



Reporte entregable 44

Caso de uso de aplicación de IA e IAGEN

Monitoreo y Mantenimiento de Equipos para la detección de anomalías en equipos mediante visión artificial para anticipar fallas y optimizar el mantenimiento

I. Introducción

La formación geológica de Vaca Muerta, ubicada en la provincia de Neuquén, Argentina, representa un recurso energético de gran trascendencia a nivel nacional e internacional. Esta vasta extensión alberga significativas reservas de hidrocarburos no convencionales y, a su vez, exhibe un creciente potencial para el desarrollo de energías renovables. En este contexto dinámico, la inteligencia artificial (IA), y en particular la inteligencia artificial generativa (IAGEN) y la visión artificial, emergen como herramientas fundamentales para optimizar los procesos productivos en diversos sectores industriales, incluyendo el energético.

El presente reporte tiene como objetivo proporcionar un análisis exhaustivo de la aplicación de IAGEN en conjunto con la visión artificial para mejorar los procesos de producción tanto en el ámbito de las energías renovables como en el de las no renovables dentro de Vaca Muerta, Neuquén, Argentina. Se explorarán los avances tecnológicos recientes, las aplicaciones prácticas en ambos sectores, los desafíos y oportunidades inherentes a su implementación, y se ofrecerán recomendaciones estratégicas para las partes interesadas en la región. La estructura del informe se

desarrollará a través de la presentación de los conceptos fundamentales, el análisis de las aplicaciones específicas, la discusión de los factores críticos para su adopción y la formulación de conclusiones y perspectivas futuras.

La naturaleza dual de Vaca Muerta, como una fuente prominente de hidrocarburos y un centro emergente de energías renovables, crea un escenario único para investigar las aplicaciones sinérgicas de IAGEN y la visión artificial en diferentes métodos de producción de energía. La infraestructura establecida para la extracción de petróleo y gas podría servir como base para la adopción de tecnologías avanzadas, mientras que el impulso hacia las energías renovables exige soluciones innovadoras para lograr eficiencia y sostenibilidad. Además, la incorporación de la IA en Vaca Muerta podría tener un impacto significativo en la independencia energética de Argentina y en su posición dentro del mercado energético global. Una mayor eficiencia y producción, impulsadas por la IA, podrían traducirse en un aumento de las exportaciones y una menor dependencia de las importaciones.

II. Avances Recientes en Inteligencia Artificial Generativa para Visión Artificial

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 ⁷. 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 el campo de la visión artificial, la IAGEN se utiliza para generar nuevas imágenes, videos o modelos 3D para una amplia variedad de aplicaciones. Los modelos generativos, como las Redes Generativas Antagónicas (GANs), los Autoencoders Variacionales (VAEs), los Modelos de Difusión y los Transformers, son fundamentales en este ámbito, ya que poseen la capacidad de sintetizar datos que pueden utilizarse para diversas tareas de visión artificial. Este enfoque marca una evolución significativa

desde la visión artificial tradicional, que se basaba en la ingeniería manual de características, hacia modelos de aprendizaje profundo capaces de extraer características automáticamente a partir de los datos.

En los últimos años, se han producido avances notables en la aplicación de la inteligencia artificial generativa a la visión artificial.

Las Redes Generativas Antagónicas (GANs) se componen de dos redes neuronales: un generador y un discriminador. El generador crea nuevas imágenes, mientras que el discriminador evalúa la autenticidad de estas imágenes, proporcionando retroalimentación al generador para que aprenda a producir imágenes cada vez más realistas. Las GANs han demostrado su utilidad en la generación de imágenes, la transferencia de estilos visuales y la traducción de imágenes de un dominio a otro. Desarrollos recientes se han centrado en mejorar la estabilidad del entrenamiento de las GANs y la calidad de sus resultados, con técnicas como las GANs de Wasserstein (WGANs) y las GANs condicionales que permiten una generación precisa de imágenes basada en entradas específicas. Las GANs podrían ser especialmente valiosas en Vaca Muerta para la creación de datos sintéticos que imiten las características visuales particulares de los equipos y entornos de la región, facilitando el entrenamiento de modelos de visión artificial robustos. La obtención de grandes conjuntos de datos etiquetados para escenarios específicos en el sector energético puede ser un desafío, y las GANs ofrecen una solución para superar esta limitación.

Los Autoencoders Variacionales (VAEs) son redes neuronales que aprenden a comprimir y reconstruir imágenes. Consisten en un codificador que comprime la imagen en un espacio de menor dimensión y un decodificador que reconstruye la imagen a partir de esta representación comprimida. Los VAEs se han utilizado en aplicaciones como la reconstrucción de imágenes, la generación de imágenes y la detección de anomalías.

