



1



FMECA

Motor eléctrico

Pilar Valderrama
Conscious Reliability
Instructor

2

Propósito de la sesión

- Entender los pasos de un Buen y completo FMECA
- Fundamental para:
 - RCM
 - Asegurar PMs adecuados
 - Asegurar datos confiables
 - La adecuada gestión de activos
 - Entender por qué debo mantener mis activos
- Análisis ejemplo
- Invitación a continuar investigando y haciendo FMECAS

3

Propósito de la sesión

- Vamos a realizar un FMECA basado en los principios de RCM
- Objetivo: entender las fallas y los efectos y consecuencias de las mismas
- Responder 5 de las 7 preguntas de RCM



Fuente imagen: <https://www.freepik.com/>

4

FMECA – AMEF

Failure Mode Effect and Criticality Analysis

- Análisis de Modos, Efectos y Criticidad de Falla
- Evalúa el nivel de riesgo para su equipo o sistema y califica la falla en función de ese nivel de riesgo.
- El ejército de los EE.UU. inventó esta técnica de análisis FMECA en los años 40 (Mil-Std 1629A)
- Base fundamental para el RCM, responde a 5 de las 7 preguntas según la SAE JA1011
- Parte fundamental de la Norzok Z008

5

FMECA – AMEF

Failure Mode Effect and Criticality Analysis

- FMECA es un proceso de base cero que se utiliza para identificar los **efectos y criticidad de fallas** en su contexto operacional
- Identificamos que pasa si **no se hace nada** para mitigar o controlar efectos de fallas

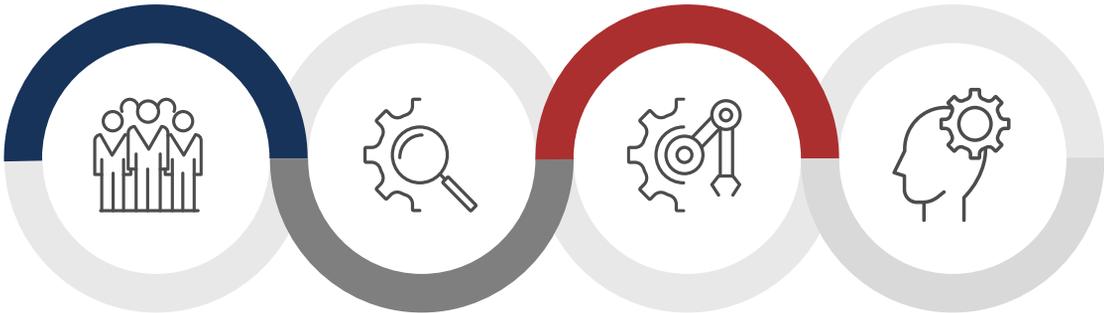


6

FMECA PASOS

7

Pasos clave del FMECA



Planeación
definir **equipos**
de trabajo –
facilitador

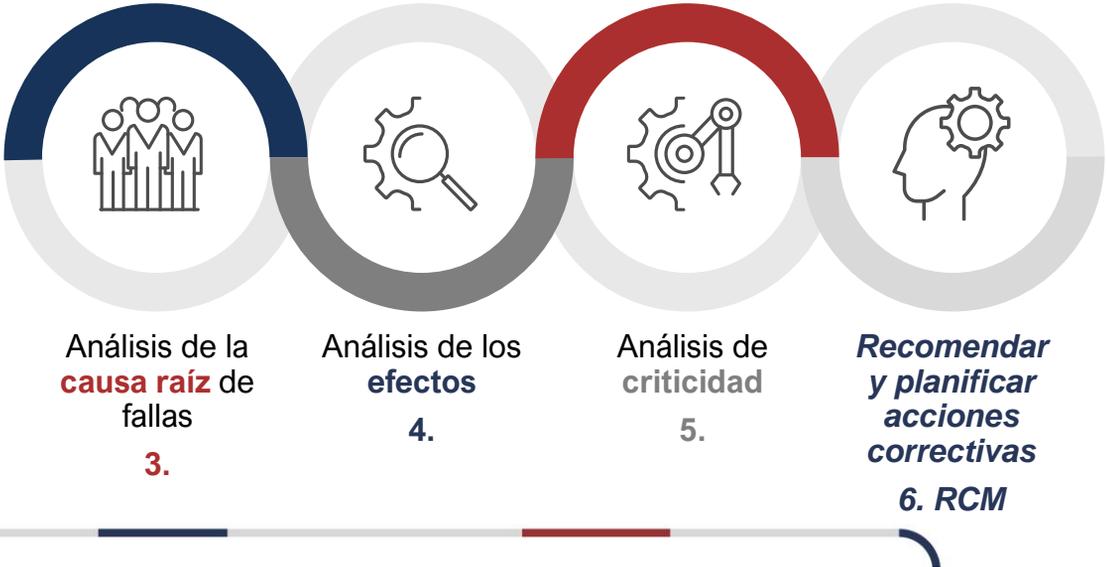
Contexto
operacional y
alcance del
sistema

Identificar
funciones y
subfunciones
1.

