de petróleo convencional en la Cuenca Neuquina .

Esta formación se compone de lutitas marinas negras, limolitas finas, margas y calizas depositadas en ambientes anóxicos, con altos niveles de carbono orgánico total (COT) . El sistema Vaca Muerta-Quintuco se caracteriza por clinoformas progradantes (unidas a la plataforma) con bottomsets, foresets y topsets bien desarrollados .

La formación Vaca Muerta Shale es un yacimiento de esquisto de clase mundial con una reserva recuperable estimada de 16 mil millones de barriles de petróleo y 308 TCF de gas .

El espesor de la formación puede variar entre 100 y 400 metros . El desarrollo de Vaca Muerta está agregando un valor significativo a la balanza comercial de Argentina y se espera que impulse aún más el sector minero y energético del país .

El desarrollo masivo de Vaca Muerta podría aumentar el superávit comercial del sector de hidrocarburos para 2030 .

La porosidad es un factor crucial que controla la capacidad de almacenamiento y flujo de fluidos en los yacimientos .

Las fracturas, si están abiertas, aumentan significativamente la permeabilidad de los yacimientos de gas de arenisca apretada y sirven como canales que conectan los espacios de almacenamiento . En areniscas apretadas ultraprofundas, la porosidad de las fracturas puede ser mucho mayor que la porosidad de la matriz .

Evaluar con precisión la distribución de la porosidad a partir de datos sísmicos es esencial para evaluar la calidad del yacimiento, construir un modelo geológico y delinear las unidades de flujo .

La predicción de la porosidad a partir de datos sísmicos es de considerable importancia en la evaluación de la calidad del yacimiento, la construcción de modelos geológicos y la delineación de unidades de flujo. La identificación precisa de fracturas en pozos individuales es fundamental para construir un modelo de restricción 3D de la red de fracturas .

La evaluación precisa de la distribución de la porosidad a partir de datos sísmicos es esencial para evaluar la calidad del yacimiento, establecer un modelo geológico y delinear las unidades de flujo. La predicción de la porosidad a partir de datos sísmicos es de considerable importancia en la evaluación de la calidad del yacimiento, la construcción de modelos geológicos y la delineación de unidades de flujo . La identificación precisa de fracturas en pozos individuales es fundamental para construir un modelo de restricción 3D de la red de fracturas . La información precisa sobre fracturas y porosidad guía las actividades de perforación y terminación, particularmente la perforación horizontal y la fracturación hidráulica .

La formación Vaca Muerta requiere perforación horizontal y estimulación por fracturamiento hidráulico para lograr una producción comercialmente viable . El fracturamiento hidráulico se utiliza para producir hidrocarburos atrapados en las lutitas de la Formación Vaca Muerta . En 2016, hubo un cambio fundamental hacia la

perforación horizontal en Vaca Muerta debido a las mayores tasas de productividad .

La utilización de datos sísmicos 3D a escala de cuenca permite la identificación de elementos deposicionales dentro del sistema Vaca Muerta-Quintuco .

La integración de sísmica 3D con estratigrafía secuencial de registros de pozos de alta resolución mejora la predicción. Los métodos convencionales de extracción de límites de cuerpos salinos de imágenes sísmicas (atributos sísmicos y algoritmos de detección de bordes) requieren esfuerzo manual .

La interpretación manual de fallas en datos sísmicos requiere mucho tiempo y requiere una experiencia considerable . La interpretación sísmica tradicional para la exploración de petróleo y gas es laboriosa y exige mucho tiempo y experiencia . Es un proceso complejo y a veces laborioso con mucho en juego .

La Inteligencia Artificial (IA), mediante el procesamiento avanzado de imágenes sísmicas, ofrece un potencial transformador para superar estos retos. Los modelos de aprendizaje profundo, particularmente las redes neuronales convolucionales (CNN), se han introducido para ayudar a los geólogos en una interpretación sísmica más rápida .

La IA es una rama de la informática que estudia la simulación por computadora del proceso de pensamiento humano y el comportamiento inteligente, con aplicaciones que traen cambios tecnológicos disruptivos a diversas industrias, incluyendo el petróleo y el gas . Los métodos basados en CNN han surgido como enfoques transformadores en la interpretación sísmica .

El aprendizaje profundo, especialmente a través de redes neuronales convolucionales (CNN) como el modelo U-Net 3D, ha revolucionado la identificación de fallas a partir de datos sísmicos . La integración de la IA, notablemente el aprendizaje automático y el aprendizaje profundo, en la interpretación sísmica de fallas ha marcado un avance significativo . La IA mejora la precisión y la eficiencia de la exploración, lo que la convierte en una importante dirección de investigación . La IA está redefiniendo

el proceso de interpretación sísmica, ofreciendo velocidad y precisión . El papel transformador de la IA en la interpretación sísmica está acelerando una de las fases más críticas para el negocio de la industria energética . Los algoritmos de IA pueden analizar grandes conjuntos de datos de manera más eficiente que los métodos tradicionales, descubriendo patrones sutiles .

Este informe detalla la aplicación de IA e IAGEN en el análisis de imágenes sísmicas para identificar fracturas y zonas de porosidad en Vaca Muerta.

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 .

