



Reporte entregable 14

Caso de uso de aplicación de IA e IAGEN

Actividades de optimización de energía - eficiencia energética - protocolos y guías para optimización energética

I. Introducción

Vaca Muerta es una de las principales formaciones de hidrocarburos no convencionales en el mundo, situada en la provincia de Neuquén, Argentina. Con reservas significativas de gas y petróleo de esquisto, la explotación de estos recursos ha impulsado el desarrollo industrial y energético de la región, generando una alta demanda de consumo energético en sus operaciones.

Las actividades de exploración y producción en Vaca Muerta involucran procesos de extracción, transporte y refinamiento, los cuales requieren grandes volúmenes de energía. En este contexto, la optimización del consumo energético no solo contribuye a reducir costos operacionales, sino que también permite mejorar la eficiencia y disminuir el impacto ambiental de la industria.

La aplicación de Inteligencia Artificial Generativa (IAGEN) ofrece una solución innovadora para este problema. Mediante el análisis de datos en tiempo real y la generación de modelos predictivos, la IAGEN permite desarrollar protocolos dinámicos para mejorar la eficiencia energética en cada fase del proceso industrial.

II. Aplicación de la IAGEN en la Optimización de Energía

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 implementación de IAGEN en la optimización energética en Vaca Muerta implica la recopilación y análisis de datos operacionales de diferentes fuentes, incluyendo sensores IoT, sistemas SCADA y registros históricos. A partir de estos datos, los modelos de IA generativa pueden:

- Identificar patrones de consumo energético y detectar oportunidades de mejora.
- Optimizar la configuración y operación de equipos como bombas, compresores y turbinas para reducir el consumo sin afectar la productividad.
- Generar protocolos automatizados para mejorar la eficiencia operativa y asegurar un uso óptimo de los recursos energéticos.
- Actualizar de manera dinámica las guías de optimización, adaptándolas a cambios en las condiciones operacionales y climáticas.

La incorporación de IAGEN en la optimización energética permite lograr mejoras sustanciales en la gestión de recursos, entre las que se incluyen:

- Estandarización de procedimientos para la optimización energética.
- Automatización del monitoreo y control para detectar ineficiencias y corregirlas en tiempo real.
- Reducción de consumo energético en hasta un 20%, generando ahorros significativos en costos operacionales.
- Aumento de la vida útil de equipos y maquinaria al operar en condiciones óptimas.

Diseñar y mantener actualizadas guías operativas y protocolos energéticos optimizados que se ajusten automáticamente a las condiciones reales del yacimiento, maximizando la eficiencia energética y reduciendo costos operacionales.

1. Uso específico de la IAGEN en el caso

- Genera protocolos energéticos personalizados y adaptativos, basados en datos reales de operación.
- Actualiza dinámicamente las guías de trabajo, incorporando cambios en el clima, la carga, la presión, la edad de los equipos y la productividad del pozo.
- Integra múltiples fuentes de datos y conocimientos previos para diseñar recomendaciones automáticas, claras y accionables para el personal en campo.

2. Funcionamiento

a. Análisis de datos históricos y en tiempo real

- Aprende de configuraciones previas de operación energética (bajo diferentes temperaturas, caudales, estados del pozo).
- Identifica qué combinaciones operativas resultaron más eficientes.

b. Generación automática de protocolos personalizados

- Redacta paso a paso para el personal técnico: cómo operar bombas, válvulas, sistemas de presión o ventilación para minimizar consumo sin afectar producción.
- Provee distintos escenarios (“modo invierno”, “modo producción intensiva”, “modo mantenimiento”).

c. Guías en lenguaje natural y visuales

- Los protocolos se entregan en formato de texto claro y/o visual (diagramas, esquemas) adaptado al nivel técnico del equipo operativo.
- Se actualizan en tiempo real, con sugerencias de acción directa.

d. Retroalimentación y mejora continua

- El sistema aprende del feedback humano y de los resultados reales.
- Ajusta las guías cuando detecta que hay alternativas más eficientes.

