



## Reporte entregable 40

### Caso de uso de aplicación de IA e IAGEN

#### Informe sobre la Exploración, modelado de yacimientos y análisis de datos geológicos para identificar áreas con shale gas

##### I. Introducción

###### 1. La Importancia Estratégica de Vaca Muerta en el Sector Energético Argentino

El yacimiento de Vaca Muerta, ubicado en la provincia de Neuquén, Argentina, representa una de las acumulaciones de hidrocarburos no convencionales más grandes a nivel mundial . Su magnitud es tal que se proyecta como un pilar fundamental para la independencia energética de Argentina, con un potencial significativo para la generación de ingresos a través de la exportación y una contribución sustancial al desarrollo económico nacional . La producción creciente en Vaca Muerta ya ha tenido un impacto positivo en la balanza comercial energética del país, marcando el mayor superávit anual en casi dos décadas . Este yacimiento no solo asegura un suministro doméstico de hidrocarburos, sino que también posiciona a Argentina como un futuro actor relevante en el mercado energético global.

En un contexto global donde la demanda de energía continúa en aumento y la geopolítica puede generar inestabilidad en las cadenas de suministro tradicionales, Vaca Muerta se erige como un activo estratégico de creciente importancia para Argentina, haciendo aún más crítica la precisión en la predicción de sus reservas

para una planificación y gestión óptima .

## **2. Desafíos de la Predicción de Reservas en Yacimientos No Convencionales**

La predicción precisa de las reservas de hidrocarburos en yacimientos no convencionales como Vaca Muerta presenta desafíos inherentes debido a la complejidad y heterogeneidad de estas formaciones geológicas .

Los modelos estáticos tradicionales de estimación de reservas, basados principalmente en datos históricos y modelos geológicos simplificados, resultan insuficientes para capturar el comportamiento dinámico de estos yacimientos y la influencia de las variaciones operativas . La incertidumbre en cuanto al volumen recuperable de gas y petróleo es considerable y está sujeta a cambios continuos a lo largo del ciclo de vida del yacimiento, lo que exige la adopción de metodologías más avanzadas y adaptativas .

Los métodos convencionales, desarrollados en gran medida para yacimientos con características distintas, a menudo no logran modelar adecuadamente las intrincadas redes de fracturas y la respuesta a las técnicas de estimulación como la fracturación hidráulica, lo que subraya la necesidad de enfoques más sofisticados y basados en datos para una estimación confiable de las reservas.

## **3. El Potencial Transformador de la 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 <sup>7</sup>. 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.

En este escenario de complejidad y desafíos, la Inteligencia Artificial Generativa (IAGEN) emerge como una solución avanzada con el potencial de transformar la predicción de reservas en Vaca Muerta .

A diferencia de los métodos tradicionales, IAGEN ofrece la capacidad de integrar múltiples fuentes de datos geológicos, geofísicos, de producción y operacionales,

ajustando los modelos predictivos en tiempo real a medida que se dispone de nueva información.

Las tecnologías fundamentales que sustentan IAGEN, como las Redes Neuronales Generativas, las Simulaciones Estocásticas (Monte Carlo), los Modelos Predictivos de Machine Learning y la Optimización Multivariable, permiten generar escenarios y proyecciones más precisos, abordando las fluctuaciones de los parámetros del yacimiento y optimizando las decisiones operativas.

Esta capacidad de aprendizaje a partir de vastos conjuntos de datos y de generación de representaciones dinámicas del subsuelo ofrece un cambio de paradigma en la evaluación del potencial de hidrocarburos, proporcionando una comprensión más robusta y precisa de las reservas recuperables en formaciones complejas como Vaca Muerta.

## **II. Aplicación de la IAGEN en la Actividad Específica de Predicción de Reservas en Vaca Muerta**

### **1. Descripción Detallada del Caso de Uso: Predicción Dinámica de Reservas de Gas**

La predicción de reservas en Vaca Muerta es una tarea intrínsecamente compleja que requiere el análisis exhaustivo de una variedad de datos, incluyendo información sísmica, geológica, geofísica y petrofísica.

Tradicionalmente, estos datos se han analizado utilizando modelos matemáticos estáticos que estiman el volumen recuperable de gas basándose en parámetros fijos y suposiciones simplificadas .

Sin embargo, estos modelos a menudo carecen de la flexibilidad necesaria para adaptarse a la intrincada dinámica del comportamiento del yacimiento y a las variaciones operativas que influyen en la producción.

En contraste, IAGEN ofrece una aproximación más versátil y precisa al emplear algoritmos generativos capaces de procesar grandes volúmenes de datos en

tiempo real. Esta capacidad de análisis continuo y adaptación dinámica es fundamental para obtener una comprensión más precisa del potencial de reservas a lo largo del ciclo de vida del yacimiento.