II. Aplicaciones de IA / IAGen en Imágenes Sísmicas

1. Objetivo

Mejorar la **interpretación de datos sísmicos 2D/3D/4D** mediante inteligencia artificial, con foco en detectar:

- Fracturas naturales o inducidas
- Zonas de alta porosidad y permeabilidad
- Límites de reservorios
- Áreas con potencial de recuperación secundaria o terciaria

2. Aplicaciones específicas de IA en análisis sísmico

a. Segmentación automática de capas geológicas

- Modelos de visión artificial segmentan zonas en imágenes sísmicas.
- Reducción drástica del tiempo necesario para el mapeo estructural.

b. Identificación de fracturas y fallas ocultas

- Algoritmos de deep learning detectan patrones no visibles al ojo humano.

- Mejora la delimitación de trampas estructurales y fracturas naturales productivas.
- c. Predicción de porosidad y saturación**
- Redes neuronales alimentadas con datos sísmicos + registros de pozo + laboratorio.
 - Permiten inferir mapas de porosidad 3D, vital para estimaciones de reservas.
- d. Creación generativa de modelos geológicos**
- IAGen crea simulaciones sintéticas realistas de subsuelo con base en datos existentes.
 - Ideal para zonas con baja resolución o alta incertidumbre.
- e. Interpretación sísmica acelerada**
- GPT + RAG explica en lenguaje natural resultados del análisis sísmico.
 - Asiste a geofísicos y petrofísicos con insights inmediatos sobre zonas prospectivas.

III. Aplicación 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 diseño de Agente IAGen – Explorador Sísmico Inteligente

a. Objetivo:

Automatizar, acelerar y enriquecer la interpretación de imágenes sísmicas mediante un agente autónomo que combine visión por IA, análisis predictivo e interacción conversacional para asistir en la toma de decisiones de exploración.

b. Componentes del Agente

- Módulo de Ingesta de Datos Geofísicos
 - Entrada:
 - Volúmenes sísmicos 2D, 3D, 4D
 - Registros de pozo (logs)
 - Modelos petrofísicos previos
 - Función:
 - Conversión a formatos estandarizados
 - Extracción de atributos sísmicos (amplitud, fase, coherencia, etc.)
- Módulo de Visión Geológica (Deep Vision)
 - Modelo: CNNs + Segmentación U-Net + LSTM si hay series temporales 4D
 - Función:
 - Detectar fracturas y fallas
 - Clasificar zonas por grado de porosidad y tipo de roca
 - Estimar continuidad lateral de formaciones

- Módulo Generativo de Modelos de Subsuelo
 - Función:
 - Genera escenarios geológicos sintéticos a partir de zonas con baja resolución o datos faltantes
 - Simula porosidad, saturación, presión y conectividad entre capas
 - Aplicación:
 - Planeamiento de nuevos pozos
 - Visualización de riesgos estructurales

- Módulo de Análisis Predictivo de Productividad
 - Función:
 - Correlaciona zonas detectadas con producción histórica
 - Estima producción esperada y factor de recuperación
 - Output:
 - Mapa de calor de “zonas calientes” por potencial productivo

- Módulo Conversacional y de Reportes (GPT-4 Turbo + RAG)
 - Función:
 - Permite consultar resultados en lenguaje natural
 - Responde a preguntas como:
 - “¿Qué zona presenta mayor porosidad en el bloque X?”
 - “¿Dónde se espera fractura natural conectada a presión?”
 - Genera informes ejecutivos y técnicos automáticamente

c. Ejemplo de Uso hipotético

Entrada: Se cargan 2 TB de imágenes sísmicas + registros de 15 pozos.

Proceso:

- SeismoGen detecta zonas de fracturas alineadas con estructuras preexistentes.
- Encuentra una anomalía de coherencia que sugiere fractura oculta.
- Predice zona de alta porosidad y buena conectividad hidráulica.
- Sugiere ubicación y trayectoria de pozo horizontal de prueba.
- Genera reporte técnico para el equipo geológico y presentación ejecutiva para decisión de perforación.

IV. Redes Neuronales Convolucionales (CNNs) para el Análisis de Imágenes Sísmicas en la Industria del Petróleo y Gas

Las redes neuronales convolucionales (CNNs), como algoritmos de aprendizaje profundo, se han aplicado con éxito en diversas tareas de procesamiento de imágenes y se han introducido en las geociencias para asistir a los geólogos en una interpretación sísmica más rápida .

En los últimos años, las CNNs han logrado grandes avances en la exploración geológica, siendo ampliamente utilizadas en campos como la visión por computadora y el reconocimiento de voz .

Los métodos basados en CNN han surgido como enfoques transformadores en la interpretación sísmica .

El aprendizaje profundo, especialmente a través de redes neuronales convolucionales (CNN) como el modelo U-Net 3D, ha revolucionado la identificación de fallas a partir de datos sísmicos . Las CNNs consisten en capas de convoluciones con filtros entrenables .

Para datos representados como superficies planas (imágenes), se utiliza un kernel convolucional bidimensional; para datos volumétricos (sísmica 3D), se utiliza un kernel tridimensional . Las funciones de activación introducen no linealidad y el pooling combina características semánticamente similares en representaciones condensadas .

El modelo U-Net 3D se ha adaptado para volúmenes de datos sísmicos tridimensionales, proporcionando un método para la detección detallada y precisa de fallas con un sesgo de interpretación manual reducido . Este modelo ha demostrado su superioridad sobre los métodos tradicionales de identificación de fallas al mejorar la precisión, aumentar la eficiencia y reducir la subjetividad .