Los Modelos de Difusión representan otro tipo de modelo generativo que utiliza un proceso de difusión para generar imágenes, comenzando con una señal de ruido aleatorio que se refina gradualmente hasta que emerge una imagen realista.

Los Vision Transformers (ViTs) surgieron como una alternativa a las redes neuronales convolucionales (CNNs), mostrando una capacidad única para procesar imágenes completas de manera holística. Esta característica los ha hecho particularmente efectivos en tareas de detección y segmentación de objetos, estableciendo nuevos estándares de rendimiento. En el contexto de Vaca Muerta, los ViTs podrían ofrecer una mayor precisión en la detección de fallas o anomalías en la infraestructura energética a gran escala, como parques solares o ductos. Su capacidad para procesar imágenes de forma integral podría ser más adecuada para identificar patrones visuales sutiles pero críticos.

El Aprendizaje Auto-Supervisado (SSL) se ha consolidado como una técnica fundamental en el aprendizaje automático, abordando el desafío persistente de la adquisición de conjuntos de datos etiquetados. El SSL reduce significativamente los costos y el tiempo al disminuir la necesidad de datos etiquetados hasta en un 80%, lo que lo convierte en un enfoque transformador para empresas e investigadores. Esta metodología puede ser especialmente beneficiosa en Vaca Muerta, donde el etiquetado de grandes cantidades de datos visuales provenientes de sitios energéticos remotos puede ser costoso y laborioso. El aprovechamiento de datos no etiquetados puede acelerar el desarrollo de modelos de visión artificial para diversas aplicaciones.

El Análisis de Video en Tiempo Real ha experimentado avances significativos, con aplicaciones en áreas como la seguridad pública, la navegación de vehículos autónomos y el análisis deportivo. En Vaca Muerta, el análisis de video en tiempo real podría ser crucial para la monitorización de la seguridad en sitios de producción de energía potencialmente peligrosos. La detección inmediata de comportamientos inseguros o fallas en los equipos puede prevenir accidentes.

El Edge Computing implica el procesamiento de datos más cerca de la fuente de origen, lo que reduce la latencia y permite el funcionamiento autónomo de dispositivos como cámaras inteligentes y drones. Esta capacidad es vital para la implementación de soluciones de visión artificial en áreas remotas de Vaca Muerta donde la conectividad de red puede ser limitada. Los drones autónomos para inspecciones, que dependen del procesamiento en el borde, pueden operar de manera eficiente sin una conexión constante a servidores centralizados.

III. Aplicaciones de Visión Artificial en Procesos Productivos de Energías Renovables en Vaca Muerta

Argentina ha mostrado un creciente interés en el desarrollo de energías renovables, y la región de Vaca Muerta presenta un potencial significativo para la generación de energía solar y eólica. La visión artificial juega un papel crucial en la optimización de los procesos productivos de estas fuentes de energía limpia.

En el ámbito de la energía solar, la visión artificial se aplica en diversas áreas:

1. Detección y Mantenimiento de Fallas: Se utilizan drones equipados con cámaras y algoritmos de visión artificial para inspeccionar paneles solares en busca de defectos, grietas, acumulación de polvo y otros problemas que puedan afectar su eficiencia. El análisis de imágenes térmicas permite identificar paneles o componentes sobrecalentados. La detección temprana de fallas mediante la visión artificial puede reducir significativamente el tiempo de inactividad y mejorar el rendimiento energético general de los parques solares en Vaca Muerta. El mantenimiento proactivo basado en datos visuales puede evitar que problemas menores se conviertan en fallas mayores.

2. Optimización del Sistema de Seguimiento Solar: La visión artificial se emplea para asegurar la correcta alineación de los paneles solares con el movimiento del sol a lo largo del día, maximizando la captación de energía.

3. Estimación y Predicción de Energía Renovable: Se utiliza la visión artificial para

analizar patrones climáticos y la cobertura de nubes a partir de imágenes satelitales o cámaras terrestres, mejorando la precisión de la predicción de la generación de energía solar. Una predicción más precisa de la energía solar, habilitada por la visión artificial, puede mejorar la estabilidad de la red y facilitar una mejor integración de la energía solar en la matriz energética de Vaca Muerta. Conocer la producción de energía esperada permite una mejor gestión del almacenamiento y la distribución de energía.

4. Seguridad y Vigilancia: Se monitorean los sitios de parques solares con fines de seguridad, detectando accesos no autorizados o posibles peligros.