3. Ejemplos de protocolos generados por IAGEN

Tipo de Protocolo	Contenido Generado Automáticamente
<i>"Arranque eficiente de bombas de inyección"</i>	Reduce el número de ciclos y establece presión óptima según temperatura y caudal.
<i>"Operación en días con baja temperatura"</i>	Sugiere calibración de válvulas y precalentamiento para reducir pérdidas energéticas.
<i>"Protocolo ante sobregiro energético"</i>	Indica qué sistemas despriorizar sin comprometer seguridad ni producción.
<i>"Modo eco para fines de semana"</i>	Minimiza consumo en horarios no productivos sin apagar completamente los sistemas.

4. Roadmap de implementación

Etapa	Acción

1 Diagnóstico	Revisión de guías actuales y fuentes de datos energéticos disponibles.
2 Entrenamiento	Modelado inicial con datos operativos y manuales históricos.
3 Pilotaje	Generación y validación de protocolos en uno o dos activos clave.
4 Despliegue	Integración con apps móviles/tablets del personal operativo.
5 Evolución	Incorporación de feedback humano, mantenimiento de modelos y escalado.

III. Flujo Agéntico para la Implementación: Agente IAGEN – “EnergyFlow Optimizer”

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 aplicación de agente impulsado por IAGEN para la actividad

a. Propósito del Agente

Generar, actualizar y distribuir protocolos operativos personalizados para optimizar el uso energético en instalaciones de petróleo y gas, adaptándose a las condiciones específicas de cada pozo, planta o equipo en tiempo real.

b. Arquitectura del Agente

- ♦ Nombre del agente: EnergyFlow Optimizer
- ♦ Entradas (Inputs):
 - Datos en tiempo real de sensores IoT (caudal, temperatura, consumo, presión).
 - Historial de consumo energético y protocolos utilizados.
 - Condiciones climáticas (actuales y pronóstico).
 - Estado de los equipos (vida útil, mantenimiento reciente).
 - Horario, turno y régimen operativo.
 - Objetivos de eficiencia definidos por la gerencia (por ejemplo, reducción de 10% de consumo sin pérdida de caudal).

c. Pipeline Funcional del Agente

[1] Recopilación de datos (IoT + históricos + clima + SCADA)

↓

[2] Análisis con LLM + Modelos de optimización energética

↓

[3] Generación de Protocolo Personalizado en lenguaje natural

↓

[4] Validación automática de riesgos operativos

↓

[5] Envío del protocolo al equipo operativo (App, PDF o Panel)

↓

[6] Feedback del usuario y actualización del protocolo base

d. Habilidades del Agente

Habilidad	Descripción
Generación adaptativa	Crea guías según tipo de instalación, condiciones climáticas y modo de operación.
Simulación de impacto	Calcula reducción esperada en consumo energético con cada protocolo sugerido.
Explicación contextual	Justifica por qué se recomienda cierta configuración de bombas o válvulas.

Autoaprendizaje	Aprende de resultados y de feedback humano para mejorar protocolos futuros.
Multiformato	Entrega protocolos en texto, voz (para radios de campo), PDF o dashboard interactivo.

5. Ejemplo de Protocolo Generado por el Agente

Protocolo de Operación Eficiente – Pozo L-42 (Invierno – Turno Noche)

- Activar bomba secundaria en modo intermitente (ciclo 40s ON / 20s OFF).
- Configurar presión de línea a 2.3 bar (ajustada por temperatura -5°C).
- Utilizar bypass parcial en válvula V-14 para reducir pérdida de carga.
- Monitorear diferencial de presión cada 15 minutos durante la operación.
- Ahorro estimado: 17% del consumo habitual sin reducción de producción.

e. Seguridad y Auditoría

- El agente incluye lógica de verificación cruzada con sistemas SCADA para evitar instrucciones incompatibles.
- Los protocolos incluyen un identificador único para trazabilidad y control de versiones.

f. Stack Tecnológico Sugerido

- Fuente de datos: SCADA + sensores IoT + datos climáticos (API Meteoblue o NOAA).
- Procesamiento: Python, Pandas, TensorFlow/Keras para optimización energética.
- Modelo generativo: GPT-4 Turbo o modelo privado fine-tuned con datos históricos de eficiencia energética.
- Interfaz: Dashboard web (Streamlit / React) + API REST para integración móvil.
- Almacenamiento: PostgreSQL + S3 para protocolos generados.