## **2. Tecnologías y Modelos Específicos Usados en IAGEN (Elaboración Técnica):**

- **Redes Neuronales Generativas (GNNs):**

Las Redes Neuronales Generativas (GNNs) constituyen un componente esencial de IAGEN, ofreciendo la capacidad de identificar patrones complejos y no lineales presentes en los datos sísmicos y geológicos recopilados en Vaca Muerta. Estas redes, que incluyen arquitecturas como los Autoencoders Variacionales (VAEs) y las Redes Generativas Antagónicas (GANs), pueden aprender las distribuciones subyacentes de los datos y generar modelos predictivos más exactos del comportamiento del yacimiento.

Esta capacidad de las GNNs para capturar las intrincadas relaciones espaciales y no lineales dentro de los datos geológicos y sísmicos permite la creación de modelos predictivos más detallados y adaptativos para la predicción de reservas en Vaca Muerta, superando las limitaciones de los métodos estadísticos tradicionales que a menudo asumen relaciones más simples.

- **Simulaciones Estocásticas (Monte Carlo):**

Las simulaciones estocásticas, como las simulaciones de Monte Carlo, desempeñan un papel crucial en IAGEN al permitir la modelización de la incertidumbre inherente a los parámetros clave del yacimiento de Vaca Muerta, tales como la porosidad, la permeabilidad y la saturación de fluidos.

A través de la generación de múltiples escenarios de predicción, cada uno basado en diferentes muestreos aleatorios de las distribuciones de probabilidad de estos parámetros, se obtiene una visión más completa del rango de posibles resultados en la extracción de gas y petróleo, junto con las probabilidades asociadas a cada escenario. Esta aproximación probabilística es especialmente valiosa en yacimientos no convencionales, donde la

incertidumbre geológica y las variaciones en las propiedades del subsuelo son significativas.

Al cuantificar esta incertidumbre, las simulaciones de Monte Carlo facilitan una mejor evaluación de riesgos y la toma de decisiones más robustas en la planificación de la explotación de los recursos en Vaca Muerta.

- **Modelos Predictivos de Machine Learning (ML):**

Los modelos predictivos de Machine Learning (ML) son otra tecnología fundamental dentro de IAGEN, empleando algoritmos como Redes Neuronales Profundas, Random Forests y Gradient Boosting para analizar patrones históricos de perforación, producción y características del yacimiento en Vaca Muerta.

Estos modelos aprenden de los datos y ajustan sus predicciones en función de las condiciones actuales, optimizando así la estrategia de explotación. Por ejemplo, se han utilizado Redes Neuronales Artificiales (ANNs) de tipo Perceptrón Multicapa (MLP) para la estimación precisa de la porosidad y el volumen de arcilla en yacimientos de hidrocarburos . Además, se han desarrollado modelos de ML ensamblados que consideran datos históricos de producción, parámetros de geolocalización y de completación para predecir el comportamiento productivo de pozos de petróleo y gas, superando en rendimiento a las técnicas de pronóstico tradicionales, especialmente en pozos con historiales de producción cortos.

La capacidad de estos modelos para identificar relaciones complejas y adaptarse a las condiciones cambiantes del yacimiento los convierte en herramientas poderosas para la predicción de reservas en Vaca Muerta.

- **Optimización Multivariable:**

La optimización multivariable es un componente clave de IAGEN que permite el ajuste automático de los parámetros de explotación en Vaca Muerta, como la presión del pozo, la tasa de inyección y la estrategia de fracturación hidráulica,

con el objetivo de maximizar el volumen de gas recuperado y reducir los costos operativos.

Mediante el uso de algoritmos de optimización, IAGEN puede explorar el complejo espacio de parámetros de explotación e identificar las condiciones óptimas que conducen a la mayor eficiencia en la extracción de hidrocarburos.

Esta capacidad de ajustar dinámicamente los parámetros operativos en función de los modelos predictivos y las simulaciones estocásticas permite una gestión más eficiente y rentable de los recursos en el yacimiento de Vaca Muerta.

### **III. Agentes de IA y workflows agénticos. La evolución de la IA generativa.**

#### **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 Agentes impulsados por IAGEN para la actividad**

La implementación de IAGEN sigue un flujo agéntico estructurado y optimizado para maximizar el rendimiento en la predicción de reservas. A continuación, se detallan las fases del flujo agéntico:

### Fase 1: Recolección y Preparación de Datos

- Los agentes recopilan datos sísmicos, de perforación, producción y geológicos de diversas fuentes. Los datos son limpiados y preprocesados para su uso en modelos de IA.

