



1

The logo for "BRÚJULA" features a red compass rose icon to the left of the word "BRÚJULA" in a bold, red, italicized font. The background is white with decorative vertical bars in purple, grey, and green on the right side.

CONGRESO DE MANTENIMIENTO & CONFIABILIDAD M É X I C O 18ª EDICIÓN

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

Marco A. Suárez L.
Gerente regional Atten2 Latam

A portrait of Marco A. Suárez L., a man with glasses wearing a dark blue suit jacket over a white shirt. He is standing in front of a background with decorative vertical bars in purple, grey, and green.

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.

#CMCMéxico2025


 CONGRESO DE
MANTENIMIENTO
& CONFIABILIDAD
MÉXICO 18^a
EDICIÓN

3

METODOLOGÍA [FMSA]

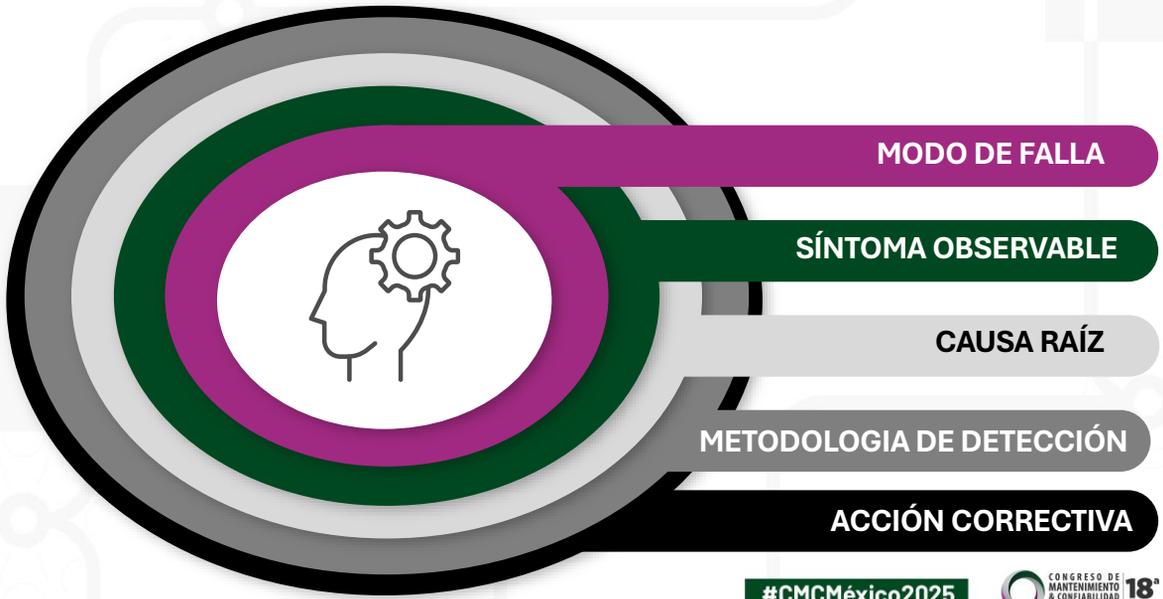
1. Definición del **alcance** y del sistema
2. **Identificación** de modos de falla
3. Detección de **síntomas** asociados
4. Mapeo de relaciones **causa-síntoma**
5. Evaluación de **riesgo y criticidad**
6. Priorización y definición de **acciones** de mantenimiento


 CONGRESO DE
MANTENIMIENTO
& CONFIABILIDAD
MÉXICO 18^a
EDICIÓN

4

[Pilares] de FMSA

Atten[2]



5

[DETECTAR]

#CMCMéxico2025

CONGRESO DE MANTENIMIENTO & CONFIABILIDAD MEXICO 18ª EDICIÓN

6



Atten[2]

MODO DE FALLO

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

#CMCMéxico2025



7

Atten[2]

