



1



**Detectar, diagnosticar y
corregir la causa de la falla -
Metodología para ampliar la
vida de los componentes**

Marco A. Suárez L
Gerente regional Atten2



2

FMSA (Failure Modes and Symptoms Analysis) es una técnica que complementa y enriquece a **FMEA**, enfocándose no solo en los **[modos de falla]**, sino también en los **[síntomas]** que preceden o acompañan dichas fallas.

#CMCChile2025

 CONGRESO DE
MANTENIMIENTO
& CONFIABILIDAD
CHILE 6ª EDICIÓN

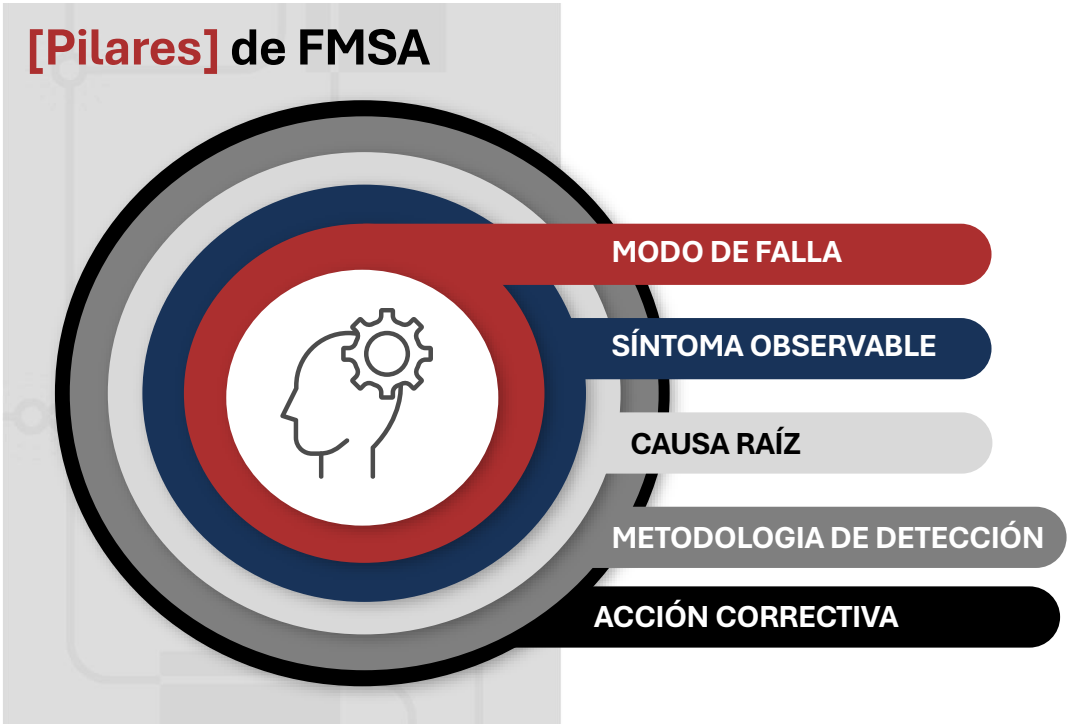
3

METODOLOGÍA [FMSA]