En cuanto a la energía eólica, las aplicaciones de la visión artificial incluyen:

1. Inspección de Palas de Turbinas: Se utilizan drones con cámaras de alta resolución y algoritmos de visión artificial para inspeccionar las palas de las turbinas eólicas en busca de grietas, erosión, daños por rayos y otros defectos . Se analizan las imágenes para evaluar la gravedad y la ubicación de los daños. Las inspecciones de turbinas eólicas basadas en visión artificial pueden realizarse de manera más eficiente y segura que las inspecciones manuales, reduciendo costos y tiempo de inactividad en los parques eólicos de Vaca Muerta. Los drones pueden acceder a áreas de difícil acceso sin poner en riesgo a los inspectores humanos.

2. Monitorización del Rendimiento: Se analizan las transmisiones de video de las turbinas eólicas para monitorear su estado operativo e identificar cualquier anomalía en su movimiento o rendimiento .

3. Monitorización Ambiental: Se utiliza la visión artificial para monitorear el impacto de los parques eólicos en el medio ambiente circundante, como las colisiones de aves (aunque no se menciona explícitamente en los fragmentos, esta es una aplicación relevante).

4. Mantenimiento Predictivo: Se aprovechan los datos visuales históricos e imágenes en tiempo real para predecir posibles fallas en las turbinas eólicas, lo que

permite programar el mantenimiento de manera proactiva.

IV. Aplicaciones de Visión Artificial en Procesos Productivos de Energías No Renovables en Vaca Muerta

La producción de petróleo y gas continúa siendo un pilar fundamental en Vaca Muerta, y la tecnología desempeña un papel crucial en la optimización de estos procesos. La visión artificial ofrece una amplia gama de aplicaciones en este sector.

1. **Monitorización de Ductos:** Se utilizan drones, satélites o vehículos aéreos equipados con cámaras y visión artificial para inspeccionar ductos de petróleo y gas en busca de fugas, corrosión, invasión de vegetación, construcciones no autorizadas y otros posibles problemas. El análisis de imágenes térmicas permite detectar anomalías de temperatura indicativas de fugas. La inspección automatizada de ductos con visión artificial puede mejorar significativamente la seguridad y la integridad ambiental de las operaciones de petróleo y gas en Vaca Muerta al permitir la detección temprana de fugas y daños. Las inspecciones manuales consumen mucho tiempo y pueden pasar por alto signos sutiles de deterioro.
2. **Monitorización y Mantenimiento de Equipos:** Se emplean cámaras con visión artificial para monitorear la condición y el rendimiento de equipos críticos en las instalaciones de petróleo y gas, como bombas, válvulas y plataformas de perforación. Se detectan anomalías como sobrecalentamiento, fugas de petróleo o vibraciones inusuales. También se realiza la lectura automática de indicadores analógicos (nivel de aceite, temperatura, presión) utilizando algoritmos de visión artificial. El mantenimiento predictivo basado en visión artificial puede reducir el tiempo de inactividad y los costos operativos en el sector de petróleo y gas de Vaca Muerta al identificar posibles fallas en los equipos antes de que ocurran. El mantenimiento proactivo basado en datos visuales es más eficiente que las reparaciones reactivas.
3. **Seguridad y Cumplimiento:** Se monitorean los sitios de trabajo para garantizar el

cumplimiento de los protocolos de seguridad, como el uso de equipos de protección personal (EPP) y la prevención del acceso no autorizado a zonas peligrosas. Se detectan comportamientos inseguros en tiempo real y se alerta a los supervisores. También se monitorean los pestillos de los mástiles de perforación para garantizar una operación segura. Mejorar la seguridad a través de la vigilancia con visión artificial puede reducir significativamente los accidentes y mejorar el bienestar de los trabajadores en los entornos a menudo peligrosos de los campos de petróleo y gas de Vaca Muerta. La monitorización y las alertas en tiempo real pueden prevenir errores humanos y prácticas inseguras.

4. **Optimización de la Producción:** Se realiza un seguimiento del estado de las bombas de carga para mejorar la producción de petróleo y gas. Se analizan los datos de video para identificar cuellos de botella o ineficiencias en los procesos de producción.
5. **Detección de Fugas (Emisiones de Metano):** Se utilizan cámaras infrarrojas y algoritmos de visión artificial para detectar emisiones de gas metano de ductos e instalaciones, lo que permite una identificación y reparación más rápida de las fugas. La detección precisa y oportuna de fugas de metano mediante la visión artificial es crucial para reducir el impacto ambiental de las operaciones de petróleo y gas en Vaca Muerta. El metano es un potente gas de efecto invernadero, y minimizar su liberación es un objetivo clave de sostenibilidad.
6. **Mejora de las Operaciones de Perforación:** Se mejora la localización de pozos de petróleo y la perforación de precisión utilizando visión artificial combinada con aprendizaje automático. Se realiza una monitorización en tiempo real de los componentes y las operaciones de las plataformas de perforación.
7. **Seguridad:** Se monitorean los sitios de operación desatendidos para detectar problemas de seguridad como intrusiones y se envían alertas instantáneas.