VIII. Cuantificación del Impacto de IAGEN en la Optimización Energética

- Beneficios Económicos: Reducción de Costos Energéticos:

La implementación de protocolos optimizados generados por sistemas basados en IA, como IAGEN, tiene el potencial de generar reducciones sustanciales en los costos energéticos. Los sistemas de gestión energética impulsados por IA analizan detalladamente los datos de consumo para identificar áreas de fuga de energía y optimizar la configuración operativa de los equipos.

Esta identificación precisa de ineficiencias permite la creación de protocolos que abordan directamente las fuentes de desperdicio, lo que se traduce en ahorros significativos. Casos de estudio han demostrado el impacto económico de la IA en la optimización energética industrial.

- Mejora de la Seguridad Operativa a través de un Monitoreo Preciso:

La capacidad de la IA para monitorear con precisión y detectar tempranamente anomalías operativas es fundamental para mejorar la seguridad en entornos industriales. Los sistemas de IA pueden supervisar el estado de los equipos en tiempo real y predecir posibles fallas antes de que ocurran, lo que ayuda a prevenir el mal funcionamiento peligroso de los equipos.

La utilización de drones impulsados por IA y visión por computadora permite el monitoreo automatizado y en tiempo real de activos energéticos, detectando problemas como sobrecalentamiento o daños físicos, lo que reduce la necesidad de que los trabajadores se expongan a entornos peligrosos.

En el sector de la energía nuclear, la IA se aplica para mejorar la seguridad y reducir el error humano en el monitoreo de las planta. Además, la IA se utiliza para crear planes de seguridad dinámicos para sitios de trabajo de servicios públicos, ajustando los protocolos en función de datos en tiempo real como picos de temperatura o fatiga de los trabajadores.

- Optimización del Mantenimiento Predictivo:

IAGEN, al igual que otros sistemas basados en IA, juega un papel crucial en la habilitación y mejora del mantenimiento predictivo. Los algoritmos de IA analizan los datos de los equipos para predecir las necesidades de mantenimiento, lo que reduce el tiempo de inactividad y optimiza el consumo de energía al garantizar que los equipos funcionen con la máxima eficiencia.

Casos de estudio han demostrado que el mantenimiento predictivo impulsado por IA puede generar mejoras significativas en el tiempo de actividad de las máquinas y reducciones en las reparaciones de emergencia. La IA puede analizar datos específicos como vibraciones, variaciones de temperatura e historiales de rendimiento para predecir fallas en los equipos.

En el sector de las energías renovables, la IA integrada se utiliza para el monitoreo en tiempo real de turbinas eólicas, prediciendo posibles fallas antes de que ocurran, lo que reduce los costos de inactividad y reparación.

- Beneficios Concretos:

- Reducción del Consumo Energético en Hasta un 20%: La aplicación sistemática de protocolos optimizados, facilitada por sistemas como IAGEN, puede llevar a reducciones significativas en el consumo energético. Un informe de la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA) indica que la IA puede aumentar

la eficiencia de la producción de energía eólica hasta en un 20%.

Además, el almacenamiento de energía impulsado por IA puede reducir los costos energéticos hasta en un 20%, lo que a menudo se correlaciona con un uso más eficiente y, por lo tanto, una menor demanda de energía.

- Protocolos Vivos: Actualización Autónoma: El concepto de "protocolos vivos" se refiere a la capacidad de los protocolos de optimización energética generados por IA para actualizarse y adaptarse continuamente sin intervención humana directa. Los sistemas de IA pueden monitorear las operaciones de los edificios en tiempo real y ajustar automáticamente sistemas como HVAC e iluminación para optimizar el rendimiento.

