



Reporte entregable 12

Caso de uso de aplicación de IA e IAGEN

Análisis de Datos Geológicos y Sísmicos para la Identificación de Áreas con Shale Gas en Vaca Muerta

I. Introducción.

Sector y Actividad Específica

Vaca Muerta, ubicada en la cuenca Neuquina de Argentina, es una de las formaciones de shale gas más importantes a nivel mundial. La exploración y explotación de estos recursos no convencionales requiere un análisis exhaustivo de datos geológicos y sísmicos para identificar áreas con alto potencial de producción.

En este contexto, la Inteligencia Artificial Generativa (IAGEN) surge como una herramienta disruptiva con el potencial de revolucionar la industria del petróleo y gas. Las empresas del sector energético argentino están retomando gradualmente su participación en los mercados internacionales de deuda, impulsadas por el creciente interés de los inversores en Vaca Muerta y los anuncios de proyectos en la región.

A través de la IAGEN, las empresas pueden optimizar la interpretación de datos, mejorar la precisión en la identificación de áreas prospectivas, y en última instancia, tomar decisiones más informadas que maximicen la rentabilidad de los proyectos y minimicen los riesgos operativos. En un escenario de creciente demanda de gas natural a nivel mundial, la eficiencia en la identificación y explotación de estos recursos en Vaca Muerta se vuelve crucial para la competitividad de Argentina en el mercado energético.

1. Desafíos y Oportunidades

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 aplicación de la IAGEN en la exploración de shale gas en Vaca Muerta presenta tanto desafíos como oportunidades. El análisis de datos geológicos y sísmicos es un proceso complejo que involucra el manejo de grandes volúmenes de información, a menudo no estructurada y con un alto grado de incertidumbre. La información sísmica, en particular, puede ser "ruidosa", con una interpretación compleja y sujeta a una variabilidad geológica significativa.

Desafíos

- Complejidad de los datos: La información sísmica puede ser de difícil interpretación y con variabilidad geológica significativa.
- Integración de datos históricos: La validación de las predicciones generadas por la IAGEN requiere la integración de datos históricos, que en muchos casos pueden ser de calidad dispareja o estar incompletos.
- Interpretación de resultados: Es fundamental que la IAGEN se traduzca en información accionable que los geólogos e ingenieros puedan interpretar y aplicar en la toma de decisiones.

Oportunidades:

- Automatización del análisis sísmico: La IAGEN permite automatizar tareas repetitivas, liberando a los expertos para que se concentren en tareas de mayor valor agregado.
- Reducción de la incertidumbre: Los modelos generativos pueden ayudar a reducir la incertidumbre en la interpretación de datos geológicos y sísmicos, mejorando la

precisión en la identificación de áreas prospectivas.

- Optimización de la perforación: La IAGEN puede utilizarse para optimizar la ubicación de los pozos de perforación, minimizando los costos y el impacto ambiental.

II. Aplicación de la IAGEN en la Actividad Específica

1. Cómo se Aplica la IAGEN en el Análisis Geológico y Sísmico

La IAGEN, a través de algoritmos avanzados, puede generar modelos predictivos que analizan datos sísmicos en 3D y los correlacionan con información geológica histórica. Algunas de las aplicaciones clave de la IAGEN en la exploración de shale gas en Vaca Muerta incluyen:

- Generación de Modelos Sísmicos Sintéticos: La IAGEN puede crear simulaciones realistas del subsuelo, que permiten predecir la presencia de shale gas con mayor precisión.
- Interpretación Automatizada de Datos Sísmicos: Mediante el uso de redes neuronales generativas, la IAGEN puede identificar patrones geológicos clave en los datos sísmicos, reduciendo el tiempo de análisis y mejorando la eficiencia.
- Optimización de la Perforación: Los modelos generativos pueden sugerir ubicaciones óptimas para la perforación, considerando factores como la presencia de shale gas, la permeabilidad de la roca y la profundidad del reservorio.

Un ejemplo concreto de la aplicación de la IAGEN en Vaca Muerta es la combinación de modelos generativos con algoritmos de aprendizaje profundo para mejorar la identificación de "trampas" estructurales y estratigráficas.