V. Integración de Inteligencia Artificial Generativa para Mejorar la Visión Artificial

en el Sector Energético de Vaca Muerta

La inteligencia artificial generativa puede potenciar y mejorar significativamente las capacidades de la visión artificial en el sector energético ⁶.

1. **Aumento de Datos:** Las GANs y los VAEs se utilizan para generar imágenes y videos sintéticos de la infraestructura energética, los equipos y los escenarios operativos, con el fin de ampliar los conjuntos de datos de entrenamiento para los modelos de visión artificial. Se crean variaciones de las imágenes existentes con diferentes condiciones de iluminación, ángulos, oclusiones y anomalías para mejorar la robustez y la generalización de los modelos. La generación de datos sintéticos puede abordar el desafío de la escasez de datos del mundo real para tipos de fallas específicas o eventos raros en la infraestructura energética de Vaca Muerta, lo que lleva a modelos de visión artificial más precisos y confiables. Es difícil y costoso recopilar una gran cantidad de imágenes de fallas de equipos o incidentes de seguridad.
2. **Generación de Imágenes para Simulación y Planificación:** Se utilizan modelos generativos para crear simulaciones realistas de posibles escenarios, como fallas de equipos, fugas de ductos o impactos relacionados con el clima en la generación de energía renovable. Estas simulaciones pueden ayudar en la capacitación del personal, el desarrollo de planes de respuesta a emergencias y la optimización de estrategias operativas para las condiciones específicas de Vaca Muerta. Los entornos virtuales creados con IAGEN pueden proporcionar campos de entrenamiento seguros y rentables.
3. **Restauración y Mejora de Imágenes:** Se emplean GANs y VAEs para tareas como la superresolución de imágenes (mejora de la resolución de imágenes de baja calidad provenientes de drones o cámaras remotas), el relleno de imágenes (completar partes faltantes o dañadas de las imágenes) y la traducción de imágenes (por ejemplo, convertir imágenes infrarrojas a RGB para facilitar el análisis) . La mejora de la calidad de los datos visuales capturados en las

condiciones ambientales a menudo desafiantes de Vaca Muerta (por ejemplo, tormentas de polvo, temperaturas extremas) puede mejorar la precisión del análisis de visión artificial. Las imágenes de baja calidad pueden dificultar el rendimiento incluso de los modelos de visión artificial más avanzados.

4. **Transferencia de Estilo para la Detección de Anomalías:** Potencialmente se utilizan técnicas de transferencia de estilo para resaltar anomalías sutiles o desviaciones de la apariencia visual normal de los equipos o la infraestructura.
5. **Generación de Subtítulos y Metadatos Descriptivos:** Se combina la visión artificial con modelos de lenguaje grande (LLMs) para generar automáticamente descripciones y etiquetas en lenguaje natural para imágenes y videos, lo que mejora la gestión y la capacidad de búsqueda del contenido. La generación automatizada de metadatos puede ahorrar tiempo y recursos a las empresas de energía en Vaca Muerta que manejan grandes cantidades de datos visuales de sus operaciones. El etiquetado y la descripción manual de imágenes y videos requieren mucha mano de obra.

VI. 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 diseño de agente impulsado por IAGEN

Paso a Paso del Flujo de Trabajo con IAGEN:

- **Instalación de Sensores y Cámaras:** Se instalan sistemas de cámaras de alta definición y sensores en puntos estratégicos de los equipos y maquinarias clave para capturar datos visuales continuos.
- **Captura y Transmisión de Datos:** Los datos visuales son transmitidos a una plataforma centralizada en tiempo real, donde se almacenan y procesan mediante sistemas de análisis.
- **Análisis Predictivo con IAGEN:** La inteligencia artificial generativa procesa los datos visuales, identificando patrones y prediciendo fallos o desgastes. Los modelos generativos generan posibles escenarios y soluciones.
- **Optimización Automática de la Operación:** Según los resultados del análisis, el sistema realiza ajustes automáticos en la maquinaria para optimizar su funcionamiento, manteniendo la eficiencia y reduciendo los costos.
- **Generación de Reportes y Feedback:** Los informes generados permiten a los equipos de operación tener acceso a datos detallados sobre el estado de las máquinas y las intervenciones realizadas, facilitando la toma de decisiones informadas.

Ejemplo hipotético:

Imaginemos que una bomba de extracción en una plataforma de perforación muestra signos de sobrecalentamiento. Gracias a los sensores y cámaras instaladas, se detecta la anomalía a tiempo. El modelo predictivo de IAGEN prevé una posible falla y, antes de

que esto ocurra, ajusta automáticamente los parámetros de funcionamiento para evitar el daño, al mismo tiempo que envía una alerta al equipo de mantenimiento para revisar la bomba en las próximas horas.