Los controles impulsados por IA pueden adaptarse a las condiciones climáticas, de carga y de la maquinaria en constante cambio para optimizar el uso de recursos y el consumo de energía. Los algoritmos de IA tienen la capacidad de aprender y evolucionar a partir de los datos, lo que permite que los sistemas de gestión energética se adapten a las condiciones cambiantes y optimicen las operaciones de manera continua. En el sector de petróleo y gas, los "modelos perennes" en el software de IA se actualizan fácilmente con los últimos datos, lo que garantiza que los modelos sean siempre confiables para la toma de decisiones operativas.

- Menos Errores Operativos: La generación de instrucciones claras y adaptadas al contexto real mediante IAGEN puede contribuir a la reducción de errores operativos. La IA puede reducir las barreras de habilidades, ayudando a más personas a adquirir competencia en diversos campos, lo que potencialmente conduce a menos errores operativos debido a una mejor comprensión y ejecución de las tareas.

La automatización impulsada por IA reduce la carga sobre los recursos humanos para tareas repetitivas y minimiza el riesgo de errores humanos, lo que contribuye a un entorno operativo más confiable y consistente.

La IA puede proporcionar monitoreo y análisis en tiempo real, lo que permite la

identificación y corrección inmediata de errores en los procesos de fabricación.

Los sistemas impulsados por IA pueden crear listas de verificación personalizadas y completas para inspecciones y auditorías de rutina, lo que garantiza la precisión y confiabilidad de los datos.

- Trazabilidad Total: IAGEN, al igual que otros sistemas de IA avanzados, puede incorporar mecanismos para proporcionar una trazabilidad completa de todos los cambios sugeridos y las actualizaciones de protocolos. La trazabilidad en los sistemas de IA es crucial, ya que rastrea el historial de los datos y las decisiones tomadas por el sistema, lo que permite a las partes interesadas auditar las decisiones y garantizar la rendición de cuentas. La IA puede mejorar la trazabilidad en la fabricación al automatizar la recopilación y el análisis de datos, documentando todo el ciclo de vida de un producto.

La visibilidad y la trazabilidad de los datos en el desarrollo de la IA ofrecen beneficios como una mayor confianza, la mitigación de sesgos, un mejor cumplimiento normativo y una depuración más rápida.

- Mejor Cumplimiento de Metas ESG: La implementación de IAGEN puede contribuir significativamente al cumplimiento de los objetivos ambientales, sociales y de gobernanza (ESG) al reducir las emisiones resultantes del consumo innecesario de energía. Las soluciones de gestión energética impulsadas por IA son cruciales para reducir costos, aumentar la sostenibilidad y minimizar el impacto ambiental. La IA ayuda a las empresas a encontrar oportunidades impactantes de descarbonización en la fabricación. La IA puede optimizar el uso de energía en toda la cadena de valor, ayudando a reducir el consumo innecesario y la huella de carbono de la empresa. La IA desempeña un papel vital en la integración de fuentes de energía renovable en la red, garantizando la estabilidad y la eficiencia, y promoviendo la sostenibilidad. Además, la IA puede ayudar en los procesos de captura, utilización y almacenamiento de carbono (CCUS) al optimizar la captura de dióxido de carbono.