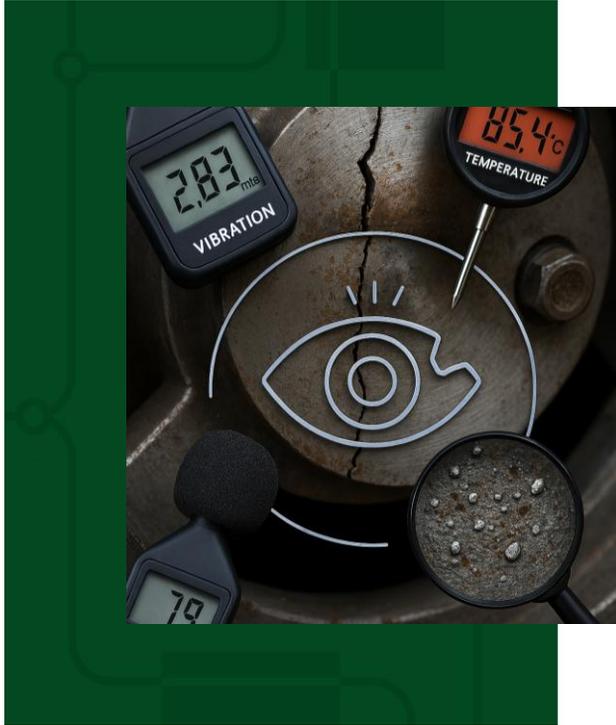
FALLAS DE UNA CAJA DE ENGRANES



#CMCMéxico2025



8



Síntoma [Observable]

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

9

[Síntomas] observables

Atten[2]



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]

#CMCMéxico2025

CONGRESO DE MANTENIMIENTO & CONFIABILIDAD MEXICO 18^a EDICIÓN

11

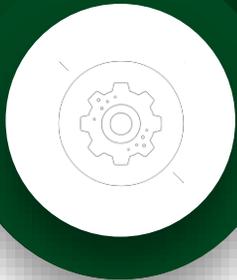
DESGASTE

- 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



Atten[2]

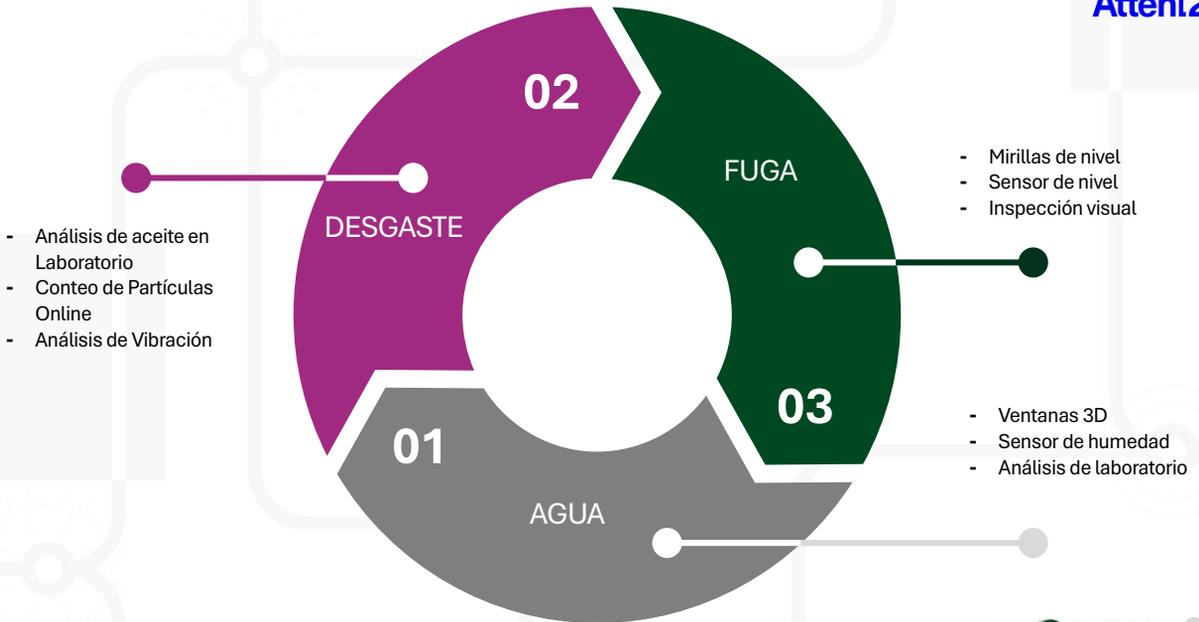
Causa [Raíz]

#CMCMéxico2025

CONGRESO DE MANTENIMIENTO & CONFIABILIDAD MEXICO 18^a EDICIÓN

12

Atten[2]



Método de [Detección]

#CMCMéxico2025

CONGRESO DE MANTENIMIENTO & CONFIABILIDAD MEXICO 18^a 25. EDICION

13

Atten[2]

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

#CMCMéxico2025

CONGRESO DE MANTENIMIENTO & CONFIABILIDAD MEXICO 18^a EDICION

14

[CORREGIR]

#CMCMéxico2025

CONGRESO DE MANTENIMIENTO & CONFIABILIDAD MEXICO 18^a EDICIÓN

15

Evaluación y [Priorización]

Atten[2]

Desgaste excesivo



Contaminación con agua



Fuga de lubricante



#CMCMéxico2025

CONGRESO DE MANTENIMIENTO & CONFIABILIDAD MEXICO 18^a EDICIÓN 04.