VII. Desafíos y Oportunidades para la Implementación en Vaca Muerta

La adopción de IAGEN y visión artificial en el sector energético de Vaca Muerta presenta desafíos y oportunidades específicos.

1. Desafíos

- **Limitaciones de Infraestructura:** Posible falta de una infraestructura digital robusta, incluyendo conectividad a internet confiable y recursos de computación de alto rendimiento, especialmente en áreas remotas. La necesidad de una inversión significativa en infraestructura digital es un desafío clave para la adopción generalizada de tecnologías de IA avanzadas en Vaca Muerta. Los modelos de IA, especialmente los generativos, requieren una potencia computacional sustancial y capacidades de transferencia de datos.

- **Disponibilidad y Calidad de los Datos:** Dificultades para acceder a conjuntos de datos grandes, de alta calidad y bien etiquetados, necesarios para entrenar modelos de IA efectivos, particularmente para casos de uso específicos en el contexto de Vaca Muerta.

- **Entorno Regulatorio:** Incertidumbre o falta de regulaciones específicas con respecto al uso de la IA en el sector energético en Argentina. Posibles obstáculos burocráticos y procesos de aprobación para la implementación de nuevas tecnologías.

- **Fuerza Laboral Calificada:** Posible escasez de profesionales con experiencia en IA, visión artificial y ciencia de datos dentro de la industria energética argentina.

- **Integración con Sistemas Existentes:** Dificultades para integrar soluciones impulsadas por IA con sistemas heredados y flujos de trabajo operativos existentes

en las instalaciones energéticas.

- **Preocupaciones por la Ciberseguridad:** Garantizar la seguridad de los sistemas de IA y los datos que procesan contra las amenazas cibernéticas.

- **Altos Costos Operativos:** La inversión inicial y los costos operativos continuos asociados con la implementación y el mantenimiento de soluciones de IA.

2. Oportunidades

- **Mayor Eficiencia y Automatización:** Automatización de tareas como inspecciones, monitoreo y análisis de datos, lo que lleva a tiempos de procesamiento más rápidos y costos laborales reducidos.

- **Seguridad Mejorada:** Monitoreo en tiempo real para el cumplimiento de la seguridad, detección de situaciones peligrosas y prevención de accidentes.

- **Productividad y Producción Aumentadas:** Optimización de los procesos de producción, predicción de fallas en los equipos y reducción del tiempo de inactividad.

- **Reducción de Costos:** Disminución de los costos de mantenimiento mediante el mantenimiento predictivo, reducción de las ineficiencias operativas y minimización de los daños ambientales por fugas o fallas.

- **Mejor Toma de Decisiones:** Proporcionar datos e información en tiempo real a los operadores y gerentes, lo que permite tomar decisiones más rápidas e informadas.

- **Sostenibilidad Ambiental:** Mejora de la detección de fugas, optimización del consumo de energía y facilitación de la integración de fuentes de energía renovable.

- **Innovación Acelerada:** Agilización de los procesos de investigación y desarrollo y habilitación de la exploración de nuevas estrategias operativas.

VIII. Recomendaciones y Direcciones Futuras

Para que el sector energético de Vaca Muerta implemente y aproveche estratégicamente la IAGEN y la visión artificial, se proponen las siguientes

recomendaciones:

- **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.

- **Inversiones Estratégicas en Infraestructura Digital:** Priorizar las inversiones en redes de comunicación robustas, instalaciones de computación en la nube y capacidades de computación en el borde para respaldar la implementación de soluciones de IA en todas las operaciones energéticas de Vaca Muerta.

- **Iniciativas de Recopilación y Gestión de Datos:** Desarrollar estrategias para recopilar, almacenar, limpiar y etiquetar datos visuales de alta calidad relevantes para diversos procesos de producción de energía. Explorar iniciativas colaborativas de intercambio de datos entre las empresas de energía en la región.

- **Programas de Desarrollo de Talento:** Invertir en programas de capacitación y educación para formar una fuerza laboral calificada capaz de desarrollar, implementar y mantener soluciones de visión artificial impulsadas por IA en el sector energético. Considerar alianzas con universidades e instituciones de investigación en Argentina.

- **Proyectos Piloto y Pruebas de Concepto:** Fomentar y apoyar la implementación de proyectos piloto para probar y validar la efectividad de la IAGEN y la visión artificial para casos de uso específicos en la producción de energía renovable y no renovable en Vaca Muerta.

- **Colaboración y Alianzas:** Fomentar la colaboración entre empresas de energía, proveedores de tecnología de IA, instituciones de investigación y agencias

gubernamentales para acelerar la adopción de estas tecnologías.