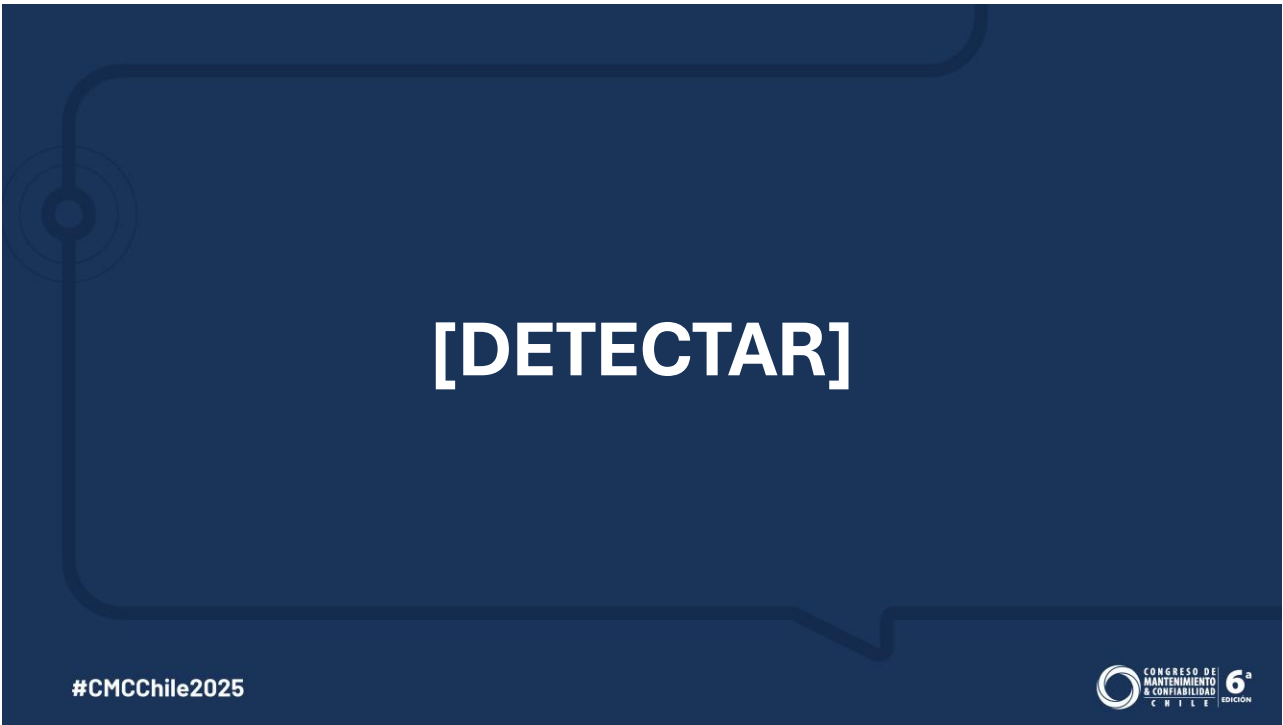
1. Definición del **alcance** y del sistema
2. **Identificación** de modos de falla
3. Detección de **síntomas** asociados
4. Mapeo de relaciones **causa-síntoma**
5. Evaluación de **riesgo y criticidad**
6. Priorización y definición de **acciones** de mantenimiento

 CONGRESO DE
MANTENIMIENTO
& CONFIABILIDAD
CHILE 6ª EDICIÓN

4



5



6



MODO DE FALLO

¿Cuáles son los modos de fallo que me pueden afectar?

#CMCChile2025

CONGRESO DE
MANTENIMIENTO
& CONFIABILIDAD
CHILE 6^a
EDICIÓN

7

FALLAS DE UNA CAJA DE ENGRANES



DESGASTE
EXCESIVO



FALLA
DE
RODAMIENTO



FUGA DE
LUBRICANTE



CONTAMINACIÓN
CON AGUA

#CMCChile2025

CONGRESO DE
MANTENIMIENTO
& CONFIABILIDAD
CHILE 6^a
EDICIÓN

8



Síntoma [Observable]

Señales o indicadores medibles (vibración, partículas, temperatura, ruido).

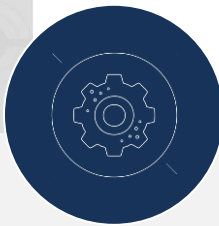
9

[Síntomas] observables



DESGASTE

- Aumento código de contaminación sólida ISO 4406
- Aumento de temperatura
- Oscurecimiento del lubricante
- Partículas en tapón magnético



FUGA

- Nivel de aceite bajo
- Presencia de lubricante fuera de la caja
- Aumento de temperatura



AGUA

- Incremento de acidez
- Turbidez del lubricante
- Corrosión de superficies
- Aumento del nivel de aceite

10

[Diagnosticar]

