



Reporte entregable 48

Caso de uso de aplicación de IA e IAGEN

Mantenimiento Predictivo en Vaca Muerta: Detección Anticipada de Fallas en Equipos con Machine Learning

I. Introducción

La gestión de activos en la industria del petróleo y gas implica la administración eficiente de maquinaria, equipo e infraestructura para maximizar su valor y rendimiento durante su vida útil. Esto incluye la planificación, adquisición, operación, mantenimiento y disposición de los activos. En este contexto, el mantenimiento predictivo se presenta como una estrategia proactiva que utiliza datos y análisis avanzados para predecir fallas en los equipos, permitiendo realizar mantenimientos en el momento óptimo.

Vaca Muerta, la segunda reserva de gas no convencional y la cuarta de petróleo más grande del mundo, presenta desafíos únicos debido a la complejidad de sus operaciones, las difíciles condiciones ambientales y la necesidad de prácticas sostenibles. La aplicación de tecnologías de vanguardia como el Machine Learning se vuelve esencial para optimizar la producción y garantizar la seguridad en este yacimiento.

II. Mantenimiento Predictivo en la Industria del Petróleo y Gas

El mantenimiento predictivo se ha convertido en una herramienta indispensable para la industria del petróleo y gas, ofreciendo una serie de beneficios clave que van desde la

mejora de la confiabilidad y seguridad hasta la optimización de costos y recursos. Al adoptar una estrategia proactiva de mantenimiento predictivo, las empresas pueden maximizar la eficiencia operativa, garantizar la sostenibilidad ambiental y mantener su competitividad en un mercado global en constante evolución.

Las estrategias de mantenimiento predictivo no son nuevas en la industria del petróleo y gas, que fue una de las primeras en adoptarlas debido a la importancia de la seguridad de los empleados y la prevención de accidentes ambientales. La monitorización del estado de cada equipo para anticipar las paradas y evitar daños es un requisito fundamental en el sector, y la explotación de petróleo y gas permite producir una gran cantidad de datos que pueden ser utilizados para este fin.

III. Machine Learning para la Detección Anticipada de Fallas

El Machine Learning, una rama de la inteligencia artificial, permite que las máquinas aprendan sin ser expresamente programadas para ello. Esta capacidad es fundamental para desarrollar sistemas capaces de predecir fallas en los equipos. En el contexto del mantenimiento predictivo, el Machine Learning se utiliza para analizar datos de sensores y otros tipos de información relevante para detectar anomalías, supervisar el estado de componentes y estimar la vida útil restante (RUL).

Es importante tener en cuenta que diferentes tipos de equipos requieren técnicas de monitoreo específicas. Por ejemplo, los equipos rotativos, las bombas centrífugas y los compresores de gas a menudo necesitan la recopilación de datos de múltiples fuentes y el uso de técnicas de modelado analítico sofisticadas.

Los algoritmos de Machine Learning pueden clasificarse en tres categorías principales: detección de anomalías, identificación de fallos (diagnóstico) y estimación de la vida útil restante (pronóstico). La elección del algoritmo adecuado depende de las necesidades específicas de cada aplicación y de las condiciones de operación.

IV. Tipos de Algoritmos de Machine Learning para Mantenimiento Predictivo

Existen diferentes tipos de algoritmos de Machine Learning que se pueden utilizar para el mantenimiento predictivo, cada uno con sus propias características y aplicaciones. Algunos de los más comunes se resumen en la siguiente tabla:

Tipo de Algoritmo	Descripción	Aplicaciones en Vaca Muerta	Ejemplo
Regresión lineal y logística	Se utilizan para realizar estimaciones y comprender las relaciones entre diferentes variables.	Predicción de la producción de pozos, análisis de la eficiencia de los equipos.	Un modelo de regresión lineal podría utilizarse para predecir la producción de un pozo en función de variables como la presión, la temperatura y el caudal.
Redes neuronales	Inspiradas en el cerebro humano, las redes neuronales son capaces de modelar relaciones complejas entre entradas y	Detección de anomalías en el funcionamiento de los equipos, clasificación de fallos.	Una red neuronal podría utilizarse para detectar patrones de vibración anormales en una bomba, lo que podría indicar un fallo

	salidas.		inminente.
Clustering	Permiten agrupar datos con características similares, lo que puede ser útil para identificar patrones y anomalías.	Agrupación de pozos con características similares para optimizar las estrategias de producción.	Se podría utilizar un algoritmo de clustering para agrupar pozos con perfiles de producción similares, lo que permitiría aplicar estrategias de mantenimiento específicas para cada grupo.
Árboles de decisión	Representan visualmente los posibles resultados de diferentes decisiones, lo que facilita la interpretación de los datos y la toma de decisiones.	Diagnóstico de fallos en equipos, selección de la mejor estrategia de mantenimiento.	Un árbol de decisión podría utilizarse para determinar la causa raíz de un fallo en un compresor, lo que permitiría tomar medidas correctivas.