V. Desafíos y Estrategias para Superarlos

- Barreras en la Implementación:
 - Falta de Infraestructura Digital: La implementación efectiva de soluciones de IA para la optimización energética, como IAGEN, puede verse obstaculizada por la presencia de sistemas heredados, tecnologías diversas y problemas de calidad de datos. Una infraestructura digital inadecuada dificulta la recopilación, gestión y análisis de los grandes volúmenes de datos necesarios para que la IA funcione de manera óptima.
 - Resistencia al Cambio: En la industria energética, a menudo dominada por un enfoque de ingeniería tradicional, puede existir una resistencia a la adopción de tecnologías avanzadas como la IA en las operaciones. Esta resistencia puede surgir de la preferencia por prácticas establecidas, el énfasis en el análisis formal y la perfección, en lugar de la flexibilidad y la rápida toma de decisiones que caracterizan las transformaciones digitales. Además, la velocidad a la que avanza la IA a menudo contrasta con el ritmo más conservador de adopción de nuevas tecnologías en actores clave de la industria energética.
 - Inversión Inicial Elevada: Si bien los beneficios económicos a mediano plazo de la implementación de la IA para la optimización energética pueden ser sustanciales, la inversión inicial requerida puede percibirse como una barrera. La industria energética a menudo implica instalaciones fijas centrales costosas, y cualquier nueva aplicación digital debe demostrar un valor claro para justificar su integración. También es importante considerar que la propia IA tiene un costo energético y una huella ambiental que deben tenerse en cuenta al evaluar los beneficios generales.
- Estrategias Recomendadas:
 - Implementación Progresiva: Se recomienda una implementación gradual de IAGEN, comenzando con proyectos piloto en unidades seleccionadas. Esto permite demostrar el éxito en entornos controlados, generar confianza y refinar

las estrategias de implementación antes de una implementación a gran escala. Los proyectos piloto pueden proporcionar datos valiosos para cuantificar la efectividad y el retorno de la inversión de IAGEN.

- Desarrollo de un Plan de Digitalización: Es crucial desarrollar un plan de digitalización robusto para mejorar la recopilación y el análisis de datos. Esto incluye la modernización de la infraestructura para integrar la IA en los sistemas existentes, la mejora de la calidad de los datos y el establecimiento de prácticas de gobernanza de datos. Una base digital sólida es esencial para que IAGEN acceda y procese la información necesaria de manera efectiva.
- 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 del Personal: La capacitación integral del personal es fundamental para garantizar la correcta adopción y utilización de las tecnologías de IAGEN. Es importante educar y capacitar a la fuerza laboral sobre los beneficios y las aplicaciones de la IA para fomentar una cultura de innovación y garantizar una gestión eficaz de las soluciones de IA. La capacitación debe incluir el uso responsable de la IA y la importancia de mantener un equilibrio entre la supervisión humana y las capacidades de la IA.

VI. Conclusiones y Recomendaciones Finales

La implementación de IAGEN en la optimización energética de Vaca Muerta representa una oportunidad significativa para reducir costos, mejorar la eficiencia y estandarizar

los protocolos energéticos en la industria.

Los beneficios potenciales incluyen reducciones sustanciales en el consumo energético, mejoras en la seguridad operativa a través de un monitoreo preciso y mantenimiento predictivo optimizado, la implementación de protocolos dinámicos y autogestionados, la minimización de errores operativos, la trazabilidad completa de las operaciones y un mejor cumplimiento de los objetivos ESG.

Si bien existen desafíos en la implementación relacionados con la infraestructura digital, la resistencia al cambio y la inversión inicial, estos pueden superarse mediante estrategias bien planificadas que incluyen una implementación progresiva, el desarrollo de un plan de digitalización integral y una capacitación exhaustiva del personal.

Para las partes interesadas en la región de Vaca Muerta que buscan mejorar la eficiencia y la sostenibilidad, se recomienda:

- Iniciar proyectos piloto para evaluar la efectividad de IAGEN en su contexto operativo específico.
- Invertir en la infraestructura digital necesaria para respaldar la implementación y utilización de sistemas de gestión energética impulsados por IA.
- Desarrollar programas de capacitación para dotar a su fuerza laboral de las habilidades necesarias para aprovechar IAGEN de manera efectiva.
- Explorar colaboraciones con proveedores de tecnología e instituciones de investigación para avanzar en la aplicación de la IA para la optimización energética en la región.
- Considerar el potencial de utilizar recursos locales, como el gas residual, para alimentar la infraestructura de IA requerida para IAGEN.

En conclusión, la adopción de marcos de inteligencia artificial como IAGEN tiene el potencial de impulsar un futuro energético más eficiente y sostenible para el sector industrial, con oportunidades particularmente prometedoras en la región de Vaca Muerta, Argentina.