#CMCChile2025


 CONGRESO DE
MANTENIMIENTO
& CONFIABILIDAD
CHILE 6ª EDICIÓN

11

DESGASTE

- Lubricación inadecuada
- Sobrecarga
- Lubricante sucio
- Nivel de aceite bajo



FUGA

- Desgaste de sellos
- Incompatibilidad de materiales.
- Rotura



AGUA

- Rotura del sistema de enfriamiento
- Ambiente o proceso
- Error humano-Diseño

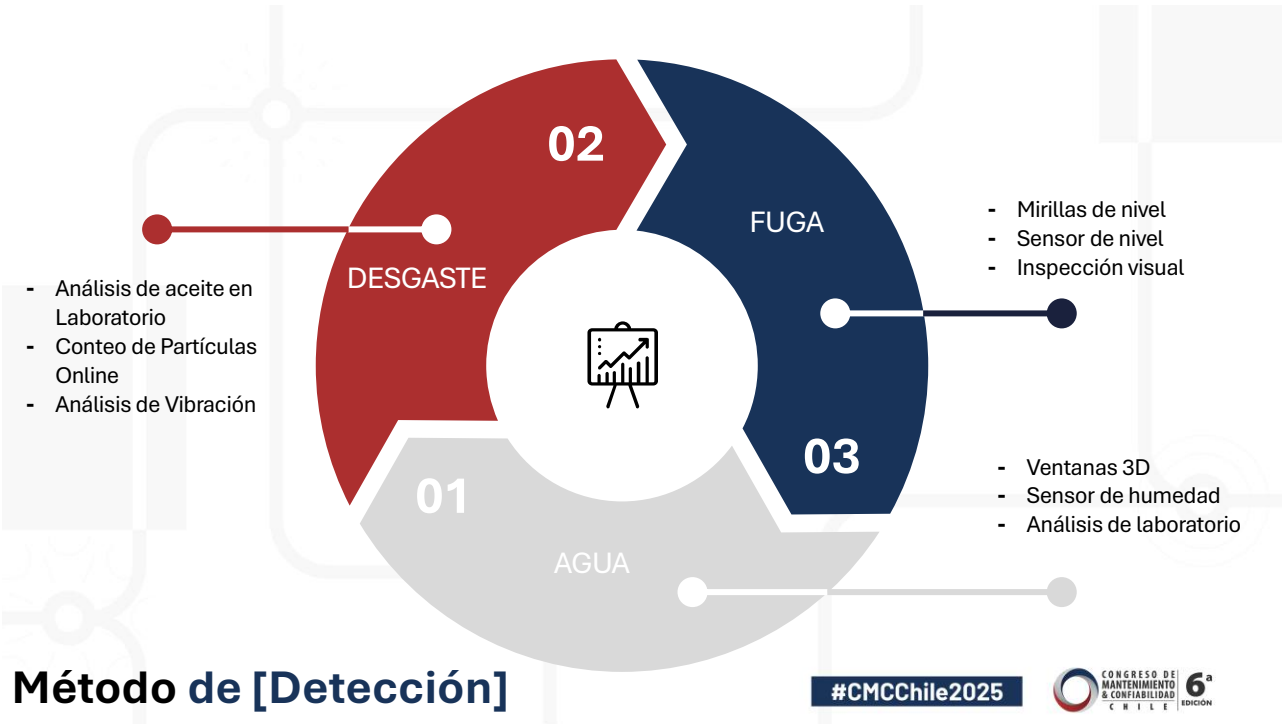


Causa [Raíz]

#CMCChile2025


 CONGRESO DE
MANTENIMIENTO
& CONFIABILIDAD
CHILE 6ª EDICIÓN

12



13

Relación [Causa - Síntoma]

Modo de falla	Causa	Síntoma
Desgaste excesivo	Lubricación Inadecuada -Viscosidad baja	Aumento código ISO 4406
Fuga de lubricante	Rotura de manguera por diseño inadecuado	Bajo Nivel
Contaminación con agua	Error humano	Turbidez del lubricante
Desgaste excesivo	Lubricante sucio	Aumento en temperatura

#CMCChile2025

14

[CORREGIR]

#CMCChile2025

CONGRESO DE
MANTENIMIENTO
& CONFIABILIDAD
CHILE 6^a EDICIÓN

15

Evaluación y [Priorización]

**Desgaste
excesivo**



**Contaminación
con agua**



**Fuga de
lubricante**



#CMCChile2025

CONGRESO DE
MANTENIMIENTO
& CONFIABILIDAD
CHILE 6^a EDICIÓN

16

[Estructura] FMSA

Elemento	Descripción
Modo de Falla	¿Qué puede fallar? (ej. desgaste, cavitación, fatiga, contaminación).
Síntoma Observable	Señales o indicadores medibles (vibración, partículas, temperatura, ruido).
Causa Raíz	Condición que genera la falla (mal montaje, falta de lubricación, fatiga).
Método de Detección	¿Cómo se puede detectar el síntoma? (sensor, análisis de laboratorio, inspección visual).
Acción Correctiva	¿Qué intervención previene o corrige el problema? (alinear, reemplazar, filtrar, etc.).