### Fase 2: Modelado Generativo y Simulación

- Los agentes alimentan los datos preprocesados en redes neuronales generativas para crear múltiples modelos de predicción de reservas, con variabilidad en los parámetros para reflejar la incertidumbre de los yacimientos.

### Fase 3: Optimización de la Estrategia de Extracción

- Los agentes analizan los modelos generados y utilizan técnicas de optimización multivariable para ajustar los parámetros de extracción, como la tasa de inyección o la presión de los pozos.

### Fase 4: Validación y Ajuste Continuo

- A medida que los datos operativos reales se recopilan, los agentes ajustan continuamente las predicciones y optimizan las estrategias de operación en función de los resultados obtenidos.

#### Fase 5: Toma de Decisiones Estratégicas

- Los resultados generados se presentan a los responsables de la toma de decisiones para que puedan implementar cambios en la estrategia operativa y maximizar la recuperación de gas.

Ejemplo hipotético Concreto : Un escenario típico podría involucrar un pozo donde los agentes de IAGEN predicen que, con un ajuste en la fracturación hidráulica y en la tasa de inyección de gas, la producción aumentará un 18% sin necesidad de perforar nuevos pozos, lo que implica un ahorro significativo en costos de operación y un aumento en la rentabilidad.

### **IV. Beneficios Directos de la IAGEN en la Predicción de Reservas (Ampliación y Cuantificación)**

#### **1. Mayor Precisión y Fiabilidad**

Los modelos de IAGEN permiten obtener estimaciones de reservas en Vaca Muerta con una precisión y fiabilidad significativamente mayores en comparación con los métodos tradicionales.

La capacidad de las redes neuronales generativas para identificar patrones no lineales complejos en los datos sísmicos y geológicos, junto con la modelización de la incertidumbre mediante simulaciones estocásticas, conduce a predicciones más exactas y a una reducción considerable de la incertidumbre.

Esta mayor precisión y fiabilidad en la predicción de reservas proporciona una base más sólida para la toma de decisiones estratégicas y operativas en Vaca Muerta.

## **2. Optimización de Costos y Operaciones**

Al generar escenarios más precisos y optimizar las estrategias de extracción, IAGEN puede reducir significativamente los costos operativos en Vaca Muerta. Los modelos predictivos ayudan a evitar la perforación innecesaria en áreas de bajo potencial y a optimizar el uso de la infraestructura existente, lo que se traduce en una disminución directa de los gastos operativos.

Además, la capacidad de IAGEN para predecir posibles fallos en los equipos mediante el mantenimiento predictivo impulsado por IA puede minimizar el tiempo de inactividad no planificado y los costos asociados a reparaciones mayores. Esta optimización de costos y operaciones mejora la rentabilidad general de la extracción de hidrocarburos en Vaca Muerta.

## **3. Simulaciones y Proyecciones Dinámicas en Tiempo Real**

A diferencia de los métodos tradicionales, IAGEN permite generar predicciones y ajustar los modelos en tiempo real en Vaca Muerta, lo que facilita una adaptación rápida a los cambios operativos o geológicos que puedan surgir. Esta capacidad de generar simulaciones y proyecciones dinámicas proporciona una ventaja significativa en la gestión de yacimientos no convencionales, donde las condiciones pueden variar considerablemente a lo largo del tiempo. La posibilidad de actualizar las predicciones con nueva información en tiempo real permite a los operadores tomar decisiones más informadas y ajustar sus estrategias de explotación de manera proactiva, maximizando la recuperación de recursos y optimizando la eficiencia operativa en Vaca Muerta.

## **4. Mejora en la Toma de Decisiones Estratégicas**

Los modelos generados por IAGEN proporcionan a los ejecutivos y responsables de la toma de decisiones en Vaca Muerta datos detallados y claros, lo que facilita la elección de estrategias basadas en escenarios reales y concretos. La capacidad

de IAGEN para pronosticar las tasas de producción, identificar los sitios de exploración óptimos y anticipar las tendencias del mercado proporciona una visión integral que sustenta la planificación a largo plazo y las decisiones de inversión . Esta mejora en la toma de decisiones estratégicas, basada en análisis avanzados y predicciones precisas, es fundamental para el desarrollo eficiente y rentable de los recursos de hidrocarburos en Vaca Muerta.

## **V. Oportunidades y Beneficios Concretos en Vaca Muerta**

### **1. Eficiencia Operacional Mejorada**

La implementación de IAGEN en Vaca Muerta optimiza las decisiones relacionadas con la perforación y la extracción, asegurando que los recursos se aprovechen de manera más eficiente.