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.).

#CMCMéxico2025



17

Caso de [Aplicación]

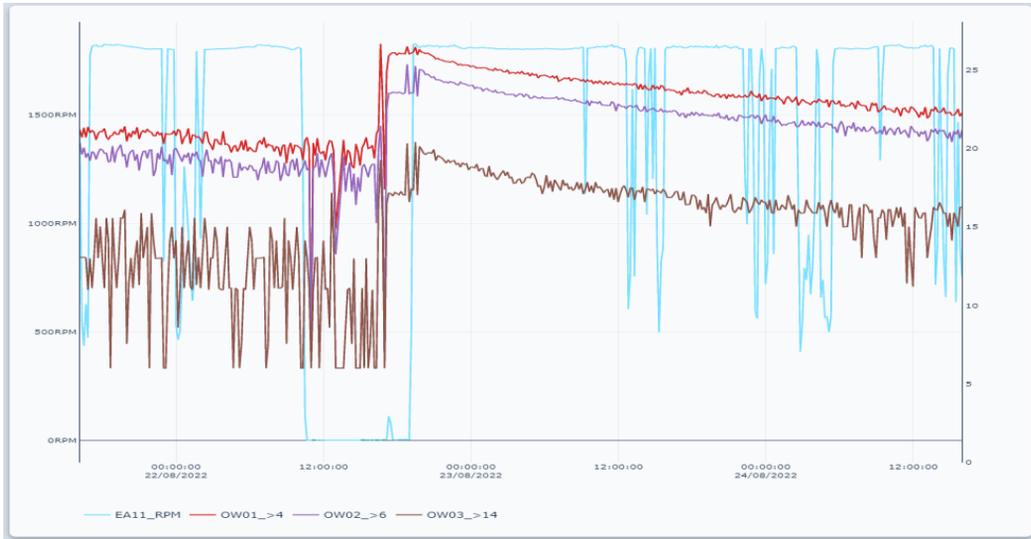
#CMCMéxico2025



18

Atten[2]

Modo de falla → [Desgaste excesivo]



#CMCMéxico2025

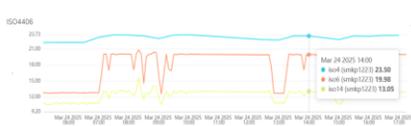
CONGRESO DE MANTENIMIENTO & CONFIABILIDAD MEXICO 18^a EDICION

[Método] de detección

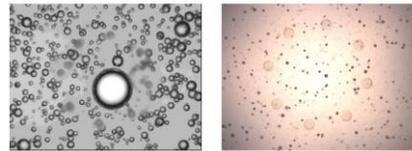
Atten[2]



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



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	ISO4	ISO14	ISO21	ISO39	ISO70
21.9	19.6	16.1	11.0	8.6	6.0



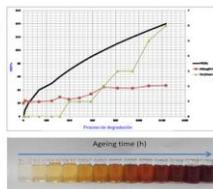
Causa raíz mediante el análisis de imágenes digitales

ISO4	ISO4	ISO14	ISO21	ISO39	ISO70
21.9	19.6	16.1	11.0	8.6	6.0

Permite determinar modos de fallo para tomar de decisiones anticipadas



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

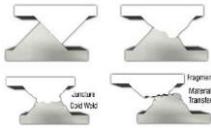
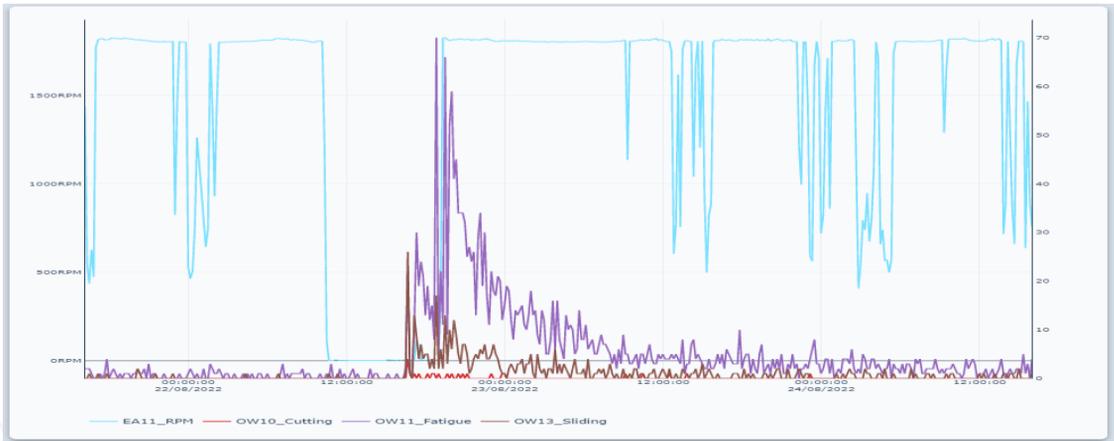
- > Oxidación
- > Mezcla de lubricantes
- > Degradación natural
- > Entre otros...