#CMCChile2025



17

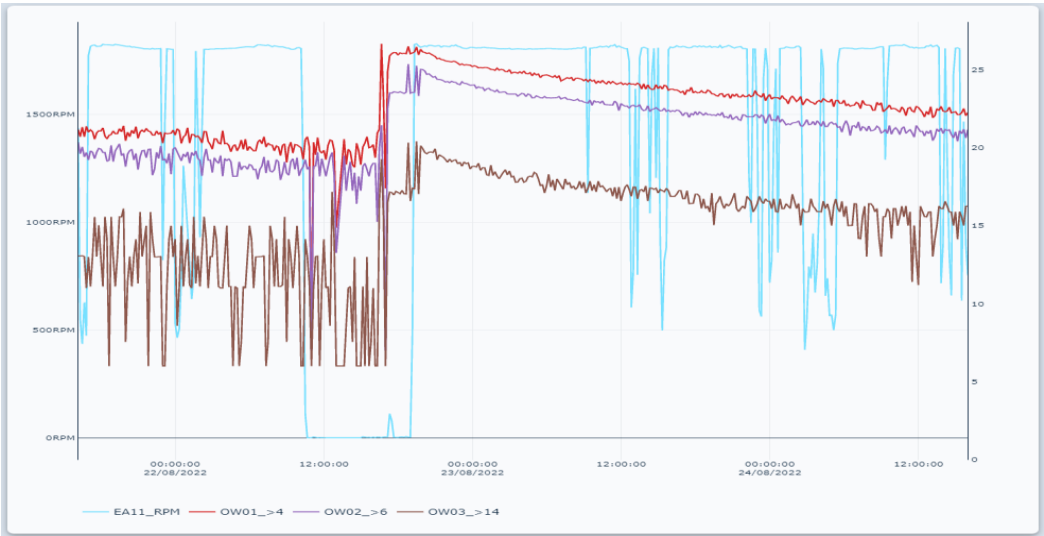
Caso de [Aplicación]

#CMCChile2025



18

Modo de falla → [Desgaste excesivo]



#CMCChile2025

CONGRESO DE
MANTENIMIENTO
& CONFIABILIDAD
CHILE 6ª EDICIÓN

19

[Método] de detección

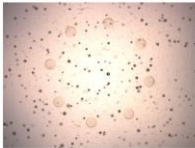
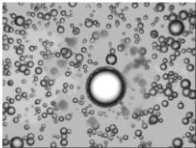
1

Clasificación del tamaño de las partículas según ISO:4406, NAS.



2

Discriminación de burbujas de aire y/o agua



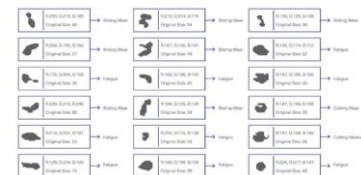
Único sensor en el mercado con capacidad de discriminación

Conteo de partículas en 6 tamaños y con dígito decimal.

ISO4	ISO6	ISO14	ISO21	ISO38	ISO70
21.9	19.6	16.1	11.0	8.6	6.0

3

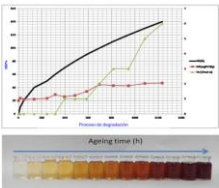
Causa raíz mediante el análisis de imágenes digitales



Permite determinar modos de fallo para tomar de decisiones anticipadas

4

Sistema de control en línea de la salud del lubricante



Relación de la opacidad y el color de lubricante con cambios físico-químicos durante el proceso