Al predecir con mayor exactitud las áreas de mayor rentabilidad, se puede concentrar el esfuerzo en zonas con mayor potencial, evitando gastos innecesarios en áreas menos productivas.

La inteligencia artificial también tiene la capacidad de optimizar las operaciones de perforación mediante el procesamiento de datos en tiempo real, mejorando la velocidad, la precisión y la seguridad de las mismas, lo que a su vez reduce el tiempo no productivo y aumenta la eficiencia general. Esta focalización en la productividad y la optimización de los procesos conduce a una mejora significativa en la eficiencia operacional en el desarrollo de Vaca Muerta.

### **2. Reducción de Costos Operativos**

Los modelos predictivos generados por IAGEN contribuyen a la reducción de costos operativos en Vaca Muerta al ayudar a evitar la perforación innecesaria de pozos y al optimizar el uso de la infraestructura existente.

Además, la aplicación de mantenimiento predictivo impulsado por IA permite anticipar fallos en los equipos, lo que disminuye el tiempo de inactividad no planificado y los gastos asociados a reparaciones mayores.

Se estima que la inteligencia artificial tiene el potencial de reducir significativamente los costos de producción en la industria del petróleo y gas. Esta optimización de los recursos y la prevención de problemas operativos se traducen en una disminución considerable de los costos operativos en el contexto de la explotación de Vaca Muerta.

### **3. Mejor Control y Mitigación de Riesgos**

Con predicciones más precisas, se pueden minimizar los riesgos asociados con decisiones incorrectas en la explotación de Vaca Muerta, como la sobreexplotación de recursos o la construcción de infraestructuras innecesarias.

La inteligencia artificial también desempeña un papel crucial en la identificación de posibles riesgos de seguridad, como fugas de gas o fallos en los equipos, permitiendo la implementación de medidas preventivas para evitar accidentes e incidentes ambientales.

La capacidad de la IA para evaluar riesgos en tiempo real y mejorar la previsión de los mismos contribuye a un entorno operativo más seguro y sostenible en Vaca Muerta .

### **4. Comparación con Métodos Tradicionales (Análisis Cuantitativo)**

Mientras que los métodos convencionales de predicción de reservas en Vaca Muerta se basan en técnicas estáticas y a menudo suponen un alto grado de incertidumbre, IAGEN permite ajustar los modelos a medida que se recopilan más datos, proporcionando resultados más confiables y reduciendo la necesidad de intervenciones correctivas costosas . La siguiente tabla ilustra una comparación entre los métodos tradicionales y IAGEN en la predicción de reservas:

**Tabla 1: Comparación de Métodos Tradicionales vs. IAGEN para la Predicción de Reservas**

Característica	Métodos	IAGEN
----------------	---------	-------

	Tradicionales	
Entrada de Datos	Principalmente datos históricos, modelos geológicos básicos	Múltiples fuentes de datos (sísmicos, geológicos, de producción, operacionales)
Tipo de Modelo	Estático, determinístico	Dinámico, probabilístico
Adaptabilidad	Limitada, requiere actualizaciones manuales	Alta, ajusta modelos en tiempo real con nuevos datos
Precisión	Generalmente menor, alta incertidumbre	Mayor, reduce la incertidumbre
Costo	Costos iniciales potencialmente menores, pero mayores costos correctivos	Inversión inicial en tecnología y talento, pero menor costo operativo a largo plazo
Evaluación de Riesgos	Limitada a análisis de sensibilidad básicos	Cuantificación de la incertidumbre mediante simulaciones estocásticas
Predicción	No implementada	Genera proyecciones y ajusta

Dinámica		modelos en tiempo real
----------	--	------------------------

**Tabla 2: Beneficios Potenciales de la Implementación de IAGEN en Vaca Muerta**

Área de Beneficio	Descripción	Impacto Potencial/Métricas Cuantificables
Eficiencia Operacional	Optimización de la perforación y extracción, focalización en áreas de alto potencial	Mayor producción por pozo, reducción del tiempo no productivo
Reducción de Costos	Evita perforaciones innecesarias, optimiza el uso de infraestructura, mantenimiento predictivo	Reducción de costos de producción hasta \$5 por barril, disminución del tiempo de inactividad en un 20%
Control de Riesgos	Predicciones más precisas, identificación temprana de peligros	Minimización de accidentes, reducción del impacto ambiental
Toma de Decisiones	Datos detallados y	Decisiones de

	claros para la planificación estratégica	inversión más informadas, mejor planificación a largo plazo
--	--	---

## VI. Desafíos y Estrategias para Superarlos en el Contexto Argentino

### 1. Desafíos Técnicos de Implementación

La integración de IAGEN con los sistemas existentes de monitoreo y control de operaciones en Vaca Muerta puede ser compleja debido a la multiplicidad de variables y las condiciones cambiantes del yacimiento. Un desafío fundamental radica en la necesidad de establecer una infraestructura de datos robusta en Argentina, que garantice la estandarización de la información entre diferentes operadores, la calidad y la integridad de los datos, así como la capacidad de almacenamiento y procesamiento seguro de grandes volúmenes de información. La heterogeneidad de los sistemas legados y la falta de plataformas interoperables pueden dificultar el flujo de datos esencial para el análisis de IAGEN.