Las redes neuronales profundas espacio-temporales avanzadas, como las que utilizan una estructura CNN para extraer características espaciales y una red BiGRU para recopilar características temporales, se han propuesto para la predicción de la porosidad a partir de datos sísmicos . Los resultados experimentales demuestran que el método 3D Salt-Net supera los métodos anteriores de vanguardia en términos de segmentación de cuerpos salinos y logra resultados satisfactorios . Varias arquitecturas CNN, incluyendo U-net, PPM-Unet, FCN, 3D U-net, SaltFormer y DBCF-Net, se utilizan para la extracción de cuerpos salinos . Si bien los modelos fundacionales muestran promesa en la visión por computadora, su aplicabilidad directa a los datos sísmicos es limitada debido a las diferencias en las características de los datos, lo que sugiere la necesidad de una adaptación específica del dominio o el desarrollo de modelos fundacionales geofísicos .

El aprendizaje profundo supervisado utilizando CNNs se presenta como una alternativa a las técnicas convencionales para la interpretación sísmica, con estudios de caso que demuestran el éxito de la selección automática de fallas en volúmenes sísmicos 3D utilizando modelos CNN entrenados a partir de datos sintéticos . Los investigadores han explorado la aplicación de CNNs en la predicción de la porosidad a partir de registros de pozos y datos sísmicos, con estudios que muestran una mayor precisión de predicción en datos de campo en comparación con los métodos

tradicionales .

Un esquema no supervisado basado en CNN proporciona resultados más precisos que los métodos estándar para la estimación de la porosidad a partir de la impedancia acústica invertida sísmicamente .

La incorporación de un modelo de porosidad de baja frecuencia en una CNN supervisada mejora significativamente la fiabilidad de las predicciones de porosidad en yacimientos de carbonato heterogéneos .

V. Análisis Detallado de la Aplicación de Redes Neuronales Recurrentes (RNNs) en el Análisis de Datos Sísmicos Temporales

Las RNNs son modelos de aprendizaje profundo con conexiones recurrentes que les permiten retener información de pasos de tiempo anteriores, lo que las hace adecuadas para el análisis de series de tiempo y la captura de intrincadas dependencias temporales .

Las RNNs, incluyendo las variantes LSTM y GRU, pueden extraer características temporales de datos de registro y datos sísmicos para tareas como la predicción de porosidad y la clasificación de eventos sísmicos .

Las redes BiGRU, un tipo de RNN, se utilizan para recopilar características temporales para la predicción de la porosidad, analizando la información tanto en dirección hacia adelante como hacia atrás para capturar patrones intrincados en los datos .

Los modelos RNN basados en celdas LSTM están diseñados como sistemas en tiempo real para el reconocimiento de señales volcanosísmicas utilizando mediciones de Sensores Acústicos Distribuidos (DAS), capaces de analizar la evolución temporal de estas señales .

Los clasificadores de fase basados en RNN han sido desarrollados para el análisis

de sismicidad inducida en arreglos de monitoreo sísmico locales, logrando una precisión superior al 80% para la selección de tiempos de llegada en comparación con las técnicas de selección manual .

Las RNNs, específicamente LSTM, superan a las Redes Neuronales Feed Forward (FFNN) en la predicción de la tendencia futura de los terremotos debido a su capacidad para modelar secuencias . Diversos algoritmos de aprendizaje automático, incluyendo las Redes Neuronales Recurrentes (RNN) y las Máquinas de Aprendizaje Extremo, se han utilizado para la predicción de terremotos.

VI. Estado Actual de la Adopción de la Inteligencia Artificial (IA) en la Industria del Petróleo y Gas en Argentina, con un Enfoque Específico en la Región de Vaca Muerta

Argentina ha expresado un fuerte interés en convertirse en un centro para la IA, con el gobierno promoviendo su uso y destacando el robusto ecosistema tecnológico del país, la mano de obra calificada y las posibles ventajas como los bajos precios de la energía en la Patagonia .

La adopción de la IA y el aprendizaje automático se está expandiendo en varios sectores de Argentina, incluyendo la agricultura, la manufactura, la salud y el sector público .

Los ejecutivos de petróleo y gas informan que las dos mayores oportunidades para crear valor a partir de la IA son el mantenimiento predictivo para equipos pesados

y la optimización inteligente del rendimiento de las operaciones .

El mercado de IA y ML en petróleo y gas está creciendo debido a la mayor atención hacia la transformación digital, la necesidad de eficiencia operativa y el enfoque en la analítica predictiva .

La IA está transformando el costo operativo, la eficiencia y los procesos de toma de decisiones del sector del petróleo y el gas .

VII. Análisis de los Beneficios Económicos Detallados de la Implementación de la IAGEN en la Exploración Sísmica en Vaca Muerta

La IA generalizada en la industria del petróleo y el gas podría generar un cambio de paradigma de ahorro de costos del 10-20% para 2025 .

La IA puede identificar de manera más precisa y económica lugares de perforación de alto potencial mediante la evaluación de grandes conjuntos de datos, reduciendo los riesgos de pozos secos .

Los conocimientos basados en la IA optimizan los flujos de trabajo, impulsando significativamente la eficiencia operativa.

