

Implementación de mantenimiento predictivo y a condición para la optimización del ciclo de vida de compresores ASPRO.

Autor 1: Gabriel Leonardo Ardila Pérez

gardila@grupovanti.com

Grupo Vanti

Autor 2: Luis Argüello

larguello@grupovanti.com

Grupo Vanti

Resumen

En diciembre de 2022, la Dirección de Mantenimiento del Grupo Vanti implementó un proyecto innovador tipo piloto en la distribuidora Gasorienta para modificar la estrategia de mantenimiento de los compresores de gas natural vehicular, incorporando diagnósticos y tareas a condición para mejorar costos y eficiencia. Anteriormente, el mantenimiento de los compresores Aspro se basaba en las recomendaciones del fabricante, pero se reconoció la necesidad de adaptarlo al estado real de los equipos. El objetivo era optimizar costos, mejorar la eficiencia y adoptar un enfoque proactivo basado en riesgos. La estrategia de mantenimiento fue modificada bajo el enfoque proactivo igualmente cinco compresores que estaban cerca de las horas para realizar mantenimientos preventivos que incluían cambios de partes de considerable impacto en cuanto a costos y a alcance, se les realizaron diagnósticos utilizando técnicas avanzadas como análisis de vibraciones, de aceite y termografía, estos mantenimientos fueron ejecutados bajo el nuevo enfoque y se obtuvieron eficiencias significativas.

Antecedentes

La estrategia de mantenimiento se realizaba según las recomendaciones del

fabricante que tiene una periodicidad de 2500 horas de operación, la siguiente tabla muestra la periodicidad de las rutinas que estaban establecidas y las cantidades ejecutadas entre los años 2002 y 2022 para trece compresores:

Tabla 1. Rutinas de Mantenimiento Aspro

RUTINAS DE MANTENIMIENTO COMPRESORES ASPRO DE ACUERDO CON EL FABRICANTE	
Cantidad	Rutina
59	2500 HRS
30	5000 HRS
13	10000 HRS
7	20000 HRS
1	40000 HRS

Objetivos

Modificar la estrategia de mantenimiento con un enfoque proactivo.

Implementar rutinas de mantenimiento predictivo en los compresores ASPRO.

Validar ante el ente de conformidad la nueva estrategia de mantenimiento.

Obtener eficiencias económicas a partir de la implementación de mantenimiento proactivo.

Probar una tecnología de inteligencia artificial para el mantenimiento predictivo de los compresores ASPRO.

recursos en PRM puede prolongar significativamente la vida útil de un activo.

Desde hace algunos años, el enfoque del mantenimiento predictivo, también conocido como supervisión de las condiciones del activo; ha reconducido al mantenimiento preventivo de manera que se han conseguido unos excelentes resultados en lo que a ahorros se refiere.

El uso de la tecnología de la información para diagnóstico en línea con instrumentos inteligentes (tales como monitores de vibración, análisis de aceite, termografía u otras técnicas de análisis) para obtener datos en tiempo real, equipos portátiles e incorporación de IIoT (Industria Internet de las Cosas), Machine Learning, Big Data, Digital Twins e Inteligencia Artificial ha sido de eficaz aplicación en el reconocimiento de los síntomas que producen el mal funcionamiento de los activos.

La ventaja principal del PRM es la disponibilidad de una detección rápida, necesitando una experiencia previa que reduce el número de las averías graves que producen la interrupción de la producción de la máquina.

La consigna general es que el mantenimiento predictivo debe ser realizado junto con el mantenimiento preventivo. Éste señalará los síntomas de posibles fallos inminentes de la máquina, y realizará el reconocimiento de los pequeños fallos que producen una reacción en cadena que podría conducir a fallos más graves.”

[1] Moubray:

“Fallos Potenciales y Mantenimiento a Condición

La figura 3 ilustra lo que sucede en las etapas finales de la falla. Se le llama la curva P-F, porque muestra cómo comienza la falla, cómo se deteriora al punto en que puede ser detectada (punto “P”) y luego, si no es detectada y corregida, continúa deteriorándose —generalmente a una tasa acelerada— hasta que llega al punto de falla funcional (“F”).



Fig 3. Curva P-F

Una falla potencial es un estado identificable que indica que una falla funcional está a punto de ocurrir o en el proceso de ocurrir.

En la práctica, hay miles de maneras para detectar si las fallas están en el proceso de ocurrir.