Estrategia: Se propone una implementación gradual de IAGEN en Vaca Muerta, comenzando con proyectos piloto específicos y escalando la adopción en función de los resultados demostrados. Es crucial invertir en una infraestructura de datos moderna y escalable, capaz de manejar la magnitud y la velocidad de la información requerida por IAGEN. Se recomienda la formación de equipos multidisciplinarios que incluyan tanto expertos en IA con experiencia en el sector energético como ingenieros petroleros con un profundo conocimiento de las características particulares de Vaca Muerta.

### 2. Barreras Regulatorias y Culturales en Argentina

La adopción de nuevas tecnologías como IAGEN en la industria del petróleo en Argentina puede encontrar obstáculos en la legislación local, como las regulaciones sobre privacidad de datos o la falta de directrices específicas para la

implementación de IA en el sector energético. Asimismo, puede existir resistencia al cambio por parte de empleados y directivos acostumbrados a los métodos tradicionales de predicción de reservas . Es importante abordar las preocupaciones sobre la privacidad de los datos, el sesgo algorítmico y las implicaciones éticas del uso de la IA en infraestructuras críticas como el sector energético.

Estrategia: Se recomienda una colaboración proactiva con los organismos reguladores y las asociaciones del sector energético argentino para desarrollar directrices claras y favorables para la implementación de IA en la predicción de reservas de hidrocarburos en Vaca Muerta. Es fundamental llevar a cabo campañas de concientización y programas de formación a nivel corporativo para educar a los empleados y directivos sobre los beneficios y el valor de IAGEN, abordando sus preocupaciones y fomentando una cultura de innovación y toma de decisiones basada en datos. Se debe enfatizar la transparencia en el funcionamiento de los modelos de IAGEN y la validación de sus resultados por expertos en la materia para generar confianza y superar la resistencia al cambio.

### **3. Consideraciones sobre la Infraestructura Tecnológica en Argentina:**

La disponibilidad y la calidad de la infraestructura tecnológica en Argentina, incluyendo la potencia de cómputo necesaria para entrenar y ejecutar modelos complejos de IAGEN, la capacidad y la fiabilidad de los centros de datos para almacenar y procesar grandes conjuntos de datos, y la velocidad y la accesibilidad de la conectividad a Internet, especialmente en áreas remotas de Neuquén donde se ubica Vaca Muerta, son consideraciones importantes . Podrían existir limitaciones en la infraestructura actual que requieran inversiones estratégicas para respaldar la implementación generalizada de IAGEN en el sector energético argentino.

Estrategia: Se aboga por el establecimiento de alianzas estratégicas público-privadas para invertir en la mejora y la expansión de la infraestructura tecnológica necesaria en Argentina, incluyendo centros de datos, conectividad a Internet de alta velocidad y recursos de computación en la nube, para satisfacer las

demandas de IAGEN. Se debe explorar la viabilidad de implementar soluciones de computación en el borde (edge computing) cerca de los pozos en Vaca Muerta para reducir la latencia y las demandas de procesamiento en la infraestructura centralizada.

#### **4. Desarrollo de Talento y Capacitación:**

Existe una posible brecha de habilidades en Argentina dentro de los campos especializados de IA, aprendizaje automático, ciencia de datos y su aplicación a la industria del petróleo y gas, lo que podría obstaculizar el desarrollo, la implementación y el mantenimiento de soluciones IAGEN. Es fundamental invertir en programas de formación e iniciativas educativas para desarrollar la experiencia necesaria dentro de la fuerza laboral argentina.

Estrategia: Se recomienda un enfoque multifacético para el desarrollo del talento, que incluya la inversión en programas universitarios centrados en IA e ingeniería petrolera, el establecimiento de talleres de capacitación y certificaciones liderados por la industria en IA para aplicaciones de petróleo y gas, y el fomento de colaboraciones con expertos e instituciones internacionales para transferir conocimientos y mejores prácticas. Se debe alentar a las empresas de energía a establecer equipos internos de investigación y desarrollo de IA y a brindar oportunidades de aprendizaje continuo y mejora de habilidades para su fuerza laboral existente.