Además, el uso de técnicas de Inteligencia Artificial Explicable (XAI) es crucial para

interpretar y comprender los procesos de toma de decisiones de los modelos complejos, especialmente en aplicaciones donde la transparencia es esencial.

V. Adecuación de los Algoritmos a las Condiciones de Vaca Muerta

La elección del algoritmo más adecuado para el mantenimiento predictivo en Vaca Muerta depende de varios factores, entre ellos la disponibilidad de datos, la complejidad de los equipos y las condiciones ambientales.

En Vaca Muerta, la disponibilidad de datos puede ser un desafío debido a la complejidad de los equipos y la falta de infraestructura de monitoreo. En estos casos, los algoritmos de aprendizaje no supervisado, como el clustering, pueden ser útiles para identificar patrones y anomalías en los datos sin necesidad de etiquetas previas .

La complejidad de los equipos utilizados en la extracción de petróleo y gas en Vaca Muerta requiere algoritmos capaces de modelar relaciones complejas. Las redes neuronales, con su capacidad para aprender representaciones jerárquicas de los datos, pueden ser una buena opción para este tipo de aplicaciones.

Las condiciones ambientales de Vaca Muerta, que incluyen temperaturas extremas y terrenos difíciles, también deben tenerse en cuenta al seleccionar los algoritmos. Es importante elegir algoritmos robustos que puedan manejar datos ruidosos y variables ambientales cambiantes.

En general, la selección del algoritmo más adecuado para el mantenimiento predictivo en Vaca Muerta requiere un análisis cuidadoso de las condiciones específicas del yacimiento y la aplicación de un enfoque iterativo para optimizar el rendimiento del modelo.

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 para la actividad

Flujo de Trabajo con IAGEN

1. Captura de Datos: Sensores IoT en equipos clave recopilan datos en tiempo real (presión, vibración, temperatura, consumo eléctrico, entre otros).
2. Preprocesamiento: Filtrado y limpieza de datos con algoritmos automatizados para eliminar ruido y valores atípicos.
3. Entrenamiento de Modelos: Uso de redes neuronales y modelos de aprendizaje supervisado/no supervisado para detectar patrones de degradación.
4. Predicción y Alertas: Implementación de dashboards con alertas tempranas de fallas y recomendaciones de mantenimiento.
5. Acción Correctiva: Ajuste de operaciones basado en las predicciones del sistema, optimizando los tiempos de intervención.

Agentes de IAGEN Involucrados

- **Agente de Ingesta de Datos:** Recopila información desde sensores en campo y la envía a la plataforma de análisis.
- **Agente de Análisis Predictivo:** Procesa datos en tiempo real y aplica modelos de ML para identificar fallos inminentes.
- **Agente de Gestión Operativa:** Notifica a operadores, genera planes de mantenimiento y recomienda acciones correctivas basadas en los insights del modelo.

Ejemplo hipotético Concreto:

En una planta de compresión de gas en Vaca Muerta, se implementó un modelo de LSTM para predecir fallos en compresores centrífugos. Se logró anticipar fallas mecánicas con una precisión del 92%, reduciendo el tiempo de inactividad en un 45% y generando un ahorro anual de USD 1.2 millones en costos de mantenimiento. Además, se redujo un 15% en consumo energético, optimizando el rendimiento de los equipos.

VII. Beneficios del Mantenimiento Predictivo en Vaca Muerta

La implementación del mantenimiento predictivo en Vaca Muerta ofrece una serie de beneficios económicos y operativos, entre los que se destacan:

1. Beneficios económicos:

- **Reducción de los costos de mantenimiento:** Al predecir y prevenir fallas, se evitan costosas reparaciones de emergencia y se optimiza la utilización de recursos. El tiempo de inactividad en las plantas industriales puede ser extremadamente costoso, con estimaciones que alcanzan un promedio de \$532,000 por hora. El mantenimiento predictivo puede reducir significativamente estos costos al minimizar el tiempo de inactividad no planificado. Además, el mantenimiento predictivo puede ayudar a mitigar los riesgos económicos asociados con Vaca

Muerta, como los altos costos de inversión y el potencial de activos varados, al optimizar la asignación de recursos y reducir los costos operativos.