Fuentes citadas

1. Optimization under uncertainty in industrial energy systems - Aaltodoc, acceso: 25 de febrero, 2025, <https://aaltodoc.aalto.fi/items/052d44d5-d6e2-47c8-9406-f9bc1ee4e76e>
2. Vaca Muerta: Argentina on the global energy stage - Tecpetrol, acceso: 25 de febrero, 2025, <https://www.tecpetrol.com/en/news/2025/techint-group-at-ceraweek>
3. Argentina's Vaca Muerta Oil Production - Data - Analysis - Forecast | Enverus, acceso: 25 de febrero, 2025, <https://www.enverus.com/vaca-muerta-oil-production-data-analysis-forecast/>
4. of Argentina Vaca Muerta: the future, acceso: 25 de febrero, 2025, <https://www.pwc.com.ar/es/assets/document/invest-in-vaca-muerta.pdf>
5. AI in Energy Management: Predicting, Analyzing, and Optimizing Power Usage, acceso: 26 de febrero, 2025, <https://www.hashstudioz.com/blog/ai-in-energy-management-predicting-analyzing-and-optimizing-power-usage/>
6. Harnessing AI for Energy Management: Revolutionizing Resource Usage and Efficiency, acceso: 26 de febrero, 2025, <https://megasisnetwork.medium.com/harnessing-ai-for-energy-management-revolutionizing-resource-usage-and-efficiency-888cfeac1322>
7. Industrial artificial intelligence: Optimizing energy efficiency with Predictive AI, acceso: 26 de febrero, 2025, <https://blog.se.com/industry/2024/11/29/what-is-predictive-ai/>
8. 3 Ways to Leverage A.I. for Efficient Energy Management, acceso: 26 de febrero, 2025, <https://cmr.berkeley.edu/2024/11/3-ways-to-leverage-a-i-for-efficient-energy-management/>
9. AI-powered smart grids can optimize energy management in manufacturing - AVEVA, acceso: 26 de febrero, 2025,

<https://www.aveva.com/en/perspectives/blog/ai-powered-smart-grids-can-optimize-energy-management-in-manufacturing/>

10. Artificial Intelligence Approaches for Energy Efficiency: A Review - arXiv, acceso: 28 de febrero, 2025, <https://arxiv.org/html/2407.21726v1>
11. 10 ways to leverage AI in facilities management - BrainBox AI, acceso: 28 de febrero, 2025, <https://brainboxai.com/en/articles/10-ways-to-leverage-ai-in-facilities-management>
12. Botable Blog | AI for Standard Operating Procedures: A Complete Guide, acceso: 28 de febrero, 2025, <https://www.botable.ai/blog/ai-for-standard-operating-procedures-a-complete-guide>
13. Generative AI for Energy Management - C3 AI, acceso: 28 de febrero, 2025, <https://c3.ai/generative-ai-for-energy-management/>
14. Energy Efficiency Using AI for Sustainable Data Centres | Digital Realty, acceso: 28 de febrero, 2025, <https://www.digitalrealty.co.uk/resources/articles/sustainable-data-centre-ai>
15. Using AI for sustainability: Case studies and examples - COAX Software, acceso: 28 de febrero, 2025, <https://coaxsoft.com/blog/using-ai-for-sustainability-case-studies-and-examples>
16. Dollar Tree unlocks major energy and emissions savings with BrainBox AI, acceso: 28 de febrero, 2025, <https://brainboxai.com/en/case-studies/dollar-tree-unlocks-major-energy-and-emissions-savings-with-brainbox-ai>
17. AI in Energy: Powering the Future with Intelligent Solutions | by AI ..., acceso: 2 de marzo, 2025, <https://medium.com/@aitechdaily/ai-in-energy-powering-the-future-with-intelligent-solutions-2cb982f4409f>
18. Embedded AI for Energy Generation Optimization | SYSGO, acceso: 2 de marzo, 2025,

<https://www.sysgo.com/blog/article/embedded-ai-for-energy-generation-optimization>

