CMC CHILE 2026

Sesión SPARK

1

SPARK SESIÓN 32

CONGRESO DE MANTENIMIENTO & CONFIABILIDAD CHILE 7ª EDICIÓN



Una alerta no es una decisión:

Criterios para convertir analítica predictiva en acciones de mantenimiento basadas en riesgo

Víctor Martínez

Líder Gestión de Activos – Engie Cluster Gas

2

CONTENIDO

1. Contexto
2. Principio de Funcionamiento
3. Secuencia Estructurada de Implementación
4. Modelo de Toma de Decisiones
5. Casos de éxito reales
6. Conclusiones

3

Contexto



Variables **individuales** contra umbrales estáticos e inspecciones periódicas.

Migrar de **umbrales estáticos** hacia **comportamiento dinámico** del activo, considerando la correlación de múltiples variables.

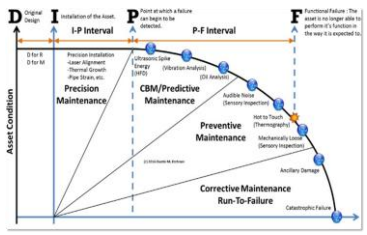
Una alerta predictiva por si sola no es una decisión. La analítica predictiva solo cambia un umbral fijo a una alarma mas compleja de interpretar.

Marco estructurado de toma de decisiones, **basado en la criticidad de la alerta predictiva y árbol lógico de toma de decisión.**

4

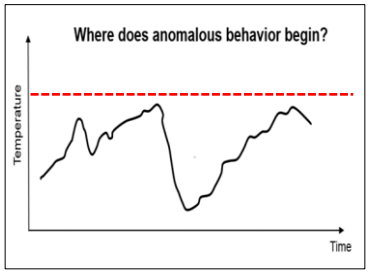
Principio de Funcionamiento Analítica Predictiva

Curva de Condición de Activos



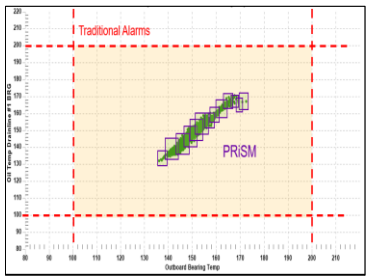
Analítica Predictiva se anticipa a todas las técnicas tradicionales

Alerta Tradicional



Variable individual evaluada contra umbrales

Alerta Analítica Predictiva



Correlación simultánea de múltiples variables y su dependencia de la condición operacional

5

Secuencia Estructurada de Implementación

1. Definición y depuración del comportamiento de referencia del activo

-Revisión P&D
-Selección de señales
-Histórico mantenimiento
-Eliminación data sesgada

2. Construcción del modelo de correlación multivariable

-Sesiones con fabricante del software.
-Construcción de modelo con ayuda de IA.

3. Integración con monitoreo en línea



4. Calificación disciplinada de alertas en plazos definidos

-Clasificación en defecto correcto, defecto incorrecto, error de modelo o equipo en mantenimiento.
-Re-entrenamiento del modelo (machine learning)

5. Criterios para convertir analítica predictiva en acciones de mantenimiento basadas en riesgo

- Dado a los costos de licencias, esta tecnología se hace rentable solo a equipos de alta criticidad y altas consecuencias.
- La metodología se basa en el nivel de criticidad de la alerta predictiva y árbol lógico de toma de decisión.

6

Modelo de Toma de Decisiones

Determinación Nivel de Criticidad de la Alerta Predictiva

Desviación respecto al valor esperado

A	Alta magnitud de desviación
B	Medio magnitud de desviación
C	Baja magnitud de deviación

- El valor esperado de la analítica predictiva no es constante, varía de forma automática y dependiendo de las condiciones en la cual se esté operando el activo.
- El rango de desviación entre el valor medido y el valor esperado no es constante, la cual varía dependiendo del tipo de señal (vibraciones, presión, potencia, etc) y criterios de expertos.
- Los niveles aceptados de una señal; ejemplo vibraciones, pueden ser diferentes en equipos de la misma familia.



Se debe conformar mesa de trabajo para definir los niveles de desviación por cada tipo de señal y tipo de equipo que se esté analizando.

7

Modelo de Toma de Decisiones

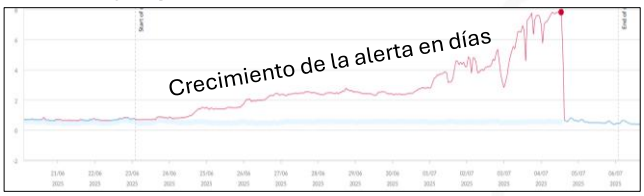
Determinación Nivel de Criticidad de la Alerta Predictiva

Velocidad crecimiento anomalía

A	Días
B	Semanas
C	Meses

- Al detectarse una alerta predictiva y posterior a evaluar el nivel de desviación, se debe hacer seguimiento de cómo evoluciona el crecimiento de la alerta.
- Las alertas se pueden mantener constante en el tiempo lo que se clasifica como nivel C, puede comenzar a crecer en semanas (nivel B) o en días (nivel A).
- Es importante destacar que la velocidad de crecimiento de la anomalía no se mide en horas, dado que la analítica predictiva no está diseñada para fallas súbitas, sino para fallas en sus fases incipientes.