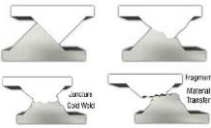
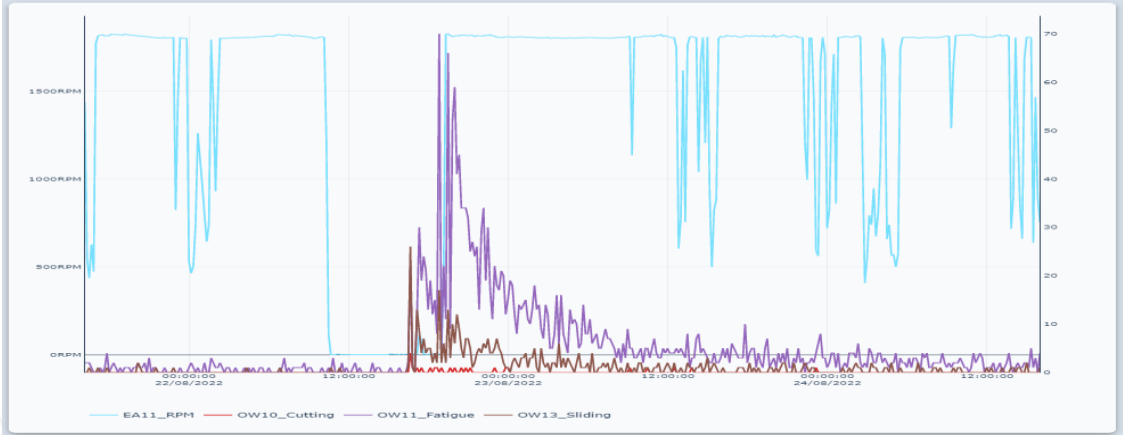
- Oxidación
- Mezcla de lubricantes
- Degradación natural
- Entre otros...

#CMCChile2025

CONGRESO DE
MANTENIMIENTO
& CONFIABILIDAD
CHILE 6ª EDICIÓN

20

[Método] de detección



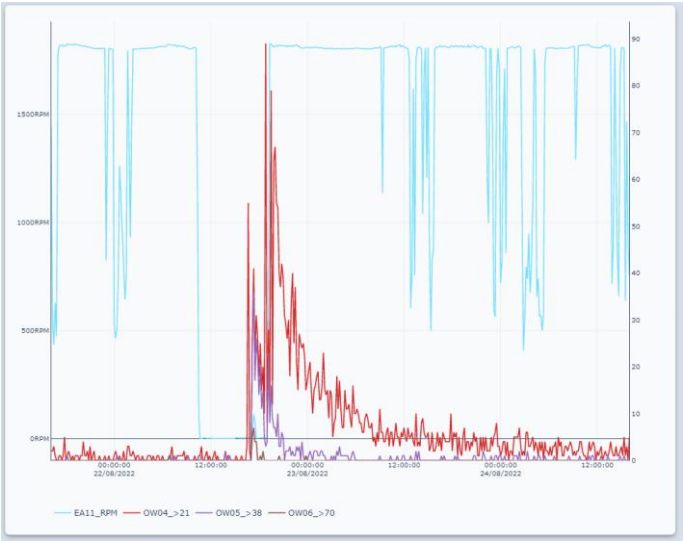
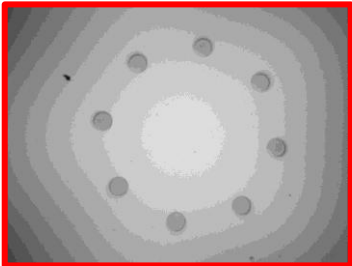
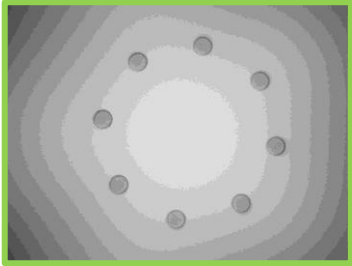
El desgaste por deslizamiento se produce en **contactos cargados** o superficies **sin lubricar** de la máquina.

#CMCChile2025

CONGRESO DE
MANTENIMIENTO
& CONFIABILIDAD
CHILE 6^a EDICIÓN

21

Síntoma → [Aumento partículas >21µm]