Como ejemplos de fallas potenciales podemos nombrar puntos calientes que denotan deterioro del material refractario de un horno o de la aislación eléctrica, vibraciones que indican la falla inminente de un cojinete, grietas que muestran la fatiga del metal, partículas en el aceite de una caja de engranajes que revelan la falla inminente de los engranajes, desgaste excesivo de los neumáticos, etc.

Si se detecta una falla potencial, entre el punto P y el punto F que se observa en la Figura 3, es posible que pueda actuarse para prevenir o evitar las consecuencias de la falla funcional. (Si es posible actuar de manera significativa o no, depende de la rapidez con la que ocurra la falla.) Las tareas

designadas para detectar fallas potenciales se conocen como tareas a condición.

Las tareas a condición consisten en chequear si hay fallas potenciales, para que se pueda actuar para prevenir la falla funcional o evitar las consecuencias de la falla funcional.

Las tareas a condición se llaman así porque los elementos que se inspeccionan se dejan en servicio a condición de que continúen

cumpliendo con los parámetros de funcionamiento especificados. Esto también se conoce como mantenimiento predictivo (porque estamos tratando de predecir y posiblemente cuando el elemento va a fallar basándonos en su comportamiento actual) o mantenimiento basado en la condición (porque la necesidad de acciones correctivas o para evitar las consecuencias se basa en una evaluación de la condición del elemento.)”

GNV para identificar fortalezas, debilidades y oportunidades de mejora. Se realizó una evaluación detallada considerando:

Revisión de la totalidad de las tareas recomendadas por el fabricante: identificación de su pertinencia y aplicabilidad.

Historial de fallas y reparaciones: Análisis de datos sobre tiempos de inactividad, frecuencia de fallas y costos asociados.

Indicadores clave de desempeño (KPIs): Disponibilidad de los equipos, tasa de fallas, tiempo medio entre fallas (MTBF) y tiempo medio de reparación (MTTR)

Infraestructura tecnológica: Evaluación del uso de sensores, software de monitoreo y análisis de datos en tiempo real.

Esta fase permitió establecer un diagnóstico y definir los aspectos críticos a mejorar en la estrategia de mantenimiento.

Metodología



Fig 4. Metodología

Paso 1: Revisión de la Actual Estrategia de Mantenimiento

En esta fase, se analizó el estado actual del mantenimiento de los compresores de

Paso 2: Transformación de la Estrategia de Mantenimiento bajo Enfoque Proactivo

Con base en el diagnóstico del paso anterior, se diseñó una transición hacia un modelo de mantenimiento más eficiente, basado en el monitoreo y la anticipación de fallas. Esto implicó: Implementación de mantenimiento predictivo, tareas a condición y de búsqueda de fallos.

Mantenimiento basado en condición: Establecimiento de límites operativos y alertas tempranas para evitar fallos inesperados.

Optimización del mantenimiento preventivo: Ajuste de frecuencias y actividades de mantenimiento según datos reales en lugar de calendarios fijos.

Capacitación del personal: Entrenamiento en análisis de datos, interpretación de alertas y uso de nuevas herramientas tecnológicas.

Esta fase se enfoca en reducir tiempos de inactividad, optimizar costos y mejorar la confiabilidad de los compresores.

Paso 3: Generación de la Nueva Estrategia de Mantenimiento

Aquí se consolida la nueva estrategia basada en las mejoras implementadas, estableciendo un modelo sostenible y optimizado. Se definen:

Indicadores de desempeño: Definición de KPIs para evaluar el impacto de la nueva estrategia MTBF, MTTR, y reducción de costos.

Automatización y mejora continua: Integración de herramientas de inteligencia artificial y aprendizaje automático para optimizar la predicción de fallas.

Estrategia de mantenimiento adaptativo: Revisión periódica de datos operativos para ajustar la estrategia según el comportamiento real de los compresores.

Planes de acción correctiva: Procedimientos claros para abordar fallos inesperados con mínima afectación operativa.

Esta fase garantiza la sostenibilidad del mantenimiento optimizado y su alineación con los objetivos operativos de la empresa.

Validación de la estrategia para reestructurarla con enfoque en actividades proactivas.

Generación de nueva estrategia de mantenimiento.