- **Aumento de la vida útil de los equipos:** La detección temprana de problemas permite realizar intervenciones precisas y menos invasivas, prolongando la vida útil de los equipos.
- **Ahorro en repuestos y materiales:** Se reduce la necesidad de reemplazar piezas por desgaste, ya que se identifican inconvenientes menores que pueden ser solucionados con intervenciones más dirigidas.

2. Beneficios operativos:

- **Mejora de la disponibilidad de los equipos:** Se minimizan los tiempos de inactividad no planificados, lo que permite mantener la continuidad operativa y cumplir con los compromisos de producción.
- **Disminución de los tiempos de inactividad:** Se reduce el tiempo necesario para reparar o reacondicionar los equipos, ya que se pueden planificar las intervenciones de mantenimiento de manera más efectiva.
- **Aumento de la eficiencia operativa:** Se garantiza que los equipos estén en óptimas condiciones de funcionamiento en todo momento, lo que maximiza la producción y los ingresos. Al mejorar la eficiencia, reducir los costos y minimizar el impacto ambiental, el mantenimiento predictivo puede aumentar el atractivo de Vaca Muerta para los inversores y fortalecer su posición en el mercado energético mundial.
- **Mejora de la seguridad:** Se previenen fallos catastróficos que podrían poner en riesgo la seguridad del personal y el medio ambiente. El mantenimiento predictivo también puede mejorar la seguridad al automatizar tareas peligrosas, reduciendo el riesgo de accidentes y lesiones al personal.

VIII. Impacto del Mantenimiento Predictivo en la Sostenibilidad de Vaca Muerta

El mantenimiento predictivo puede contribuir significativamente a la sostenibilidad de las operaciones en Vaca Muerta. Al predecir y prevenir fallas en los equipos, se

minimiza la probabilidad de fugas y derrames, que pueden tener un impacto negativo en el medio ambiente. Además, el mantenimiento predictivo permite optimizar la utilización de recursos, como agua y energía, lo que reduce la huella ambiental de las operaciones.

La implementación de estrategias de mantenimiento predictivo también puede ayudar a cumplir con las regulaciones ambientales y de seguridad, contribuyendo a la imagen de Vaca Muerta como un yacimiento responsable con el medio ambiente.

IX. Desafíos y Limitaciones del Mantenimiento Predictivo en Vaca Muerta

A pesar de sus beneficios, la implementación del mantenimiento predictivo en Vaca Muerta enfrenta desafíos y limitaciones, como:

- **Disponibilidad de datos:** La recopilación de datos de calidad es fundamental para el éxito del mantenimiento predictivo. Sin embargo, en Vaca Muerta, la disponibilidad de datos puede ser limitada debido a la complejidad de los equipos y la falta de infraestructura de monitoreo.
- **Complejidad de los equipos:** Los equipos utilizados en la extracción de petróleo y gas en Vaca Muerta son altamente complejos, lo que dificulta la detección de fallas y la predicción de su comportamiento.
- **Necesidad de personal capacitado:** La disponibilidad de mano de obra calificada con experiencia en análisis de datos, aprendizaje automático y tecnologías de mantenimiento predictivo es un desafío importante en Vaca Muerta. Invertir en programas de capacitación especializados y colaborar con instituciones educativas es crucial para desarrollar una fuerza laboral calificada.
- **Inversión inicial:** La implementación de un programa de mantenimiento predictivo puede requerir una inversión significativa en tecnología, capacitación y personal.
- **Resistencia al cambio:** La adopción de nuevas tecnologías y metodologías puede encontrar resistencia por parte del personal acostumbrado a enfoques tradicionales.

- **Desafíos ambientales:** Además, Vaca Muerta enfrenta importantes desafíos ambientales, incluida la posible contaminación del agua por fluidos de fracturación y el aumento de las emisiones de metano. Los programas de mantenimiento predictivo efectivos pueden desempeñar un papel crucial en la mitigación de estos riesgos al garantizar el funcionamiento adecuado de los equipos y minimizar la probabilidad de fugas y derrames.
- **Desafíos logísticos:** Los desafíos logísticos en Vaca Muerta, incluida la necesidad de miles de pozos y el movimiento constante de equipos e infraestructura, también plantean desafíos para la implementación de programas de mantenimiento predictivo. Esto requiere estrategias de mantenimiento flexibles y adaptables que puedan adaptarse a la naturaleza dinámica de las operaciones.