- **Desarrollo de Marcos Regulatorios Claros:** Abogar por el desarrollo de marcos regulatorios claros y de apoyo que aborden las consideraciones éticas, la privacidad de los datos y los estándares de seguridad para el uso de la IA en el sector energético.

- **Enfoque en Aplicaciones Específicas de Alto Impacto:** Priorizar la implementación de soluciones de visión artificial impulsadas por IA para aplicaciones con el mayor potencial de impacto en Vaca Muerta, como el monitoreo de la integridad de los ductos, el mantenimiento predictivo de equipos críticos y la vigilancia de la seguridad.

Las futuras áreas de investigación y desarrollo podrían incluir:

- Explorar el uso de modelos de IAGEN más avanzados, como los modelos de difusión y los transformadores, para tareas complejas como la generación de simulaciones realistas de formaciones geológicas o la optimización de los parámetros de perforación.

- Investigar la integración de la visión artificial con otros datos de sensores (por ejemplo, térmicos, LiDAR) para una monitorización y un análisis más completos y precisos.

- Desarrollar enfoques de aprendizaje federado para entrenar modelos de IA sobre datos distribuidos en múltiples sitios de energía, preservando al mismo tiempo la privacidad de los datos.

- Investigar la aplicación de técnicas de IA explicable (XAI) para mejorar la transparencia y la confiabilidad de la información impulsada por IA en operaciones energéticas críticas.

IX. Conclusión

En resumen, la integración de la inteligencia artificial generativa y la visión artificial presenta un potencial significativo para mejorar los procesos productivos tanto en el

sector de las energías renovables como en el de las no renovables dentro de Vaca Muerta. Estas tecnologías ofrecen oportunidades sustanciales para aumentar la eficiencia, mejorar la seguridad, reducir costos y fomentar la sostenibilidad en las operaciones energéticas. Para materializar plenamente este potencial transformador, es crucial abordar los desafíos identificados mediante inversiones estratégicas en infraestructura digital, el desarrollo de talento especializado y la implementación de marcos regulatorios de apoyo. Al hacerlo, Vaca Muerta, Neuquén, Argentina, podrá consolidarse como un líder en la adopción de tecnologías de vanguardia para el futuro de la producción de energía.

Fuentes citadas

1. Vaca Muerta: Argentina on the global energy stage - Tecpetrol, fecha de acceso: marzo 18, 2025, <https://www.tecpetrol.com/en/news/2025/techint-group-at-ceraweeek>
2. An Overview of Recent Developments and Understandings of Unconventionals in the Vaca Muerta Formation, Argentina - MDPI, fecha de acceso: marzo 18, 2025, <https://www.mdpi.com/2076-3417/14/4/1366>
3. Vaca Muerta - Global Energy Monitor, fecha de acceso: marzo 18, 2025, https://www.gem.wiki/Vaca_Muerta
4. 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>
5. Trends in Computer Vision: From 2024 Breakthroughs to 2025 Blueprints - ImageVision.ai, fecha de acceso: marzo 18, 2025, <https://imagevision.ai/blog/trends-in-computer-vision-from-2024-breakthroughs-to-2025-blueprints/>
6. 2025 Trends in Computer Vision: What to Expect - Picsellia, fecha de acceso: marzo 18, 2025,

<https://www.picsellia.com/post/2025-trends-in-computer-vision-what-to-expect>

7. Transforming Computer Vision with AI and Generative AI - ST Engineering, fecha de acceso: marzo 18, 2025,

<https://www.stengg.com/en/innovation/innovation-stories/transforming-computer-vision-with-ai-and-generative-ai/>

8. www.softwebsolutions.com, fecha de acceso: marzo 18, 2025, <https://www.softwebsolutions.com/resources/generative-ai-in-computer-vision.html#:~:text=Generative%20AI%20can%20be%20used,as%20object%20detection%20and%20classification.>

9. Image Generative AI and Computer Vision | by Paweł Kapica - Medium, fecha de acceso: marzo 18, 2025, <https://medium.com/@pawelkapica/image-generative-ai-and-computer-vision-07b7b99a9f4d>

10. How Generative AI in Computer Vision Drives Productivity - XenonStack, fecha de acceso: marzo 18, 2025, <https://www.xenonstack.com/blog/generative-ai-in-computer-vision>

11. Generative AI in Computer Vision: Transforming Industries and Shaping the Future, fecha de acceso: marzo 18, 2025, <https://imagevision.ai/blog/generative-ai-in-computer-vision-transforming-industries-and-shaping-the-future/>