Resultados

- Una nueva estrategia de mantenimiento con la inclusión de monitoreo de vibraciones, termografía y análisis de aceite con periodicidad semestral.
- Sustitución de actividades de reemplazo de componentes por tareas a condición.
- Aceptación del ente certificador en la resolución 40278 del cambio del plan de mantenimiento, conforme a lo que la resolución permite que es que el plan de mantenimiento tenga mínimamente las frecuencias del fabricante o las asociadas a un esquema de mantenimiento donde se especifiquen las revisiones de los componentes que integran la estación de servicio, se identifique la necesidad de cambio de repuestos y las pruebas obligatorias a las que debe someterse conforme a lo definido en este reglamento expresadas en un cronograma de actividades
- En cinco compresores que tenían mantenimiento mayor conforme a la recomendación del fabricante:
 - o Inversión inicial prevista: entre \$200 y \$300 millones de pesos en los mantenimientos mayores.
 - o Gasto real en mantenimiento de acuerdo con la nueva estrategia: entre \$70 y 100 millones de pesos (70% de ahorro).
 - o Gasto en los diagnósticos: un rango entre \$10 y 20 millones de pesos (3.4% del total).

- Como complemento al proyecto se probó una tecnología de inteligencia artificial que usa un multisensor que mide vibraciones, ultrasonido, temperatura ambiente y superficial. El piloto tuvo una duración de un mes y los resultados fueron acertados conforme al estado del equipo, se diagnosticó efectivamente una desalineación de poleas y desgaste de correas. A continuación, las imágenes muestran el sensor y las gráficas obtenidas.



Fig 5. Sensor instalado

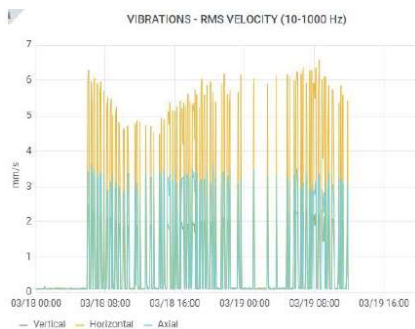


Fig 6. Gráfico de vibraciones

- Se logró una implementación exitosa de la nueva estrategia de mantenimiento, que de acuerdo con averiguaciones en el sector este proyecto fue pionero ya que

no se tiene conocimiento de uno similar implementado en el pasado en compresores Aspro./

Bibliografía

- [1] Moubray J., Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, Buenos Aires, Aladon, 2004, cap. 7
- [2] Amendola L., Gestión integral de activos, Valencia, PMM institute for learnig, 2022, cap 1.7.
- [3] Amendola, L. Gestión de Proyectos de Activos Industriales, España, UPV, 2006
- [4] BS ISO 55000 Series, ISO 55001, ISO 55002, Asset Management Systems, Gudelines, 2018
- [5] Campbell, John D., Jardine, Andrew K. S., Asset Management Excellence, 2011.

Gabriel Leonardo Ardila Pérez

Ingeniero Mecánico, Especialista y Magister en Gerencia de Mantenimiento, con certificación como Gestor de Mantenimiento y Confiabilidad ACIEM CGMC, con 18 años de experiencia en áreas técnicas y 16 específicas en operación y mantenimiento de facilidades de producción, transporte y distribución de crudo y gas. Con formación y competencias en estrategias de Gestión de Activos, análisis de riesgos, normas de gasoductos, compresión de gas, seguridad de procesos, liderazgo de equipos. se destaca la implementación de estrategias de mantenimiento basadas en RCM en el Grupo Vanti, en TGI S.A ESP, Confipetrol y Exterran Energy Solutions.

1. Nombre del autor 1. Gabriel Leonardo Ardila Pérez
2. Teléfono
Celular: 3183729051
3. Dirección

- a. Residencia: El Paramito,
Piedecuesta
- b. Oficina: Diagonal 13 # 60A –
54
- c. E.mail: gardila@grupovanti.com
- d. Ciudad: Bucaramanga
- e. País: Colombia

Luis José Argüello Patiño

Técnico mantenimiento de sistemas de gas natural, Analista y programador de sistemas, Metalista del SENA, con 34 años de experiencia en el área y 18 en supervisión de Estaciones de GNV.

4. Nombre del autor 2. Luis Jose Argüello Patiño

5. Teléfono

Celular: 3184527535

6. Dirección

f. Residencia: Concordia,
Bucaramanga

g. Oficina: Diagonal 13 # 60A –
54

h. E.mail:
larguello@grupovanti.com

i. Ciudad: Bucaramanga

j. País: Colombia