Las herramientas impulsadas por la IA optimizan procesos como la gestión de la cadena de suministro y los flujos de trabajo de producción, lo que permite reducir el desperdicio y lograr una reducción significativa de costos.

La IA ayuda a las empresas a optimizar su consumo de energía, lo que lleva a la reducción de costos y a minimizar el desperdicio . La IA analiza datos de equipos y predice problemas para el mantenimiento predictivo, reduciendo las averías y el tiempo de inactividad, mejorando así la producción. Las herramientas de análisis de datos basadas en IA pueden producir interpretaciones estructurales y estratigráficas altamente detalladas y repetibles, permitiendo resultados más precisos en una fracción

del tiempo manual.

La IA puede identificar de manera más precisa ubicaciones de perforación de alto potencial mediante la evaluación de grandes conjuntos de datos, lo que lleva a decisiones más inteligentes sobre dónde perforar . Las herramientas impulsadas por la IA ayudan a los geólogos a analizar con precisión los datos sísmicos, lo que lleva a mejores estrategias de exploración y descubrimientos más exitosos .

La IA se ha vuelto fundamental para mejorar la eficiencia y la precisión de la interpretación, con aplicaciones como la estratificación inteligente y la estimación de parámetros de yacimientos .

Compañía/Fuente	Área de Aplicación (ej. Mantenimiento Predictivo, Exploración)	Beneficio Económico Reportado (ej. % reducción de costos, \$ ahorrado)
Shell	Mantenimiento Predictivo	15% reducción de costos de mantenimiento
Shell	Mantenimiento Predictivo	20% reducción del tiempo de inactividad no planificado
BP	Optimización de Datos	\$10 millones de ahorro anuales (a través de la plataforma "Sandy")
Exxon	Exploración	40% de ahorro en la preparación de datos

Industria O&G	General	Potencial de ahorro de costos del 10-20% para 2025
---------------	---------	--

Se recomienda promover la 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.

VIII. Conclusión y Recomendaciones

Los avances y aplicaciones de las CNNs, GANs y RNNs en la interpretación sísmica para la identificación de fracturas y porosidad en el contexto de Vaca Muerta son prometedores.

La adopción de la IA en la industria del petróleo y el gas de Argentina está en curso, con beneficios económicos potenciales significativos a través de la reducción de costos y el aumento de la eficiencia.

Sin embargo, existen desafíos técnicos relacionados con la calidad y resolución de los datos sísmicos en Vaca Muerta, así como barreras regulatorias y económicas para la adopción de la IA en la industria energética argentina. Las lecciones aprendidas de los estudios de caso globales en formaciones geológicamente similares resaltan el potencial de la IA para abordar estos desafíos.

Se recomienda realizar más investigación y desarrollo de modelos de IA adaptados a las características geológicas específicas y los desafíos de los datos

sísmicos de Vaca Muerta.

Se deben implementar estrategias para mejorar la calidad y resolución de los datos sísmicos en la región para mejorar la precisión de los modelos de IA. Es necesario abordar las barreras regulatorias y económicas para facilitar una adopción más amplia de la IA en la industria energética argentina.

Además, es necesario fomentar la colaboración entre instituciones de investigación, proveedores de tecnología y compañías de petróleo y gas en Argentina para acelerar la implementación de la IA en la exploración sísmica.

Finalmente, es crucial invertir en programas de desarrollo y capacitación de la fuerza laboral para construir experiencia en IA para la geofísica dentro de Argentina.

La IA tiene el potencial transformador de revolucionar la interpretación sísmica y desbloquear todo el potencial de la formación Vaca Muerta para el futuro energético de Argentina.

Fuentes citadas

1. Chasing the ghost of fracking in the Vaca Muerta Formation: Induced seismicity in the Neuquén Basin, Argentina | Seismica, fecha de acceso: marzo 21, 2025, <https://seismica.library.mcgill.ca/article/view/1435/1729>
2. Vaca muerta - SEG Wiki, fecha de acceso: marzo 21, 2025, https://wiki.seg.org/wiki/Vaca_muerta
3. INTEGRATION OF 3D SEISMIC, HIGH-RESOLUTION WELL-LOG SEQUENCE STRATIGRAPHY AND GEOSTEERING FOR IMPROVED LANDING ZONE PREDICTION I, fecha de acceso: marzo 21, 2025, <https://www.iapg.org.ar/conexplo/PENDRIVE/pdf/simposios/vaca/vacamuerta01.pdf>
4. Seismic Inversion for The Vaca Muerta Shale of The Neuquen Basin ..., fecha de acceso: marzo 21, 2025,