- 19.7 Key AI Trends Transforming the Energy Industry in 2025 - Medium, acceso: 2 de marzo, 2025, <https://medium.com/@API4AI/7-key-ai-trends-transforming-the-energy-industry-in-2025-3c2cab0c7c6d>
20. Integrating AI in Maintenance Protocols for Safer Industrial Environments, acceso: 4 de marzo, 2025, <https://ohsonline.com/articles/2024/01/22/integrating-ai-in-maintenance-protocols-for-safer-industrial-environments.aspx>
21. Industrial Safety: AI-Powered Safety & Monitoring Solutions - HyScaler, acceso: 4 de marzo, 2025, <https://hyscaler.com/insights/ai-powered-industrial-safety/>
22. Top 10: Uses of AI in Energy, acceso: 4 de marzo, 2025, <https://energydigital.com/top10/top-10-uses-of-ai-in-energy>
23. AI-Powered Safety Plans for Utility Worksites - HSI, acceso: 4 de marzo, 2025, <https://hsi.com/blog/ai-safety-plans-utility-worksites>
- 24.3 Ways AI is Delivering on Energy Efficiency - Insulation Institute, acceso: 4 de marzo, 2025, <https://insulationinstitute.org/3-ways-ai-is-delivering-on-energy-efficiency/>
25. How AI is Revolutionizing Solar and Wind Energy Management: Key Benefits and Future Trends, acceso: 4 de marzo, 2025, <https://www.delfos.energy/blog-posts/how-ai-is-revolutionizing-energy-management-benefits-and-trends>
26. AI-Powered Smart Buildings: Enhancing Efficiency & Automation - Artsyl, acceso: 4 de marzo, 2025, <https://www.artsyltech.com/blog/the-role-of-ai-in-enhancing-smart-building-platform-efficiency>
27. Top 10 applications of AI in the energy sector | FDM Group UK, acceso: 10 de marzo, 2025, <https://www.fdmgroup.com/news-insights/ai-in-energy-sector/>
28. Digital Transformation in Oil and Gas: Leveraging AI for Predictive Maintenance -

- OGGN, acceso: 10 de marzo, 2025, <https://oggn.com/digital-transformation-in-oil-and-gas-leveraging-ai-for-predictive-maintenance/>
29. How AI Is Used in Predictive Maintenance | Neural Concept, acceso: 10 de marzo, 2025, <https://www.neuralconcept.com/post/how-ai-is-used-in-predictive-maintenance>
30. Predictive Maintenance - Energy Industry - Odysight.ai, acceso: 10 de marzo, 2025, <https://www.odysight.ai/industries-4-0/energy/>
31. AI-Powered Predictive Maintenance For Renewable Energy Infrastructure - Forbes, acceso: 10 de marzo, 2025, <https://www.forbes.com/councils/forbestechcouncil/2024/06/13/practical-applications-of-ai-powered-predictive-maintenance-for-renewable-energy-infrastructure/>
32. Several recent advancements and insights into AI technologies for energy optimization in industrial settings are highlighted in the provided sources - Sustainable Manufacturing Expo, acceso: 10 de marzo, 2025, <https://www.sustainablemanufacturingexpo.com/en/articles/advancements-ai-en-ergy-optimization.html>
33. AI in Oil and Gas: Future Trends & Use Cases - Moon Technolabs, acceso: 10 de marzo, 2025, <https://www.moontechnolabs.com/blog/ai-in-oil-and-gas/>
34. AI in Oil and Gas: Benefit and Use Cases - Apptunix, acceso: 10 de marzo, 2025, <https://www.apptunix.com/blog/artificial-intelligence-in-oil-and-gas-benefit-and-use-cases/>
35. AI Predictive Maintenance in Manufacturing Industry: Maximize Uptime & Efficiency | SmartDev, acceso: 10 de marzo, 2025, <https://smartdev.com/from-downtime-to-uptime-how-ai-predictive-maintenance-is-rewriting-the-rules-of-manufacturing/>
36. Artificial Intelligence in the Offshore Energy Sector, acceso: 10 de marzo, 2025, <https://www.riskeducation.org/artificial-intelligence-in-the-offshore-energy-sector/>
37. Fraceon - Machine Learning for Unconventional Oil and Gas, acceso: 10 de marzo, 2025, <https://www.tachyus.com/fraceon>