X. Soluciones y Estrategias para Mejorar la Implementación

Para superar los desafíos y mejorar la implementación del mantenimiento predictivo en Vaca Muerta, se pueden considerar las siguientes soluciones y estrategias:

- **Invertir en infraestructura de monitoreo:** Implementar sensores y sistemas de monitoreo en tiempo real para recopilar datos relevantes sobre el estado de los equipos.
- **Desarrollar modelos de Machine Learning específicos para Vaca Muerta:** Adaptar los algoritmos de Machine Learning a las condiciones específicas del yacimiento, considerando la complejidad de los equipos y las variables ambientales.
- **Capacitar al personal:** Brindar capacitación especializada al personal en análisis de datos, Machine Learning y tecnologías de monitoreo.
- **Fomentar la colaboración:** Promover la colaboración entre diferentes áreas de la empresa, como operaciones, mantenimiento e ingeniería, para facilitar la implementación del mantenimiento predictivo.
- **Implementar proyectos piloto:** Iniciar con proyectos piloto en equipos críticos para demostrar el valor del mantenimiento predictivo y obtener la adhesión del personal.
- **Integrar sistemas:** Integrar los sistemas de monitoreo y los equipos de

mantenimiento con los sistemas de gestión existentes para optimizar la toma de decisiones.

- **Utilizar el análisis de datos históricos:** Utilizar el análisis de datos históricos para identificar patrones y tendencias que pueden predecir fallas futuras e informar los programas de mantenimiento.
- **Colaborar con socios externos:** Colaborar con socios externos, como proveedores de tecnología, centros de investigación y consultorías especializadas, para acceder a la experiencia y los recursos para implementar y optimizar soluciones de mantenimiento predictivo.
- **Soluciones innovadoras:** Empresas como Aercom S.A. están desarrollando soluciones innovadoras para reducir la ventilación de gas en Vaca Muerta, utilizando equipos de compresores y paneles fotovoltaicos para que las operaciones sean más sostenibles.
- **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.

XI. Conclusiones

El mantenimiento predictivo, impulsado por el Machine Learning, tiene el potencial de transformar la gestión de activos en Vaca Muerta, mejorando la eficiencia, la seguridad y la rentabilidad de las operaciones. Si bien existen desafíos en su implementación, la adopción de soluciones y estrategias adecuadas puede permitir a las empresas aprovechar al máximo los beneficios de esta tecnología.

La inversión en infraestructura de monitoreo, el desarrollo de modelos de Machine Learning específicos para Vaca Muerta, la capacitación del personal y la colaboración entre diferentes áreas de la empresa son claves para el éxito del mantenimiento predictivo en este yacimiento. Al superar los desafíos y limitaciones, las empresas podrán optimizar sus operaciones, reducir costos, mejorar la seguridad y contribuir a un futuro energético más sostenible.

Es crucial reconocer el impacto ambiental de la extracción de petróleo y gas en Vaca Muerta. El mantenimiento predictivo puede desempeñar un papel vital en la minimización de este impacto al reducir las emisiones, prevenir fugas y derrames y optimizar la utilización de recursos. Esto contribuye a un enfoque más sostenible de la producción de energía en la región.

Las empresas que operan en Vaca Muerta deben priorizar la adopción de estrategias de mantenimiento predictivo para mejorar su eficiencia operativa, reducir costos, mejorar la seguridad y contribuir a la sostenibilidad a largo plazo de la región. Al adoptar estas tecnologías y enfoques, la industria puede liberar todo el potencial de Vaca Muerta al tiempo que minimiza su huella ambiental.

Fuentes citadas

1. Innovando la gestión de activos con el mantenimiento predictivo en la Industria del petróleo y gas - Inspenet, fecha de acceso: febrero 21, 2025, <https://inspenet.com/articulo/innovacion-gestion-de-activos-petroleo-gas/>
2. Vaca Muerta es una "bomba económica" - 350 Español, fecha de acceso: febrero 28, 2025, <https://350.org/es/press-release/vaca-muerta-es-una-bomba-economica/>
3. Optimizando la Operación en Oil & Gas: Mantenimiento Predictivo | Blog - EasyMaint, fecha de acceso: febrero 21, 2025, <https://www.easy-maint.net/es/blog/optimizando-la-operacion-en-oil-gas-mantenimiento-predictivo.html>
4. Mantenimiento predictivo: beneficios para la industria del petróleo y gas - Mobility

Work, fecha de acceso: febrero 21, 2025,
<https://mobility-work.com/es/blog/mantenimiento-predictivo-petroleo-gas/>

5. Aprendizaje automático de predicción de fallas: uso de aprendizaje automático para encontrar fallas antes de que ocurran - UpKeep, fecha de acceso: febrero 21, 2025,
<https://upkeep.com/es/learning/machine-learning-to-find-failures/>