<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2019MsT.....20C/abstract>

5. Vaca Muerta play - AAPG Wiki, fecha de acceso: marzo 21, 2025,
https://wiki.aapg.org/Vaca_Muerta_play
6. Argentina oil and gas | Deloitte Insights, fecha de acceso: marzo 21, 2025,
<https://www2.deloitte.com/us/en/insights/economy/americas/vaca-muerta-argentina-energy-sector-boom.html>
7. (PDF) Argentina's Oil and Gas Policies (2016-2024): A Deep Dive ..., fecha de acceso: marzo 21, 2025,
https://www.researchgate.net/publication/387172576_Argentina's_Oil_and_Gas_Policies_2016-2024_A_Deep_Dive_into_Vaca_Muerta
8. www.pwc.com.ar, fecha de acceso: marzo 21, 2025,
<https://www.pwc.com.ar/es/assets/document/invest-in-vaca-muerta.pdf>
9. Seismic Porosity Prediction in Tight Carbonate Reservoirs Based on ..., fecha de acceso: marzo 21, 2025, <https://www.mdpi.com/2227-9717/13/3/788>
10. Deep-learning-based natural fracture identification ... - Frontiers, fecha de acceso: marzo 21, 2025,
<https://www.frontiersin.org/journals/earth-science/articles/10.3389/feart.2024.1468997/full>
11. (PDF) Porosity prediction from prestack seismic data via deep learning: incorporating a low-frequency porosity model - ResearchGate, fecha de acceso: marzo 21, 2025,
https://www.researchgate.net/publication/374445228_Porosity_prediction_from_prestack_seismic_data_via_deep_learning_incorporating_a_low-frequency_porosity_model
12. Fracture identification in reservoirs using well log data by window ..., fecha de acceso: marzo 21, 2025,
https://www.researchgate.net/publication/372586013_Fracture_identification_in_reservoirs_using_well_log_data_by_window_sliding_recurrent_neural_network
13. An Overview of Recent Developments and Understandings of

Unconventionals in the Vaca Muerta Formation, Argentina - MDPI, fecha de acceso: marzo 21, 2025, <https://www.mdpi.com/2076-3417/14/4/1366>

14. Seismic Geomorphology, Depositional Elements, and Clinoform Sedimentary Processes: Impact on Unconventional Reservoir Prediction - GeoScienceWorld, fecha de acceso: marzo 21, 2025, https://pubs.geoscienceworld.org/books/book/chapter-pdf/5233175/14269_ch09_ptg01_237-266.pdf

15. Vaca Muerta depositional elements based on seismic plan-view, cross... - ResearchGate, fecha de acceso: marzo 21, 2025, https://www.researchgate.net/figure/aca-Muerta-depositional-elements-based-on-seismic-plan-view-cross-section-AI-and_fig4_352569491

16. 4054972 - Seismic Characterization of the Vaca Muerta Formation in the Central Region of the Neuquén Basin - OnePetro, fecha de acceso: marzo 22, 2025, <https://onepetro.org/URTECONF/proceedings-pdf/24URTC/3-24URTC/D031S066R002/3418509/urtec-4054972-ms.pdf/1>

17. 2-D seismic image is displayed with the salt segmentation results ..., fecha de acceso: marzo 22, 2025, https://www.researchgate.net/figure/D-seismic-image-is-displayed-with-the-salt-segmentation-results-predicted-by-a-U-net_fig10_360415017

18. FaultSeg3D plus: A comprehensive study on evaluating and ..., fecha de acceso: marzo 22, 2025, <https://library.seg.org/doi/10.1190/geo2022-0778.1>

19. Redefining Seismic Interpretation with AI | subsurfaceAI, fecha de acceso: marzo 22, 2025, <https://subsurfaceai.ca/redefining-the-seismic-interpretation-process/>

20. Shaking up the Earth: The AI revolution in seismic interpretation - GeoExpro, fecha de acceso: marzo 22, 2025, <https://geoexpro.com/shaking-up-the-earth-the-ai-revolution-in-seismic-interpretation/>

21. Research on Convolutional Neural Network in the Field of Oil and Gas Exploration, fecha de acceso: marzo 22, 2025, <https://www.scirp.org/journal/paperinformation?paperid=123658>
22. A foundation model empowered by a multi-modal prompt engine for universal seismic geobody interpretation across surveys - arXiv, fecha de acceso: marzo 22, 2025, <https://arxiv.org/html/2409.04962v1>
23. Review of Artificial Intelligence for Oil and Gas Exploration ..., fecha de acceso: marzo 22, 2025, <https://www.scirp.org/journal/paperinformation?paperid=132696>
24. A Review of AI Applications in Unconventional Oil and Gas ... - MDPI, fecha de acceso: marzo 22, 2025, <https://www.mdpi.com/1996-1073/18/2/391>
25. ENHANCING OIL AND GAS EXPLORATION EFFICIENCY THROUGH AI-DRIVEN SEISMIC IMAGING AND DATA ANALYSIS - Fair East Publishers, fecha de acceso: marzo 22, 2025, <https://fepbl.com/index.php/estj/article/view/1077/1301>
26. Convolutional neural networks for automated seismic interpretation ..., fecha de acceso: marzo 22, 2025, https://www.researchgate.net/publication/326164690_Convolutional_neural_networks_for_automated_seismic_interpretation
27. Leveraging 3D Convolutional Neural Networks for Accurate Recognition and Localization of Ankle Fractures - PMC - PubMed Central, fecha de acceso: marzo 22, 2025, <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11585985/>
28. Applications of supervised deep learning for seismic interpretation and inversion - ADS, fecha de acceso: marzo 22, 2025, <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2019LeaEd..38..526Z/abstract>
29. Applications of supervised deep learning for seismic interpretation ..., fecha de acceso: marzo 22, 2025, <https://library.seg.org/doi/abs/10.1190/tle38070526.1>
30. An unsupervised deep-learning method for porosity estimation based on

poststack seismic data | GEOPHYSICS - SEG Library, fecha de acceso: marzo 23, 2025, <https://library.seg.org/doi/abs/10.1190/geo2020-0121.1>