Estas "trampas" son formaciones geológicas particulares que, debido a su configuración, pueden contener acumulaciones de hidrocarburos. La IAGEN puede analizar las imágenes sísmicas para identificar patrones y características que indiquen la presencia de estas trampas, como pliegues anticlinales, fallas geológicas o cambios

en la estratigrafía. Esta información, combinada con datos geológicos, permite a los expertos determinar con mayor precisión la ubicación de posibles yacimientos de shale gas.

2. Tecnologías y Modelos Utilizados

Tecnología IAGEN	Aplicación	Beneficios
Redes Generativas Adversariales (GANs)	Generación de modelos geológicos sintéticos, refinamiento de modelos existentes, mejora de la resolución de datos sísmicos	Creación de simulaciones realistas, predicción de la presencia de shale gas, mejora de la calidad de los datos
Transformers para Series Temporales	Análisis de datos sísmicos en evolución, identificación de patrones	Predicción de la evolución de los reservorios, mejor comprensión de la dinámica del yacimiento
Modelos de Difusión	Mejora de la resolución de datos sísmicos de baja calidad	Obtención de imágenes sísmicas más nítidas y detalladas
Aprendizaje por Refuerzo	Optimización dinámica de estrategias de perforación basadas en	Selección de las mejores ubicaciones para la perforación,

	escenarios simulados	minimización de costos y riesgos
--	----------------------	----------------------------------

III. Aplicación de agentes de IA impulsados por IAGEN

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 Flujo de Trabajo para la Implementación de la IAGEN

Es posible diseñar agentes para asistir a geólogos e ingenieros en la interpretación de datos geológicos y sísmicos, generando automáticamente mapas, modelos 3D y representaciones gráficas para facilitar la toma de decisiones en exploración, caracterización y planificación de fractura hidráulica.

1. Propuesta

- a. Ingesta y preprocesamiento de datos
 - Recibe datasets geológicos y sísmicos en múltiples formatos (SEG-Y, LAS,

shapefiles, imágenes satelitales, datos de pozo, etc.).

- Realiza limpieza, alineación temporal y espacial de datos.
- Integra información de distintas fuentes: registros de pozo, datos petrofísicos, micro-sísmicos y topográficos.

b. Generación de visualizaciones automáticas

- Crea mapas de isopacas, estructuras y facies.
- Construye modelos 3D del subsuelo con información de fallas, capas de roca y horizontes relevantes.
- Superpone zonas de interés geomecánico con información operacional (fracturas, pozos activos, presiones, etc.).

c. Análisis guiado por IA

- Detecta patrones de estructuras geológicas y zonas con potencial de hidrocarburos mediante segmentación y clustering.
- Asocia señales sísmicas con propiedades de las formaciones (porosidad, presión, saturación).
- Sugiere zonas de interés para perforación o fractura basada en correlación entre datos.

d. Interacción con usuarios

- Permite consultas del tipo:
“Mostrame la estructura del reservorio en la zona oeste con alta presión de poro”.
“Identificá posibles zonas de fractura natural en el horizonte Vaca Muerta”.

e. Exportación y comunicación

- Exporta visualizaciones en formatos compatibles con software de geociencias (Petrel, Kingdom, ArcGIS).
- Genera informes automáticos con mapas, gráficos y hallazgos destacados.
- Se conecta con dashboards operacionales o software de planificación de

pozos.

2. Arquitectura del flujo IAGEN

- a. Agente de Sensado y Recolección:
Capta datos sísmicos, geológicos, logs de pozos y modelos de reservorio.
- b. Agente Analítico Geocientífico:
Aplica procesamiento de señales, análisis espectral y aprendizaje automático para detectar estructuras relevantes.
- c. Agente de Visualización 3D:
Convierte los resultados en modelos visuales interactivos usando bibliotecas gráficas (ej. Plotly, VTK, Three.js).
- d. Agente de Recomendación Geoestratégica:
Sugiere acciones de exploración o fractura en base al análisis.
- e. Agente de Feedback Técnico:
Aprende del feedback de los geólogos e ingenieros para mejorar la precisión en futuras visualizaciones y recomendaciones.