## **VII. El Futuro de la Predicción de Reservas con IAGEN en Vaca Muerta**

### **1. Tendencias Emergentes en AI para la Exploración y Producción de Hidrocarburos:**

El futuro de la exploración y producción de hidrocarburos está cada vez más entrelazado con los avances en la inteligencia artificial. Las tendencias emergentes incluyen la creciente adopción de operaciones autónomas impulsadas por IA para la perforación y la producción, una mayor colaboración entre humanos y máquinas a través de asistentes inteligentes, la expansión de las capacidades de monitoreo y

control remoto, y la integración de la IA en sistemas robóticos para la inspección y el mantenimiento . La IA generativa está desempeñando un papel crucial en la creación de modelos de yacimientos realistas, la optimización de las trayectorias de perforación y los diseños de completación, y la mejora de las técnicas de recuperación de petróleo en yacimientos no convencionales . Además, la IA está teniendo un impacto significativo en la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, la optimización del consumo de energía y la promoción de la sostenibilidad general en las operaciones de petróleo y gas .

## **2. El Potencial Específico de IAGEN para la Sostenibilidad en Vaca Muerta:**

IAGEN tiene el potencial de contribuir a una extracción de hidrocarburos más sostenible en Vaca Muerta al optimizar la utilización de los recursos mediante una predicción precisa de las reservas, minimizar los residuos mejorando la precisión de la perforación y la eficiencia de la producción, y reducir el impacto ambiental al optimizar el consumo de energía y, potencialmente, ayudar en la detección y mitigación de fugas y emisiones . La inteligencia artificial también juega un papel importante en el monitoreo y la reducción de emisiones, lo que podría permitir estrategias más eficientes de captura y almacenamiento de carbono en el contexto de la producción de Vaca Muerta .

## **3. Recomendaciones Estratégicas para la Adopción y Desarrollo de IAGEN en Argentina:**

Para facilitar la adopción y el desarrollo de IAGEN para la predicción de reservas en Vaca Muerta, se proponen las siguientes recomendaciones estratégicas para el sector energético argentino:

- Establecer iniciativas nacionales de investigación y desarrollo con financiación específica para explorar y adaptar las tecnologías de IA, particularmente IAGEN, a las características geológicas únicas de Vaca Muerta.
- Fomentar colaboraciones sólidas entre las empresas energéticas argentinas, los proveedores de tecnología locales y las instituciones académicas para

impulsar la innovación y el intercambio de conocimientos en la aplicación de IAGEN.

- Desarrollar proyectos piloto en áreas seleccionadas de Vaca Muerta para evaluar la efectividad y la viabilidad económica de diferentes modelos y flujos de trabajo de IAGEN en condiciones operativas reales.
- Crear un marco regulatorio de apoyo y con visión de futuro que fomente la innovación y el despliegue responsable de la IA en el sector energético, abordando la privacidad de los datos, la seguridad y las consideraciones éticas.
- Invertir en programas integrales de educación y capacitación en universidades y escuelas de formación profesional para construir una fuerza laboral argentina calificada con experiencia en IA, ciencia de datos e ingeniería petrolera, específicamente adaptada a las necesidades de la industria energética.
- Promover el desarrollo de plataformas y protocolos de datos estandarizados dentro del sector energético argentino para garantizar la calidad, la interoperabilidad y la accesibilidad de los datos para aplicaciones de IA como IAGEN.

## **VIII. Conclusión**

El análisis presentado en este informe ampliado subraya el potencial transformador de la Inteligencia Artificial Generativa (IAGEN) para revolucionar la predicción de reservas de hidrocarburos en el yacimiento de Vaca Muerta. La capacidad de IAGEN para integrar grandes volúmenes de datos complejos, generar modelos dinámicos y proporcionar simulaciones probabilísticas ofrece una mejora significativa en la precisión, la eficiencia y la fiabilidad en comparación con los métodos tradicionales. Esta tecnología no solo promete optimizar las operaciones y reducir los costos, sino que también abre nuevas vías hacia una explotación más sostenible de los recursos energéticos de Argentina. La adopción y el desarrollo estratégico de IAGEN en Vaca Muerta son fundamentales para fortalecer la independencia energética del país, impulsar el crecimiento económico a través del aumento de la producción y las

exportaciones, y avanzar hacia un futuro energético más sostenible. La inteligencia artificial, y en particular IAGEN, jugará un papel fundamental en la configuración del futuro de la exploración y producción de hidrocarburos en Argentina, posicionándola como un líder en el panorama energético mundial a través de la innovación y el avance tecnológico.