#CMCMéxico2025

CONGRESO DE MANTENIMIENTO & CONFIABILIDAD MEXICO 18^a EDICION

[Síntoma] → Aumento partículas de deslizamiento

Atten[2]



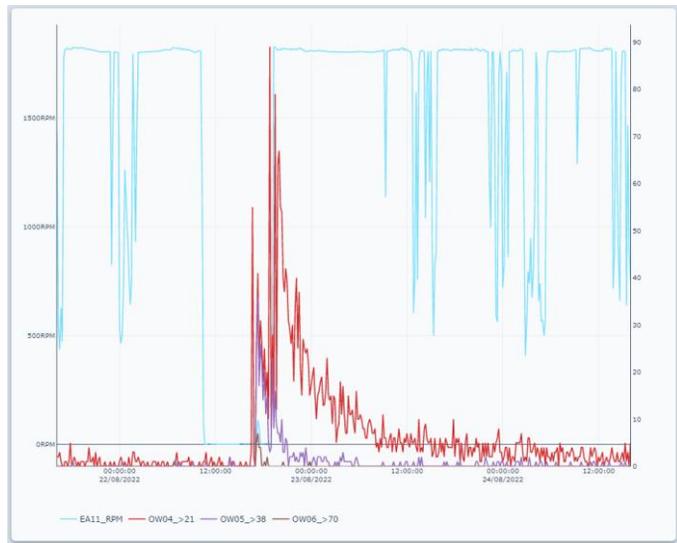
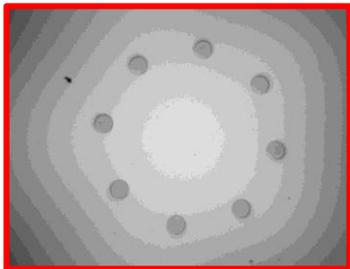
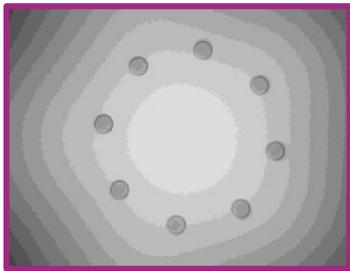
El desgaste por deslizamiento se produce en **contactos cargados** o superficies **sin lubricar** de la máquina.

#CMCMéxico2025



Síntoma → [Aumento partículas >21µm]

Atten[2]

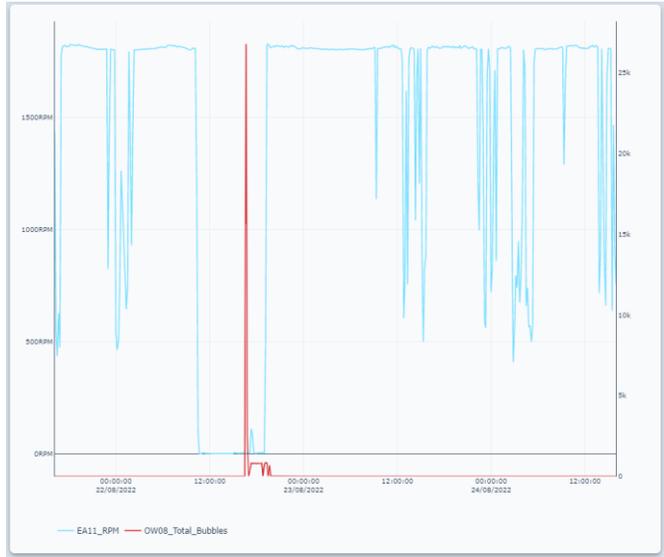
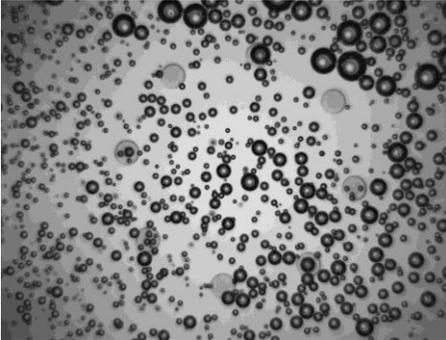