31. Applying deep learning method to develop a fracture modeling for a fractured carbonate reservoir using geologic, seismic and petrophysical data - International Journal of Mining and Geo-Engineering, fecha de acceso: marzo 23, 2025, https://ijmge.ut.ac.ir/article_93192.html

32. Generating Paired Seismic Training Data with Cycle-Consistent ..., fecha de acceso: marzo 23, 2025, <https://www.mdpi.com/2072-4292/15/1/265>

33. GAN-supervised Seismic Data Reconstruction: An Enhanced-Learning for Improved Generalization - arXiv, fecha de acceso: marzo 23, 2025, <https://arxiv.org/html/2311.10910v2>

34. fecha de acceso: marzo 23, 2025, <https://arxiv.org/html/2311.10910v2/>

35. cs229.stanford.edu, fecha de acceso: marzo 23, 2025, https://cs229.stanford.edu/proj2019aut/data/assignment_308832_raw/26620558.pdf

36. Evaluating machine learning-predicted subsurface properties via ..., fecha de acceso: marzo 23, 2025, <https://library.seg.org/doi/10.1190/geo2023-0124.1>

37. Physics-informed W-Net GAN for the direct stochastic inversion of ..., fecha de acceso: marzo 23, 2025, <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10907746/>

38. Developing GAN-boosted Artificial Neural Networks to model the rate of drilling bit penetration | Request PDF - ResearchGate, fecha de acceso: marzo 23, 2025,

https://www.researchgate.net/publication/368230202_Developing_GAN-boosted_Artificial_Neural_Networks_to_model_the_rate_of_drilling_bit_penetration

39. Enhanced anomaly detection in well log data through the application of ensemble GANs, fecha de acceso: marzo 23, 2025, <https://arxiv.org/html/2411.19875v1/>

40. Well log data generation and imputation using sequence-based generative adversarial networks - arXiv, fecha de acceso: marzo 23, 2025,

<https://arxiv.org/html/2412.00718v1>

41. Predictive Analytics and Generative AI in Oil & Gas: Transforming Wellbore Stability and Hazard Detection - IRE Journals, fecha de acceso: marzo 23, 2025, <https://www.irejournals.com/formatedpaper/1706019.pdf>
42. Part5: Evaluating GANs - Medium, fecha de acceso: marzo 23, 2025, <https://medium.com/@Mustafa77/gans-specialization-part5-b92eee81f42e>
43. How to Evaluate Generative Adversarial Networks - MachineLearningMastery.com, fecha de acceso: marzo 23, 2025, <https://machinelearningmastery.com/how-to-evaluate-generative-adversarial-networks/>
44. GAN Foundations, fecha de acceso: marzo 23, 2025, <https://www.cs.toronto.edu/~duvenaud/courses/csc2541/slides/gan-foundations.pdf>
45. Enhancing GANs with Contrastive Learning-Based Multistage Progressive Finetuning SNN and RL-Based External Optimization - Powerdrill, fecha de acceso: marzo 23, 2025, <https://powerdrill.ai/discover/discover-Enhancing-GANs-with-cm1qxa1inyq9v01asd6j9s67e>
46. Recurrent Neural Networks (RNNs) for Time Series Predictions | Encord, fecha de acceso: marzo 23, 2025, <https://encord.com/blog/time-series-predictions-with-recurrent-neural-networks/>
47. psecommunity.org, fecha de acceso: marzo 23, 2025, <https://psecommunity.org/wp-content/plugins/wpor/includes/file/2408/LAPSE-2024.1727-1v1.pdf>
48. RNN-DAS: A New Deep Learning Approach for Detection and Real-Time Monitoring of Volcano-Tectonic Events Using Distributed Acoustic Sensing - arXiv, fecha de acceso: marzo 23, 2025, <https://arxiv.org/html/2503.11622v1>
49. In-Depth Insights into the Application of Recurrent Neural Networks (RNNs) in Traffic Prediction: A Comprehensive Review - MDPI, fecha de acceso: marzo 23,

2025, <https://www.mdpi.com/1999-4893/17/9/398>

50. fecha de acceso: diciembre 31, 1969, <https://arxiv.org/html/2503.11622v1/>

51. Arrival times by Recurrent Neural Network for induced seismic ..., fecha de acceso: marzo 23, 2025, <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10436615/>

52. Earthquake trend prediction using long short-term memory RNN - ResearchGate, fecha de acceso: marzo 23, 2025, https://www.researchgate.net/publication/330637375_Earthquake_trend_prediction_using_long_short-term_memory_RNN

53. Identification of seismic patterns through spatial and temporal data analysis using K-Means in the Middle East region - iarconsortium, fecha de acceso: marzo 23, 2025, <https://www.iarconsortium.org/srjecs/53/2831/identification-of-seismic-patterns-through-spatial-and-temporal-data-analysis-using-k-means-in-the-middle-east-region-4620/>

54. CRED: A Deep Residual Network of Convolutional and Recurrent Units for Earthquake Signal Detection - Stanford Center for Induced and Triggered Seismicity, fecha de acceso: marzo 24, 2025, https://scits.stanford.edu/sites/g/files/sbiybj22081/files/media/file/1810.01965_0.pdf