3. Tecnologías sugeridas

- Machine Learning: CNNs para imágenes sísmicas, clustering geoespacial.
- Visualización: Plotly, Dash, CesiumJS, Blender para 3D interactivo.
- Datos: SEG-Y, LAS, GeoTIFF, shapefiles.
- Plataforma: Integración con plataformas como Petrel o entornos Python (Jupyter, Dash).

IV. Beneficios

La aplicación de la IAGEN en la exploración de shale gas en Vaca Muerta ofrece una serie de beneficios directos para las empresas del sector:

- Mayor Precisión en la Identificación de Reservas: La IAGEN permite reducir los errores en la selección de zonas de perforación, lo que se traduce en una mayor

eficiencia en la exploración y explotación de los recursos.

- Optimización de Costos y Recursos: Al mejorar la precisión en la identificación de áreas prospectivas, la IAGEN reduce la necesidad de realizar perforaciones exploratorias innecesarias, lo que se traduce en un ahorro significativo de costos y una mejor gestión de los recursos. Además, los costos de extracción en Vaca Muerta son menores que en otras formaciones de shale gas, como la cuenca Pérmica en Estados Unidos¹. Esto se debe en parte a la alta productividad de los pozos en Vaca Muerta, que son aproximadamente un 30% más productivos que los de la cuenca Pérmica.
- Reducción de Riesgos Ambientales: La IAGEN contribuye a minimizar el impacto ambiental de la exploración de shale gas al reducir la cantidad de perforaciones y la intervención en el subsuelo.
- Reducción en el Tiempo de Exploración: La automatización del análisis de datos y la optimización de la perforación permiten acortar los plazos desde la prospección inicial hasta la fase de extracción, acelerando el desarrollo de los proyectos.

1. Posible impacto medible

La IAGEN tiene el potencial de generar un impacto medible en la exploración de shale gas en Vaca Muerta. Algunos ejemplos de este impacto incluyen:

- Reducción del 30-50% en el tiempo de análisis geológico: La automatización del análisis de datos mediante la IAGEN puede reducir significativamente el tiempo que los geólogos dedican a la interpretación de datos sísmicos y geológicos.
- Ahorro del 20-40% en costos operativos mediante la optimización de perforaciones: Al mejorar la precisión en la ubicación de los pozos, la IAGEN reduce la cantidad de perforaciones fallidas, lo que se traduce en un ahorro considerable en costos operativos.
- Incremento del 15-25% en la tasa de éxito de perforación: La IAGEN aumenta la probabilidad de encontrar shale gas en las zonas perforadas, mejorando la eficiencia de la exploración.
- Disminución del impacto ambiental al reducir las perforaciones innecesarias en

hasta un 35%: La optimización de la perforación mediante la IAGEN minimiza la intervención en el subsuelo, reduciendo el impacto ambiental de la exploración.

2. Comparación con Métodos Tradicionales

Los métodos tradicionales de análisis de datos geológicos y sísmicos se basan en gran medida en la interpretación manual de la información, lo que puede ser un proceso lento, costoso y propenso a errores. La IAGEN, por otro lado, permite automatizar la interpretación de datos, mejorando la rapidez, la precisión y la eficiencia en la toma de decisiones.

Método	Precisión	Eficiencia	Costo	Impacto Ambiental
Tradicional	Menor	Menor	Mayor	Mayor
IAGEN	Mayor	Mayor	Menor	Menor

V. Desafíos y Estrategias para Superarlos

1. Barreras

A pesar de los beneficios potenciales de la IAGEN, existen algunas barreras que pueden dificultar su implementación en la exploración de shale gas en Vaca Muerta:

- Resistencia al cambio: La introducción de nuevas tecnologías como la IAGEN puede generar resistencia entre los profesionales del sector, que pueden ser reacios a adoptar nuevas formas de trabajar.
- Limitaciones regulatorias: La falta de un marco regulatorio claro para el uso de la IA en la exploración de hidrocarburos puede generar incertidumbre y dificultar la inversión en estas tecnologías.