#CMCMéxico2025



Causa → [Error de diseño]

Atten[2]



#CMCMéxico2025



Atten[2]

[CONCLUSIÓN]

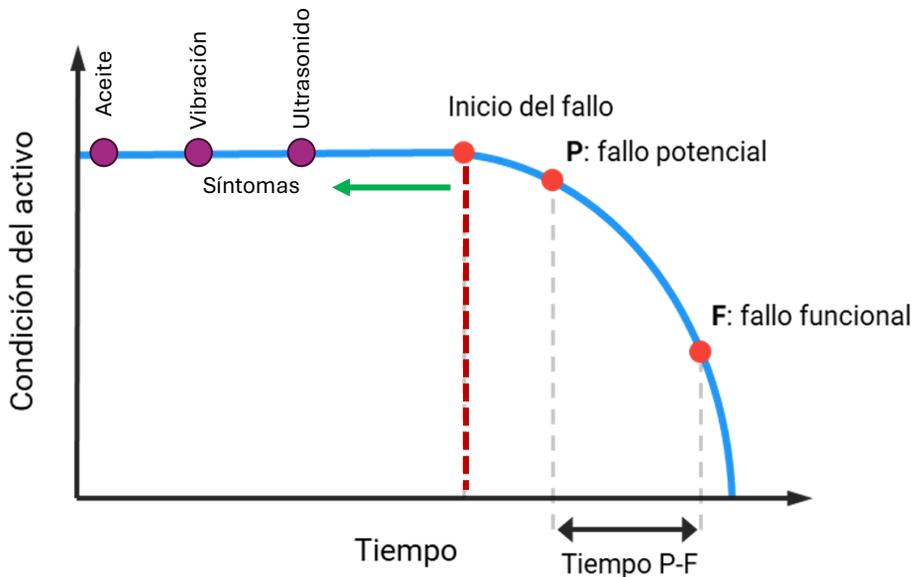
#CMCMéxico2025



"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."

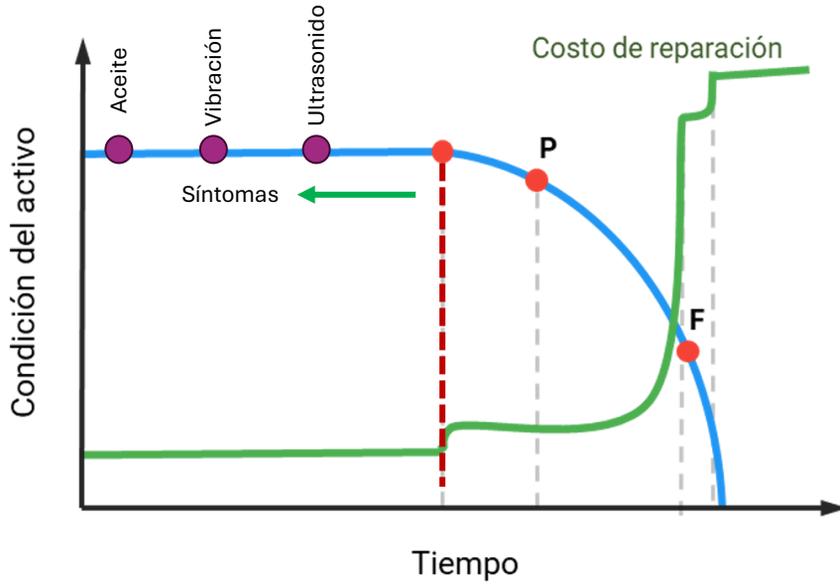
Sensor / Método	Síntomas detectables	Modos de falla asociados
Vibración (acelerómetros, análisis espectral)	Golpes periódicos, incremento de vibración, vibración 1× y 2× RPM, patrones espectrales tipo peine	Pitting/spalling , desgaste, desalineación, holguras.
Temperatura (termopares, RTD, IR)	Sobrecalentamiento, 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

#CMCMéxico2025



#CMCMéxico2025





#CMCMéxico2025

CONGRESO DE MANTENIMIENTO & CONFIABILIDAD MEXICO 18ª EDICIÓN

27

CONGRESO DE MANTENIMIENTO & CONFIABILIDAD MEXICO 18ª EDICIÓN

iGracias!

Marco Suárez L.

msuarez@atten2.com



28