55. Seismic Velocity Inversion via Physical Embedding Recurrent ..., fecha de acceso: marzo 24, 2025, <https://www.mdpi.com/2076-3417/13/24/13312>

56. Abstract: Machine Learning and Deep Learning in Oil and Gas Industry - AAPG Search and Discovery, fecha de acceso: marzo 24, 2025, https://www.searchanddiscovery.com/abstracts/pdf/2023/91204meosgeo/abstracts/ndx_sabale.pdf

57. Salesforce to Invest \$500 Million in Argentina ... - Net Zero Circle, fecha de acceso: marzo 24, 2025, <https://www.netzerocircle.org/news/salesforce-to-invest-500-million-in-argentina-boosting-ai-innovation-and-digital-transformation>

58. Argentina's approach to AI: 'Let's not overregulate ourselves ...', fecha de acceso: marzo 24, 2025, <https://www.bnamericas.com/en/interviews/argentinas-approach-to-ai-lets-not-regulate-ourselves>
59. Could Argentina become the world's next AI hub? - Buenos Aires ..., fecha de acceso: marzo 24, 2025, <https://buenosairesherald.com/business/tech/is-argentina-going-to-be-the-worlds-next-ai-hub>
60. Milei dreams of making Argentina the world's new AI powerhouse | Buenos Aires Times, fecha de acceso: marzo 24, 2025, <https://www.batimes.com.ar/news/argentina/argentina-an-intelligent-power-javier-mileis-ai-dreams.phtml>
61. Argentina - Digital Economy - International Trade Administration, fecha de acceso: marzo 24, 2025, <https://www.trade.gov/country-commercial-guides/argentina-digital-economy>
62. Maximizing the impact of AI in the oil and gas sector | EY - US, fecha de acceso: marzo 24, 2025, https://www.ey.com/en_us/insights/oil-gas/maximizing-the-impact-of-ai-in-the-oil-and-gas-sector
63. AI & ML in Oil & Gas Market Size, Forecasts Report 2025-2034, fecha de acceso: marzo 24, 2025, <https://www.gminsights.com/industry-analysis/ai-and-ml-in-oil-gas-market>
64. 13 Remarkable Applications of AI in the Oil & Gas Industry - Birlasoft, fecha de acceso: marzo 24, 2025, <https://www.birlasoft.com/articles/13-remarkable-applications-ai-oil-gas-industry>
65. Argentina - TGS, fecha de acceso: marzo 24, 2025, <https://www.tgs.com/seismic/multi-client/latin-america/argentina>
66. Offshore Oil and Gas Seismic Equipment and Acquisitions Solutions Industry Research 2025 | Now Available - GlobeNewswire, fecha de acceso: marzo

- 24, 2025,
<https://www.globenewswire.com/news-release/2025/02/24/3031329/0/en/Offshore-Oil-and-Gas-Seismic-Equipment-and-Acquisitions-Solutions-Industry-Research-2025-Now-Available.html>
67. Oil and Gas Operations Powered by AI - NVIDIA, fecha de acceso: marzo 24, 2025, <https://www.nvidia.com/en-sg/industries/energy/oil-gas-operations/>
68. AI in Oil and Gas: Future Trends & Use Cases - Moon Technolabs, fecha de acceso: marzo 24, 2025, <https://www.moontechnolabs.com/blog/ai-in-oil-and-gas/>
69. AI in Oil and Gas: Preventing Equipment Failures Before They Cost Millions, fecha de acceso: marzo 24, 2025, <https://energiesmedia.com/ai-in-oil-and-gas-preventing-equipment-failures-before-they-cost-millions/>
70. Drilling Down: How AI is Changing the Future of Oil and Gas - Sand Technologies, fecha de acceso: marzo 24, 2025, <https://www.sandtech.com/insight/drilling-down-how-ai-is-changing-the-future-of-oil-and-gas/>
71. AI's Role in Oil and Gas Exploration | DW Energy Group, fecha de acceso: marzo 24, 2025, <https://www.dwenergygroup.com/ais-role-in-oil-and-gas-exploration/>
72. EarthNet AI Seismic Interpretation | ESA - Earth Science Analytics, fecha de acceso: marzo 24, 2025, <https://www.earthanalytics.ai/earthnet-ai-seismic-interpretation>
73. AI in Oil & Gas Exploration: Maximizing Discoveries, Minimizing Costs - Datategy, fecha de acceso: marzo 24, 2025, <https://www.datategy.net/2024/01/09/ai-in-oil-exploration-maximizing-discoveries-minimizing-costs/>
74. Using AI to Revolutionize Oil Exploration and Gas Production - IdeaUsher, fecha de acceso: marzo 24, 2025, <https://ideausher.com/blog/ai-in-oil/>