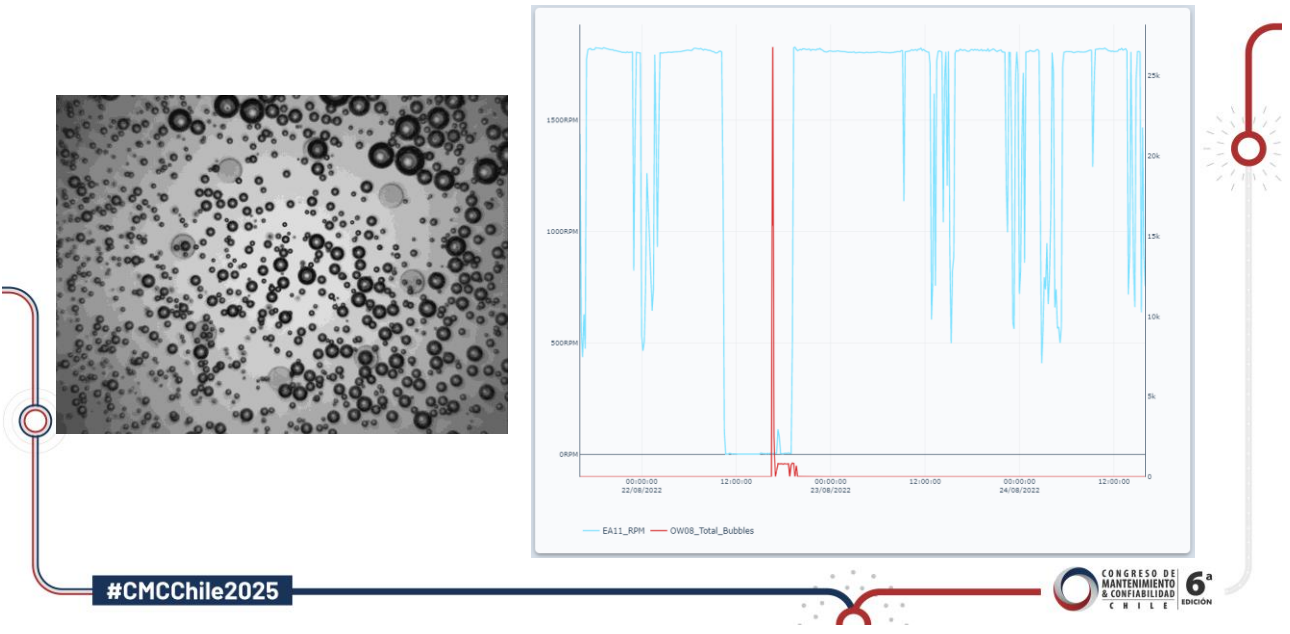


#CMCChile2025

CONGRESO DE
MANTENIMIENTO
& CONFIABILIDAD
CHILE 6^a EDICIÓN

22

Causa → [Error de diseño]



23

[CONCLUSIÓN]

24

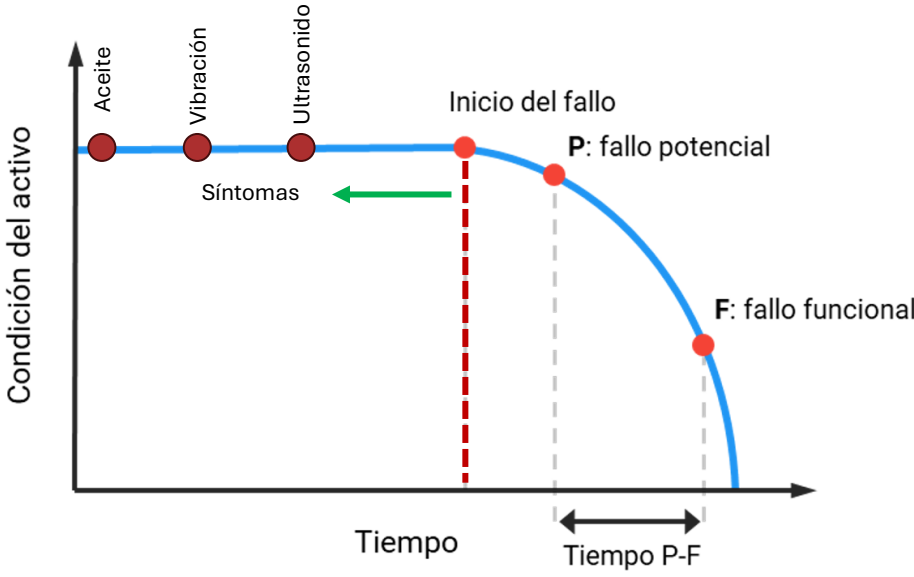
"La metodología **FMSA** no solo permite identificar modos de falla, sino que al vincular cada síntoma con un sensor o método de monitoreo, se transforma en una herramienta práctica para diseñar estrategias de mantenimiento predictivo y confiabilidad operacional."