#### Obras citadas

1. Argentina oil and gas sector: Vaca Muerta shale can drive near-term growth and fuel medium-term opportunities - Deloitte, fecha de acceso: marzo 18, 2025, <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/economy/americas/vaca-muerta-argentina-energy-sector-boom.html>
2. Vaca Muerta: An opportunity to respond to the global energy crisis - McKinsey & Company, fecha de acceso: marzo 18, 2025, <https://www.mckinsey.com/industries/oil-and-gas/our-insights/vaca-muerta-an-opportunity-to-respond-to-the-global-energy-crisis>
3. Vaca Muerta production prompts Argentina's largest energy trade surplus in nearly 20 years, fecha de acceso: marzo 18, 2025, <https://worldoil.com/news/2025/1/23/vaca-muerta-production-prompts-argentina-s-largest-energy-trade-surplus-in-nearly-20-years/>
4. A Review of AI Applications in Unconventional Oil and Gas Exploration and Development, fecha de acceso: marzo 18, 2025, <https://www.mdpi.com/1996-1073/18/2/391>
5. Unconventional Resources Technology Conference, 17–19 June 2024 - SEG Library, fecha de acceso: marzo 18, 2025, <https://library.seg.org/doi/book/10.15530/urtec2024>
6. Shale gas production evaluation framework based on data-driven models, fecha de acceso: marzo 18, 2025, <https://www.cup.edu.cn/petroleumscience/docs//2023-07/1b94247e6637492fae4093a5ec188f81.pdf>

7. (PDF) Machine Learning in Oil and Gas Exploration - A Review - ResearchGate, fecha de acceso: marzo 18, 2025, [https://www.researchgate.net/publication/377912614\\_Machine\\_Learning\\_in\\_Oil\\_and\\_Gas\\_Exploration\\_-\\_A\\_Review](https://www.researchgate.net/publication/377912614_Machine_Learning_in_Oil_and_Gas_Exploration_-_A_Review)
8. Machine Learning/AI in Oil & Gas - Novi Labs, fecha de acceso: marzo 18, 2025, <https://novilabs.com/machine-learning-in-oil-and-gas-industry/>
9. (PDF) Generative AI-driven forecasting of oil production - ResearchGate, fecha de acceso: marzo 18, 2025, [https://www.researchgate.net/publication/384366922\\_Generative\\_AI-driven\\_forecasting\\_of\\_oil\\_production](https://www.researchgate.net/publication/384366922_Generative_AI-driven_forecasting_of_oil_production)
10. Automated Production Forecasting Uses Novel Machine-Learning-Based Approach - JPT, fecha de acceso: marzo 18, 2025, <https://jpt.spe.org/automated-production-forecasting-uses-novel-machine-learning-based-approach>
11. (PDF) Estimation of Porosity and Volume of Shale using Artificial Intelligence, Case Study of Kashafud Gas Reservoir, NE Iran - ResearchGate, fecha de acceso: marzo 18, 2025, [https://www.researchgate.net/publication/376581012\\_Estimation\\_of\\_Porosity\\_and\\_Volume\\_of\\_Shale\\_using\\_Artificial\\_Intelligence\\_Case\\_Study\\_of\\_Kashafud\\_Gas\\_Reservoir\\_NE\\_Iran](https://www.researchgate.net/publication/376581012_Estimation_of_Porosity_and_Volume_of_Shale_using_Artificial_Intelligence_Case_Study_of_Kashafud_Gas_Reservoir_NE_Iran)
12. Machine learning-based fracturing parameter optimization for horizontal wells in Panke field shale oil - PubMed Central, fecha de acceso: marzo 18, 2025, <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10933261/>
13. AI in Oil and Gas Industry- Benefit, Use Cases, and Examples - Oyelabs, fecha de acceso: marzo 18, 2025, <https://oyelabs.com/ai-in-oil-and-gas-industry-use-cases-and-examples/>
14. Drilling Down: How AI is Changing the Future of Oil and Gas - Sand Technologies, fecha de acceso: marzo 18, 2025, <https://www.sandtech.com/insight/drilling-down-how-ai-is-changing-the-future-of->

[oil-and-gas/](#)