- Calidad de los datos: La IAGEN requiere datos de alta calidad para generar predicciones precisas. La disponibilidad de datos históricos incompletos o desactualizados puede limitar la efectividad de la IAGEN.

2. Estrategias

Para superar estas barreras, es necesario implementar estrategias que faciliten la adopción de la IAGEN en la exploración de shale gas en Vaca Muerta:

- 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.
- Capacitación y Adopción Progresiva: Es fundamental capacitar a los geólogos e ingenieros en el uso de la IAGEN y promover su adopción progresiva, comenzando con proyectos piloto que demuestren los beneficios de la tecnología.
- Alianzas con Instituciones Regulatorias: Es necesario trabajar en conjunto con las instituciones regulatorias para desarrollar un marco normativo que fomente la innovación y el uso responsable de la IA en la exploración de hidrocarburos.
- Mejora en la Recolección de Datos: Es crucial invertir en la recolección de datos de alta calidad, utilizando sensores avanzados y tecnologías de adquisición de datos que permitan obtener información más precisa y completa.
- Desarrollo de Sistemas Híbridos: La combinación de la IAGEN con la validación humana puede mejorar la aceptación de la tecnología y garantizar la confiabilidad de las predicciones.

VI. Conclusión

La aplicación de la IAGEN en el análisis de datos geológicos y sísmicos en Vaca Muerta representa una oportunidad estratégica para optimizar la exploración de shale gas, reducir costos, mejorar la eficiencia operativa y minimizar el impacto ambiental. La implementación efectiva de la IAGEN requiere superar desafíos técnicos, regulatorios y éticos, pero los beneficios potenciales, como el aumento de la productividad, la reducción de costos y la minimización del impacto ambiental, justifican la inversión en esta tecnología.

Para aprovechar al máximo el potencial de la IAGEN en Vaca Muerta, es crucial que las empresas del sector inviertan en la adquisición de datos de alta calidad, en la capacitación de sus profesionales y en el desarrollo de un marco regulatorio que fomente la innovación y el uso responsable de la IA. La colaboración entre la industria, la academia y el gobierno es fundamental para asegurar que la IAGEN se utilice de forma responsable y que contribuya al desarrollo sostenible de Vaca Muerta y de Argentina. La experiencia en otros yacimientos de shale gas, como la cuenca Pérmica en Estados Unidos, demuestra que la aplicación de tecnologías avanzadas como la IAGEN puede generar importantes beneficios económicos y ambientales. Vaca Muerta tiene el potencial de convertirse en un motor de crecimiento para Argentina, impulsando la economía, generando empleo y contribuyendo a la seguridad energética del país. La IAGEN puede jugar un papel clave en este proceso, siempre y cuando su aplicación se realice de forma responsable y con un enfoque en la sostenibilidad.

Fuentes citadas

1. Credit FAQ: Renewed Interest In Argentina's Vaca Muerta Shale | S&P Global Ratings, acceso: febrero 20, 2025, <https://www.spglobal.com/ratings/en/research/articles/250117-credit-faq-renewed-interest-in-argentina-s-vaca-muerta-shale-13381062>
2. Argentina's oil and gas sector: Vaca Muerta shale can drive near-term growth and fuel medium-term opportunities - Deloitte, acceso: febrero 20, 2025, <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/economy/americas/vaca-muerta-argentina->

[energy-sector-boom.html](#)

3. . Global Affairs and Strategic Studies. School of Law - University of Navarra, acceso: febrero 20, 2025,

<https://en.unav.edu/web/global-affairs/detalle/-/blogs/argentina-ve-en-vaca-muerta-un-a-tabla-de-salvacion-pero-falta-mas-capital-para-su-desarrollo-4>

4. Balancing energy security and a healthy environment | SEI, acceso: febrero 20, 2025,

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

5. Argentina's Vaca Muerta: 10 Years of Fracking and Local Resistance - NACLA |, acceso: febrero 22, 2025, <https://nacla.org/argentina-vaca-muerta-fracking-resistance>