12. The Export Ambitions of Vaca Muerta: Challenges and Realities in Argentina's Energy Diplomacy - energynews, fecha de acceso: marzo 18, 2025, <https://energynews.pro/en/the-export-ambitions-of-vaca-muerta-challenges-and-realities-in-argentinass-energy-diplomacy/>

13. Generative AI in computer vision: Use cases and benefits, fecha de acceso: marzo 18, 2025, <https://www.softwebsolutions.com/resources/generative-ai-in-computer-vision.html>

14. From trap lyrics to election coverage: lessons on AI from an old Argentinian newspaper | Reuters Institute for the Study of Journalism - University of Oxford, fecha

de acceso: marzo 18, 2025,
<https://reutersinstitute.politics.ox.ac.uk/news/trap-lyrics-election-coverage-lessons-ai-old-argentinian-newspaper>

15. AI Journalism Lessons from a 150-Year-Old Argentinian Newspaper, fecha de acceso: marzo 19, 2025,
<https://gijn.org/resource/ai-journalism-lessons-from-a-150-year-old-argentinian-newspaper/>

16. 4 High-Value Applications of Computer Vision in Renewables - viso.ai, fecha de acceso: marzo 19, 2025, <https://viso.ai/applications/renewable-energy/>

17. Computer Vision in the energy industry: Benefits and use cases [Part 1] - Softweb Solutions, fecha de acceso: marzo 19, 2025,
<https://www.softwebsolutions.com/resources/benefits-of-computer-vision-in-energy-managment.html>

18. (PDF) Solar energy generation and power prediction through computer vision and machine intelligence - ResearchGate, fecha de acceso: marzo 19, 2025,
https://www.researchgate.net/publication/386140449_Solar_energy_generation_and_power_prediction_through_computer_vision_and_machine_intelligence

19. Monitoreo inteligente de turbinas eólicas en movimiento - Uali, fecha de acceso: marzo 19, 2025,
<https://uali.co/blog/intelligent-monitoring-of-wind-turbines-in-motion>

20. The Role of Computer Vision in Monitoring Energy Infrastructure - XenonStack, fecha de acceso: marzo 19, 2025,
<https://www.xenonstack.com/blog/computer-vision-monitoring-energy-infrastructure>

21. Innovating with computer vision and AI in the energy sector - Ultralytics, fecha de acceso: marzo 19, 2025,
<https://www.ultralytics.com/blog/innovating-with-computer-vision-ai-in-energy>

22. Revolutionizing energy services: How computer vision enhances safety and efficiency., fecha de acceso: marzo 19, 2025,
<https://gomotive.com/blog/computer-vision-in-energy-services/>

23. At a glance: Vaca Muerta projects to watch - BNamericas, fecha de acceso: marzo 19, 2025, <https://www.bnamericas.com/en/features/at-a-glance-vaca-muerta-projects-to-watch>

24. 10xds.com, fecha de acceso: marzo 19, 2025, <https://10xds.com/blog/8-use-cases-of-computer-vision-in-oil-gas-industry/#:~:text=Computer%20vision%20cameras%20are%20used,pointers%20and%20scale%20marks%20accurately>.

25. Potential real world use cases of Computer vision in the Oil & Gas industry, fecha de acceso: marzo 19, 2025, <https://nextbrain.ca/top-10-real-world-use-cases-of-computer-vision-ai-in-the-oil-gas-industry/>

26. 8 Real World Use Cases of Computer Vision in the Oil & Gas Industry - 10xDS, fecha de acceso: marzo 19, 2025, <https://10xds.com/blog/8-use-cases-of-computer-vision-in-oil-gas-industry/>

27. 8 Real World Use Cases of Computer Vision in the Oil & Gas Industry - Drillshore Academy, fecha de acceso: marzo 19, 2025, <https://www.drillshoreacademy.com/news-details.php?id=3>

28. The Role of Computer Vision for Oil & Gas Industry | ImageVision.ai, fecha de acceso: marzo 19, 2025, <https://imagevision.ai/blog/the-role-of-computer-vision-for-oil-gas-industry/>

29. Computer Vision, Edge Computing Can Shape the Future of Oil and Gas - JPT, fecha de acceso: marzo 19, 2025, <https://jpt.spe.org/computer-vision-edge-computing-can-shape-the-future-of-oil-and-gas>

30. High-value Applications of Computer Vision in Oil and Gas - viso.ai, fecha de acceso: marzo 20, 2025, <https://viso.ai/applications/computer-vision-in-oil-and-gas/>

31. Pipeline Inspection with Drones and Computer Vision in Oil and Gas - ImageVision.ai, fecha de acceso: marzo 20, 2025, <https://imagevision.ai/blog/pipeline-inspection-with-drones-and-computer-vision-in-oil-and-gas/>