Ejemplo Velocidad de Crecimiento Nivel A



Ejemplo Velocidad de Crecimiento Nivel C



Limitación del Modelo: El primer día de la alerta no se puede estimar la velocidad de crecimiento, pero al ser incipiente se puede esperar evolución.

8

Modelo de Toma de Decisiones

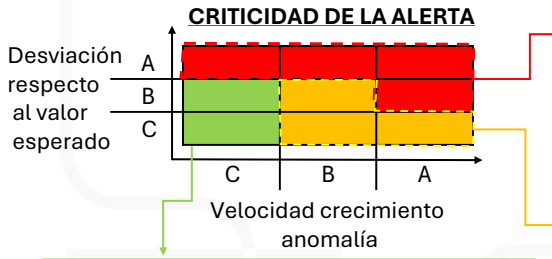
Determinación Nivel de Criticidad de la Alerta Predictiva

Desviación respecto al valor esperado

A	Alta magnitud de desviación
B	Medio magnitud de desviación
C	Baja magnitud de deviación

Velocidad crecimiento anomalía

A	Días
B	Semanas
C	Meses



- Con la finalidad de resguardar el activo, las alertas de alto nivel de desviación con respecto al valor esperado siempre serán críticas independiente de la velocidad de crecimiento de la anomalía. ***Resuelve limitación del modelo.***
- Una alerta de nivel de desviación medio o bajo puede evolucionar a crítica dependiendo del nivel de velocidad de crecimiento de la anomalía.

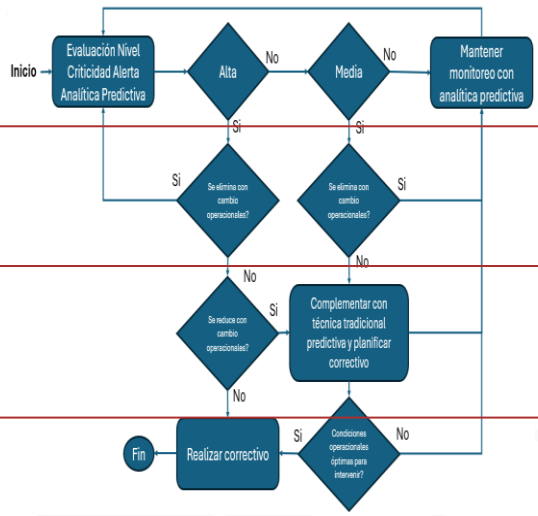
- Las alertas de nivel intermedio están influenciadas por la velocidad de crecimiento de la anomalía.
- Pueden evolucionar a nivel alto, si la desviación con respecto al valor esperado llega a niveles críticos.

Las alertas de nivel bajo, es solo para control y seguimiento, se explicará más detalle en el árbol lógico de toma de decisión.

9

Modelo de Toma de Decisiones

Árbol Lógico de Toma de Decisión



- El primer paso es determinar el nivel de criticidad de la alerta en función de matriz de criticidad.
- Las alertas de criticidad baja se mantiene el monitoreo sin ninguna acción. Solo se establecen estrategias para las alertas de mediana y alta criticidad.

- La experiencia demuestra que la mayor cantidad de anomalía se pueden resolver con cambios operacionales.
- En caso de eliminar se mantiene el monitoreo hasta la aparición de una nueva alerta, en caso contrario se continúa al siguiente nivel.
- La analítica predictiva no solo evalúa la gestión de mantenimiento.

- Si las alertas de alta criticidad se pueden reducir su impacto con cambios operacionales, el nivel de criticidad bajaría a nivel medio.
- Las alertas de media criticidad, pueden planificarse en la mejor condición operacional posible. Completar con técnicas tradicionales para planificar el correctivo.

- Las alertas de alta criticidad que no puedan eliminarse ni mitigarse con cambios operacionales, se debe realizar el correctivo de forma inmediata.

10

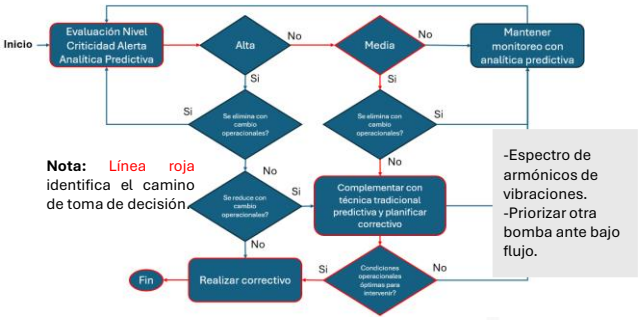
Caso de éxito #1 – Terminal GNLM Chile

Equipo: Bomba Alta Presión (1.5 MUSD)
Escenario: Criticidad media y con plan de mitigación operacional para su intervención planificada.

Síntoma:
- Altas vibraciones a flujos menores de 100 m³/h.