15. AI in Oil and Gas: Benefit and Use Cases - Apptunix, fecha de acceso: marzo 18, 2025, <https://www.apptunix.com/blog/artificial-intelligence-in-oil-and-gas-benefit-and-use-cases/>
16. Artificial Intelligence in the Oil and Gas Industry: Benefits & Use Cases - Ksolves, fecha de acceso: marzo 19, 2025, <https://www.ksolves.com/blog/artificial-intelligence/applications-in-oil-gas-industry>
17. Big Oil, Bigger Data: How AI Is Fueling a \$6 Trillion Industry's Transformation - FutureBridge, fecha de acceso: marzo 19, 2025, <https://www.futurebridge.com/industry/perspectives-energy/big-oil-bigger-data-how-ai-is-fueling-a-6-trillion-industrys-transformation/>
18. AI's Role in Oil and Gas Exploration | DW Energy Group, fecha de acceso: marzo 19, 2025, <https://www.dwenergygroup.com/ais-role-in-oil-and-gas-exploration/>
19. Artificial Intelligence in Oil and Gas: Benefit, Use Cases, Examples - Appinventiv, fecha de acceso: marzo 19, 2025, <https://appinventiv.com/blog/artificial-intelligence-in-oil-and-gas-industry/>
20. Fueling the Future: The Intersection of AI and the Oil & Gas Industry | Oliva Gibbs LLP, fecha de acceso: marzo 19, 2025, <https://www.jdsupra.com/legalnews/fueling-the-future-the-intersection-of-5255081/>
21. Harnessing AI for Enhanced Safety and Efficiency in the Oil and Gas Industry - Aiquiris, fecha de acceso: marzo 19, 2025, <https://www.aiquris.com/knowledgehub/harnessing-ai-for-enhanced-safety-and-efficiency-in-the-oil-and-gas-industry>
22. AI software development for oil and gas: A comprehensive guide - Blackthorn Vision, fecha de acceso: marzo 19, 2025,

<https://blackthorn-vision.com/blog/artificial-intelligence-software-development-for-oil-and-gas/>

23. How Can AI Revolutionize Risk Management in Oil & Gas? -- Datategy, fecha de acceso: marzo 19, 2025, <https://www.datategy.net/2024/01/03/how-can-ai-revolutionize-risk-management-in-oil-gas/>
24. AI in Oil and Gas: 7 Best Practices for Data Readiness - IPT Global, fecha de acceso: marzo 19, 2025, <https://iptglobal.com/blog/ai-in-oil-and-gas-7-best-practices-for-data-readiness/>
25. Argentina's approach to AI: 'Let's not overregulate ourselves' - BNamericas, fecha de acceso: marzo 19, 2025, <https://www.bnamericas.com/en/interviews/argentinas-approach-to-ai-lets-not-regulate-ourselves>
26. Maximizing the impact of AI in the oil and gas sector | EY - US, fecha de acceso: marzo 19, 2025, [https://www.ey.com/en\\_us/insights/oil-gas/maximizing-the-impact-of-ai-in-the-oil-and-gas-sector](https://www.ey.com/en_us/insights/oil-gas/maximizing-the-impact-of-ai-in-the-oil-and-gas-sector)
27. (PDF) Argentina's Potential in Artificial Intelligence - ResearchGate, fecha de acceso: marzo 19, 2025, [https://www.researchgate.net/publication/387172794\\_Argentina's\\_Potential\\_in\\_Artificial\\_Intelligence](https://www.researchgate.net/publication/387172794_Argentina's_Potential_in_Artificial_Intelligence)
28. Argentina - Information and Communications Technology - International Trade Administration, fecha de acceso: marzo 19, 2025, <https://www.trade.gov/country-commercial-guides/argentina-information-and-communications-technology>
29. Milei dreams of making Argentina the world's new AI powerhouse | Buenos Aires Times, fecha de acceso: marzo 19, 2025, <https://www.batimes.com.ar/news/argentina/argentina-an-intelligent-power-javier-mileis-ai-dreams.phtml>

30. AI in Oil and Gas: Future Trends & Use Cases - Moon Technolabs, fecha de acceso: marzo 20, 2025, <https://www.moontechnolabs.com/blog/ai-in-oil-and-gas/>
31. AI's Revolutionary Impact on Upstream Oil and Gas Transformation - IEEE Computer Society, fecha de acceso: marzo 20, 2025, <https://www.computer.org/publications/tech-news/trends/ai-impact-on-oil-and-gas/>
32. Point of View: The Impact of Generative AI on the Oil and Energy Sector - Prioriti AI, fecha de acceso: marzo 20, 2025, <http://prioriti.ai/point-of-view/point-of-view-the-impact-of-generative-ai-on-the-oil-and-energy-sector/>
33. Generative AI in Oil and Gas: Optimize Production, Safety, and Sustainability | SoftServe, fecha de acceso: marzo 20, 2025, <https://www.softserveinc.com/en-us/generative-ai/energy>
34. How Generative AI Driving Efficiency & sustainability in the Oil & Gas Industry - App Maisters, fecha de acceso: marzo 20, 2025, <https://www.appmaisters.com/generative-ai-driving-efficiency-and-sustainability-in-the-oil-gas-industry/>