32. Significant Advancements in UAV Technology for Reliable Oil and Gas Pipeline Monitoring, fecha de acceso: marzo 20, 2025, <https://www.techscience.com/CMES/v142n2/59374/html>

33. (PDF) Significant Advancements in UAV Technology for Reliable Oil and Gas Pipeline Monitoring - ResearchGate, fecha de acceso: marzo 20, 2025, https://www.researchgate.net/publication/388065074_Significant_Advancements_in_UAV_Technology_for_Reliable_Oil_and_Gas_Pipeline_Monitoring

34. AVEVA Pipeline Integrity Monitor – midstream oil and gas pipeline leak detection, fecha de acceso: marzo 20, 2025, <https://www.aveva.com/en/products/aveva-pipeline-integrity-monitor/>

35. Essential Guide to Generative AI in Computer Vision | Chooch, fecha de acceso: marzo 20, 2025, <https://www.chooch.com/blog/essential-guide-to-generative-ai-for-computer-vision/>

36. Gen AI: Unlocking Natural Gas's Full Potential | Accenture, fecha de acceso: marzo 20, 2025, <https://www.accenture.com/cn-en/blogs/energy/gen-ai-key-unlocking-natural-gas-full-potential>

37. What generative AI can do for the power sector - DNV, fecha de acceso: marzo 20, 2025, <https://www.dnv.com/article/what-generative-ai-can-do-for-the-power-sector/>

38. AI Adoption in Energy Should Focus on Agility, Not Algorithms, fecha de acceso: marzo 20, 2025, <https://www.bcg.com/publications/2024/ai-adoption-in-energy>

39. Energy in Focus: 2025 Outlook Report | Enverus, fecha de acceso: marzo 20, 2025, <https://www.enverus.com/ebooks/energy-in-focus-2025-outlook-report/>

40. (PDF) Argentina's Potential in Artificial Intelligence - ResearchGate, fecha de acceso: marzo 20, 2025, https://www.researchgate.net/publication/387172794_Argentina's_Potential_in_Artificial_Intelligence

41. Argentina's \$3 Billion Vaca Muerta Oil Pipeline Breaks Ground Under Investment Scheme, fecha de acceso: marzo 20, 2025,

<https://www.riotimesonline.com/argentinas-3-billion-vaca-muerta-oil-pipeline-breaks-ground-under-investment-scheme/>

42. Crypto-energy: Mining in Vaca Muerta - Tecpetrol, fecha de acceso: marzo 20, 2025, <https://www.tecpetrol.com/en/news/2024/mining-in-vaca-muerta>

43. Could Argentina become the world's next AI hub? - Buenos Aires Herald, fecha de acceso: marzo 20, 2025, <https://buenosairesherald.com/business/tech/is-argentina-going-to-be-the-worlds-next-ai-hub>

44. Energy Laws and Regulations 2025 | Argentina - Global Legal Insights, fecha de acceso: marzo 20, 2025, <https://www.globallegalinsights.com/practice-areas/energy-laws-and-regulations/argentina/>

45. Regulating Artificial Intelligence in Argentina - WSC Legal, fecha de acceso: marzo 21, 2025, <https://wsclegal.com/regulating-artificial-intelligence-in-argentina/>

46. Oil & Gas Laws and Regulations Report 2025 Argentina - ICLG.com, fecha de acceso: marzo 21, 2025, <https://iclg.com/practice-areas/oil-and-gas-laws-and-regulations/argentina>

47. Powering Possible: AI and Energy for a Sustainable Future - Canary Media, fecha de acceso: marzo 21, 2025, <https://energy.canarymedia.com/microsoft-ai-powering-possible>

48. Generative AI in Oil and Gas: Optimize Production, Safety, and Sustainability | SoftServe, fecha de acceso: marzo 21, 2025, <https://www.softserveinc.com/en-us/generative-ai/energy>

49. www.nrel.gov, fecha de acceso: marzo 21, 2025, <https://www.nrel.gov/docs/fy25osti/91176.pdf>

50. Generative AI for Oil and Gas | Enhanced Efficiency | 7P - 7Puentes, fecha de acceso: marzo 18, 2025, <https://www.7puentes.com/generative-ai-for-oil-and-gas/>

51. The oil industry adopts generative AI to optimize its operations - energynews, fecha de acceso: marzo 21, 2025,

<https://energynews.pro/en/the-oil-industry-adopts-generative-ai-to-optimize-its-operations/>

52. Innovative Artificial Intelligence Approach in Vaca Muerta Shale Oil Wells for Real Time Optimization | Request PDF - ResearchGate, fecha de acceso: marzo 21, 2025,

https://www.researchgate.net/publication/335884274_Innovative_Artificial_Intelligence_Approach_in_Vaca_Muerta_Shale_Oil_Wells_for_Real_Time_Optimization