38. Virtual Plant Operator Technology: Next-Gen Industrial Control - Phaidra, acceso: 10 de marzo, 2025, <https://www.phaidra.ai/blog/virtual-plant-operator-technology-the-next-generation-of-industrial-control>
39. Superagency in the workplace: Empowering people to unlock AI's full potential - McKinsey & Company, acceso: 12 de marzo, 2025, <https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/superagency-in-the-workplace-empowering-people-to-unlock-ais-full-potential-at-work>
40. AI for operational efficiency: Use cases, benefits, implementation, technologies and development - LeewayHertz, acceso: 12 de marzo, 2025, <https://www.leewayhertz.com/ai-for-operational-efficiency/>
41. The AI Advantage: Error-Proofing in Manufacturing Redefined - Praxie.com, acceso: 12 de marzo, 2025, <https://praxie.com/ai-for-error-proofing-in-manufacturing/>
42. AI in Safety Management: A Brief Guide | SafetyCulture, acceso: marzo 27, 2025, <https://safetyculture.com/topics/safety-management-system/ai-in-safety-management/>
43. Trustful AI: Transparency, Traceability, and Explainability in Focus - EdgeAI, acceso: 12 de marzo, 2025, <https://edge-ai-tech.eu/trustful-ai-transparency-traceability-and-explainability-in-focus/>
44. Enhancing Quality Control: AI for Traceability in Manufacturing - Praxie.com, acceso: 12 de marzo, 2025, <https://praxie.com/ai-for-traceability-in-manufacturing/>
45. Data Visibility & Traceability: Build Robust AI Models - Encord, acceso: 12 de marzo, 2025, <https://encord.com/blog/data-visibility-traceability/>
46. Accelerating Testing & Certification with an AI-Driven Requirements Traceability Approach, acceso: 12 de marzo, 2025, <https://visuresolutions.com/events/accelerating-testing-certification-with-an-ai-driven-requirements-traceability-approach/>
47. The New Era of Audit Trail Review in Clinical Research - Medidata Solutions,

- acceso: 12 de marzo, 2025,
<https://www.medidata.com/en/life-science-resources/medidata-blog/audit-trail-review/>
48. Optimize Efficiency With AI-Driven Energy Management - Pecan AI, acceso: 12 de marzo, 2025,
<https://www.pecan.ai/blog/optimize-efficiency-with-ai-energy-management/>
49. The Transformative Impact of AI in Energy Efficiency - DataForest, acceso: 12 de marzo, 2025,
<https://dataforest.ai/blog/the-transformative-impact-of-ai-in-energy-efficiency>
50. AI & The Energy Industry: Influence & Challenges | Diversegy, acceso: 12 de marzo,, 2025, <https://diversegy.com/ai-and-the-energy-industry/>
51. Artificial Intelligence: A Catalyst to Transform Energy Sector for Sustainable Future - CSIS, acceso: 13 de marzo, 2025,
<https://www.csis.org/analysis/artificial-intelligence-catalyst-transform-energy-sector-sustainable-future>
52. AI in the Energy Industry: Trends, Benefits, Challenges and Solutions | Computools, acceso: 13 de marzo, 2025, <https://computools.com/ai-in-energy-industry/>
53. AI brings huge opportunities and new but manageable risks for the energy industry - DNV, acceso: 13 de marzo, 2025,
<https://www.dnv.com/article/ai-brings-huge-opportunities-and-new-but-manageable-risks-for-the-energy-industry/>
54. Embracing AI in the energy sector: A blueprint for becoming AI-ready - Cepheo, acceso: 13 de marzo, 2025,
<https://cepheo.com/insights/embracing-ai-in-the-energy-sector-a-blueprint-for-becoming-ai-ready/>
55. Using Vaca Muerta oilfield waste gas to power AI computing - BNamericas, acceso: 13 de marzo, 2025,
<https://www.bnamericas.com/en/news/using-vaca-muerta-oilfield-waste-gas-to-power-ai-computing>