6. ¿Qué es el mantenimiento predictivo? - MATLAB & Simulink - MathWorks, fecha de acceso: febrero 21, 2025,
<https://la.mathworks.com/discovery/predictive-maintenance.html>

7. YPF inaugura el Real Time Intelligence Center: el futuro de los pozos en Vaca Muerta, fecha de acceso: febrero 21, 2025,
<https://mase.lmneuquen.com/vaca-muerta/ypf-inaugura-el-real-time-intelligence-center-el-futuro-los-pozos-vaca-muerta-n1161568>

8. Analyzing Vista's Record-Setting Vaca Muerta Wells with Oil and Gas Machine Learning Models - Novi Labs, fecha de acceso: febrero 21, 2025,
<https://novilabs.com/blog/vista-record-analysis-machine-learning-oil-and-gas-data-model/>

9. Sistemas de predicción. Machine Learning - SPRI, fecha de acceso: febrero 21, 2025,
<https://www.spri.eus/es/teics-comunicacion/sistemas-de-prediccion-machine-learning/>

10. Principales algoritmos para el modelado predictivo - Mosaic Factor, fecha de acceso: febrero 21, 2025,
<https://www.mosaicfactor.com/es/principales-algoritmos-para-el-modelado-predictivo/>

11. Por qué la explotación de Vaca Muerta se encuentra ante desafíos logísticos sin precedentes - Forbes Argentina, fecha de acceso: febrero 21, 2025,
<https://www.forbesargentina.com/negocios/por-explotacion-vaca-muerta-encuentra-de-safios-logisticos-precedentes-n43393>

12. Machine Learning, a la cabeza de la innovación en Vaca Muerta - Mining Press, fecha de acceso: febrero 21, 2025,
<https://miningpress.com/todo-vaca-muerta/354302/machine-learning-a-la-cabeza-de-la-innovacion-en-vaca-muerta>

13. Los beneficios del mantenimiento predictivo - SoftExpert Blog, fecha de acceso: febrero 21, 2025, <https://blog.softexpert.com/es/los-beneficios-del-mantenimiento-predictivo/>
14. ¿Cuánto dinero puede ahorrar el mantenimiento predictivo a una empresa industrial?, fecha de acceso: febrero 21, 2025, <https://power-mi.com/es/content/%C2%BFcu%C3%A1nto-dinero-puede-ahorrar-el-mantenimiento-predictivo-una-empresa-industrial>
15. Beneficios Clave del Mantenimiento Predictivo en Equipos Industriales para Optimizar la Productividad, fecha de acceso: febrero 21, 2025, <https://marcoindustrial.cl/beneficios-clave-del-mantenimiento-predictivo-en-equipos-industriales/>
16. Beneficios del Mantenimiento Predictivo: Optimización y Eficiencia en Manufactura, fecha de acceso: marzo 2, 2025, <https://bsginstitute.com/bs-campus/blog/beneficios-del-mantenimiento-predictivo-optimizacion-y-eficiencia-en-manufactura-1442>
17. Un nuevo año de desafíos y oportunidades en Vaca Muerta - Editorial, fecha de acceso: marzo 2, 2025, <https://vacamuertanews.com/editorial/un-nuevo-ano-de-desafios-y-oportunidades-en-vaca-muerta.htm>
18. Desarrollan técnicas para que Vaca Muerta sea más amigable con el medio ambiente, fecha de acceso: marzo 2, 2025, <https://vacamuertanews.com/actualidad/desarrollan-tecnicas-para-que-vaca-muerta-se-a-mas-amigable-con-el-medio-ambiente.htm>
19. Mantenimiento predictivo. Ventajas y desventajas, fecha de acceso: marzo 2, 2025, <https://www.mantenimientosbdbn.com/mantenimiento-predictivo-ventajas-desventajas/>
20. EL AMBIENTE FRACTURADO: LA NECESIDAD DE UNA EVALUACIÓN AMBIENTAL ESTRATÉGICA EN VACA MUERTA, fecha de acceso: marzo 2, 2025, https://farn.org.ar/wp-content/uploads/2022/01/AMBIENTE-FRACTURADO_links.pdf

21. Descubre seis estrategias para la implementación eficaz del Mantenimiento Predictivo, fecha de acceso: marzo 2, 2025, <https://blog.engeman.com/es/estrategias-para-implementacion-del-mantenimiento-predictivo/>

22. Estrategias de mantenimiento predictivo en la industria: Ahorra tiempo y dinero, fecha de acceso: marzo 2, 2025, <https://gamtgroup.com/mantenimiento/estrategias-mantenimiento-predictivo-en-la-industria/>