Criticidad Alerta:
- Nivel de desviación contra valor esperado (medio).
- No aumento en el tiempo.
- **Nivel de alerta media.**

Árbol Lógico Decisión:
- No es factible eliminar ni mitigar con cambios operacionales.
- Es factible priorizar el uso de otras bombas cuando se requiera operar la terminal en bajo flujo.
- Mantener monitoreo y planificar intervención en las mejores condiciones operacionales.



Intervención 3 meses post diagnóstico

Reducción de aproximadamente 190 kUSD

11

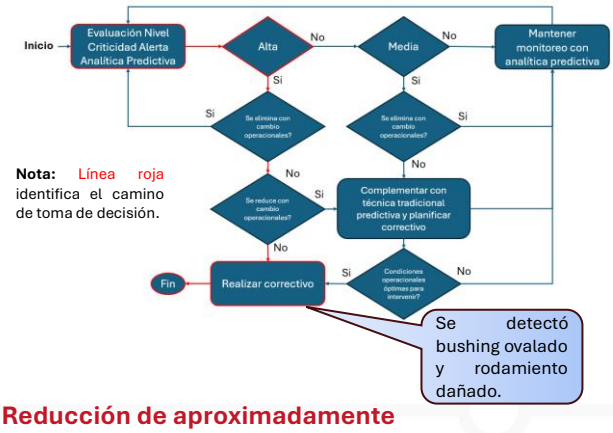
Caso de éxito #2 – Terminal GNLM Chile

Equipo: Bomba Baja Presión (1 MUSD)
Escenario: Alta criticidad con intervención inmediata.

Síntoma:
- Altas vibraciones sin correlación con alguna otra variable operacional.

Criticidad Alerta:
- Nivel de desviación contra valor esperado (alto).
- Velocidad de crecimiento de la anomalía (días).
- **Nivel de alerta alta.**

Árbol Lógico Decisión:
- No es factible eliminar ni mitigar con cambios operacionales.
- **Realizar mantenimiento correctivo aún en fase incipiente antes de llegar a una falla de nivel mayor.**



Reducción de aproximadamente 50 kUSD

12

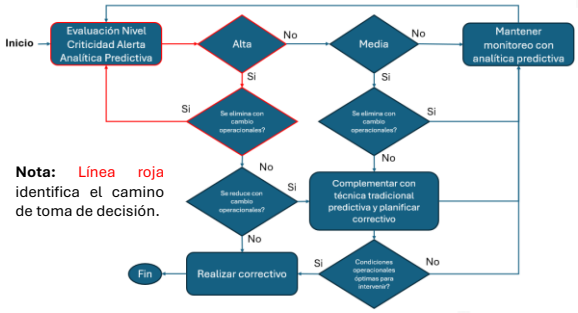
Caso de éxito #3 – Terminal GNLM Chile

Equipo: Bomba Alta Presión (1.5 MUSD)
Escenario: Alta criticidad y eliminación de anomalía con cambio operacional.

Síntoma:
- Altas vibraciones correlación de temperatura del GNL.

Criticidad Alerta:
- Nivel de desviación contra valor esperado (alto).
- Sin aumento en el tiempo.
- **Nivel de alerta alta.**

Árbol Lógico Decisión:
- **Es factible eliminar la anomalía con cambios operacionales.**
- No se requiere intervenir equipo para mantenimiento.



Nota: Línea roja identifica el camino de toma de decisión.

- Al realizar el análisis, se determinó que a la presión y temperatura a la cual se estaba operando el fluido de succión de la bomba, el GNL se encontraba en estado bifásico (líquido + gas), lo cual generaba cavitación en la bomba y en consecuencia desgaste en sus componentes.
- Realizando evaluación con el equipo de operaciones e ingeniería de proceso, se determinó que era factible resolver la situación de flujo bifásico con cambios operacionales.

13

Conclusiones

Una alerta **no es una decisión**: Criterios para convertir analítica predictiva en **acciones de mantenimiento basadas en riesgo.**

No es una herramienta únicamente de monitoreo

Es un mecanismo de integración entre mantenimiento, operación y gestión de activos.

Método de Toma de Decisión

- No toda alerta predictiva es necesario intervenir el equipo de forma inmediata.
- Es vital definir niveles de desviación de alerta en función del tipo de señal y equipo.
- Las alertas predictivas pueden evolucionar o cambiar de criticidad en el tiempo.
- El árbol de toma de decisiones permite identificar el momento óptimo de intervención del equipo.
- El modelo presenta limitaciones en velocidad de crecimiento de la anomalía, pero se resuelve al evaluar la matriz de criticidad.

Beneficios Metodología

- Sostener decisiones ante la gerencia.
- Evitar intervenciones con anticipaciones excesivas.

14

SESIÓN 32

ESCANEA EL CÓDIGO QR

RESPONDE UNA BREVE ENCUESTA

CONGRESO DE MANTENIMIENTO & CONFIABILIDAD CHILE 7ª EDICIÓN

¡GRACIAS!

Víctor Martínez

martinezcamero@gmail.com

Victor.martinez@gnlm.cl

15