Sensor / Método	Síntomas detectables	Modos de falla asociados
Vibración (acelerómetros, análisis espectral)	Golpes periódicos, incremento de vibración, vibración 1× y 2× RPM, patrones espectrales tipo peine	Pitting /spalling, desgaste, desalineación, holguras.
Temperatura (termopares, RTD, IR)	Sobrecalentamiento, puntos calientes, aumento progresivo de temperatura	Lubricación deficiente/excesiva, desalineación, desgaste
Ultrasónico / Acústico	Ruido irregular, chirridos, golpeteo incipiente, fricción anómala	Lubricación inadecuada, inicio de fatiga, desgaste superficial
Sensores de partículas en línea (contadores, ópticos, Atten2 S120)	Partículas finas metálicas, partículas grandes con bordes definidos, burbujas y contaminantes sólidos	Desgaste abrasivo, fatiga superficial (pitting) , contaminación

#CMCChile2025



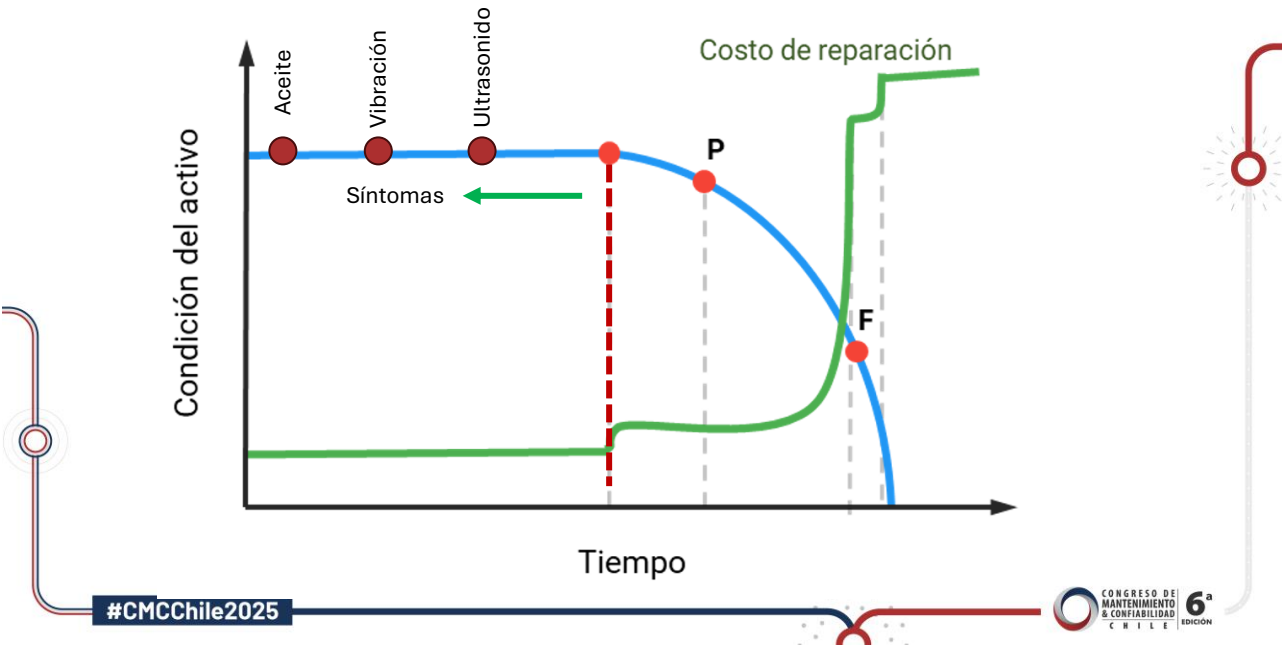
25



#CMCChile2025



26



27



CONGRESO DE
MANTENIMIENTO
& CONFIABILIDAD
CHILE 6ª
EDICIÓN

iGracias!

Marco Suárez L.
msuarez@atten2.com

SESIÓN
17

**ESCANEA EL
CÓDIGO QR**



**RESPONDE UNA
BREVE ENCUESTA**

28