75. AI Applications and Emerging Trends in Petroleum Exploration and Development - | International Journal of Innovative Science and Research Technology, fecha de acceso: marzo 24, 2025, <https://ijisrt.com/assets/upload/files/IJISRT24NOV818.pdf>
76. Reducing uncertainty in characterization of Vaca Muerta Formation ..., fecha de acceso: marzo 24, 2025, <https://library.seg.org/doi/abs/10.1190/tle34121462.1>
77. Improved Total Organic Carbon (TOC) Prediction for Vaca Muerta ..., fecha de acceso: marzo 24, 2025, https://www.researchgate.net/publication/369377132_Improved_Total_Organic_Carbon_TOC_Prediction_for_Vaca_Muerta_Shale
78. Understanding the Impact of Data Quality on AI - Xorbix Technologies, fecha de acceso: marzo 24, 2025, <https://xorbix.com/insights/the-impact-of-data-quality-on-ai-a-comprehensive-guide/>
79. The Real Impact Of Bad Data On Your AI Models, fecha de acceso: marzo 24, 2025, <https://www.montecarlodata.com/the-real-impact-of-bad-data-on-your-ai-models/>
80. (PDF) AI-Driven Predictive Models for Earthquake Forecasting Using Big Data Analytics, fecha de acceso: marzo 24, 2025, https://www.researchgate.net/publication/384766039_AI-Driven_Predictive_Models_for_Earthquake_Forecasting_Using_Big_Data_Analytics
81. Episode 234: How AI is Being Applied to Seismic Interpretation - SEG, fecha de acceso: marzo 24, 2025, <https://seg.org/podcasts/episode-234-how-ai-is-being-applied-to-seismic-interpretation/>
82. Powering AI/ML with MDIO seismic streaming from the OSDU® Data Platform - AWS, fecha de acceso: marzo 24, 2025, <https://aws.amazon.com/blogs/industries/powering-ai-ml-with-mdio-seismic-streaming/>

[aming-from-the-osdu-data-platform/](#)

83. Regulating Artificial Intelligence in Argentina - WSC Legal, fecha de acceso: marzo 24, 2025,

<https://wsclegal.com/regulating-artificial-intelligence-in-argentina/>

84. Artificial Intelligence 2024 - Argentina | Global Practice Guides ..., fecha de acceso: marzo 26, 2025,

<https://practiceguides.chambers.com/practice-guides/artificial-intelligence-2024/argentina>

85. Foster innovation or mitigate risk? AI regulation in Latin America ..., fecha de acceso: marzo 26, 2025,

<https://www.whitecase.com/insight-our-thinking/latin-america-focus-2024-ai-regulation>

86. Balancing energy security and a healthy environment | SEI, fecha de acceso: marzo 26, 2025,

<https://www.sei.org/publications/energy-environment-vaca-muerta-fracking/>

87. (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

88. Leveraging Argentina's Mineral Resources for Economic Growth - CSIS, fecha de acceso: marzo 26, 2025,

<https://www.csis.org/analysis/leveraging-argentinas-mineral-resources-economic-growth>

89. 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>

90. Seismic prediction of shale reservoir quality parameters ... - Frontiers, fecha de acceso: marzo 26, 2025,

<https://www.frontiersin.org/journals/earth-science/articles/10.3389/feart.2023.1119600/full>

91. Stratigraphic column of the Bowland Basin from Carboniferous to ..., fecha de acceso: marzo 26, 2025, https://www.researchgate.net/figure/Stratigraphic-column-of-the-Bowland-Basin-from-Carboniferous-to-Triassic-periods-Key_fig1_356855214
92. Seismic-Based Prediction Technologies for Shale Gas Sweet Spots, fecha de acceso: marzo 26, 2025, <https://www.worldscientific.com/worldscibooks/10.1142/13590>
93. Seismic Pattern Recognition in Shale ... - Geophysical Insights, fecha de acceso: marzo 26, 2025, <https://www.geoinsights.com/seismic-pattern-recognition-in-shale-resource-plays/>
94. Case Studies - Geoteric, fecha de acceso: marzo 26, 2025, <https://www.geoteric.com/case-studies>
95. subsurfaceAI | Seismic Interpretation Software, fecha de acceso: marzo 26, 2025, <https://subsurfaceai.ca/>
96. Advanced Techniques for Continuous and Big Seismic Data Analysis: Empowered by AI and Unconventional Seismic Sources - kyushu, fecha de acceso: marzo 26, 2025, https://catalog.lib.kyushu-u.ac.jp/opac_download_md/7182445/eng3388.pdf
97. Seismic Images, Multi-Billion Dollar Opportunity - SambaNova Systems, fecha de acceso: marzo 26, 2025, <https://sambanova.ai/demo-usecases/3d-seismicanalysis>
98. Relationship between seismic acoustic impedance (AI) and total ..., fecha de acceso: marzo 26, 2025, <https://jurnal.usk.ac.id/natural/article/view/30980>
99. AttributeStudio | subsurfaceAI, fecha de acceso: marzo 21, 2025, <https://subsurfaceai.ca/category/case-studies-by-product/attribute-studio/>
100. Seismic Petrophysics of Unconventional Reservoirs - GeoScienceWorld,

fecha de acceso: marzo 26, 2025,
<https://pubs.geoscienceworld.org/seg/books/book/1994/chapter/16272019/Seismic-Petrophysics-of-Unconventional-Reservoirs>

101. Correlating geologic and seismic data with unconventional resource production curves using machine learning - Stanford Natural Gas Initiative, fecha de acceso: marzo 26, 2025,
<https://ngi.stanford.edu/sites/ngi/files/media/file/correlating-geologic-and-seismic-data-with-unconventional-resource.pdf>

102. Artificial intelligence and 3D subsurface interpretation for bright spot ..., fecha de acceso: marzo 26, 2025,
<https://www.aimspress.com/article/doi/10.3934/geosci.2024034?viewType=HTML>