Identificación
del **modo de**
falla
2.

8

Pasos clave del FMECA



9

Pasos clave del FMECA

- Documentación e informes: documente **los hallazgos** y comunique los resultados.
- Revisión y **actualización**



Fuente imagen: https://www.freepik.com/free-photo/businesspeople-working-finance-accounting-analyze-financi_16068554.htm#fromView=search&page=1&position=52&uuiid=3de1362e-b3f4-4bad-8a07-a27d77b443d3

10

FMECA EJEMPLO

11

Planeación Facilitador

- **Conocedor** de la metodología
- **Acelerador** del análisis
- **Gestor** de tiempo y conocimiento para la toma de decisiones
- **Entrenar** facilitadores internos / apoyo externo



Fuente imagen: https://www.freepik.com/free-photo/supervisor-manager-male-engineer-worker-wears-uniform-working-hand-use-laptop-stock-checking-store-warehouse-shipping-industrial-team-with-safety-uniform-checking-quantity-product-shelf_25118132.htm#fromView=search&page=1&position=37&uaid=f47990e0-cecf-44f5-a149-93ac90a91453>Image by Lifestylememory on Freepik

12

Planeación Equipo de trabajo

- Operaciones
- HSEQ
- Ingeniería / Proyectos
- Mantenimiento
- Finanzas
- Recursos Humanos
- Compras
- Almacén



Fuente Imagen: https://www.freepik.com/free-photo/group-workers-having-meeting-with-company-managers-factory-focus-is-female-worker-is-presenting-development-reports_25856086.htm#fromfromView=image_search_similar&page=1&position=3&uclid=da9f2c3d-ee5-43f3-a733-aea6368a59b2->image by Drazen Zigic on Freepik

13

Contexto operacional



Fuente imagen: <https://www.grupotak.com/en/project/bucket-wheel-stacker-reclaimers-for-coal-and-coke/>



Fuente imágenes: <https://www.freepik.com/>



14

Contexto operacional

- Una declaración delineando el ambiente en el que se pretende operar un activo
- Una descripción general de cómo y dónde va a operar el activo*



*Fuente datos: RCM-R <https://consciousreliability.com/>

Contexto operacional

- Planta de producción cerca al mar
- Mejoramiento de disponibilidad
- Temperatura ambiente promedio 26 – 31°C*
- Humedad promedio 77% – 83%*



*Fuente datos: <https://es.weatherspark.com/y/22604/Clima-promedio-en-Cartagena-de-Indias-Colombia-durante-todo-el-a%C3%B1o> & <https://observatorio.epacartagena.gov.co/gestion-ambiental/calidad-ambiental/sistema-urbano/humedad-relativa-promedio>
 Fuente imagen: <https://www.semana.com/pais/articulo/la-industria-petroquimica-desarrollo-economico-cartagena/217178/>

Contexto operacional

- Producción 24/7
- Tres turnos diarios de O&M
- Cercanía a proveedores de repuestos
- Motores eléctricos iguales
- Todo lo producido sale, baja capacidad de almacenamiento



Fuente imagen: <https://www.semana.com/pais/articulo/la-industria-petroquimica-desarrollo-economico-cartagena/217178/>

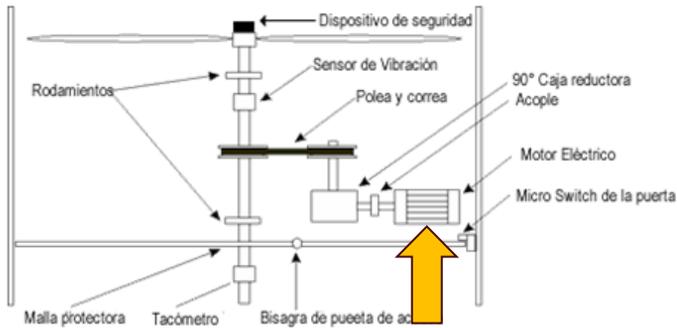
17

Quiz 1- Falso o Verdadero

- ¿El FMECA nació en los años 40 y hoy sigue vigente?
- ¿El FMECA podría ser la base para cumplir con un RCM?
- ¿Equipos de trabajo multidisciplinarios son clave para el éxito del FMECA?
- ¿El contexto operacional NO debe ser descrito y entendido para dar inicio al ejercicio?

18

Definición y alcance del sistema

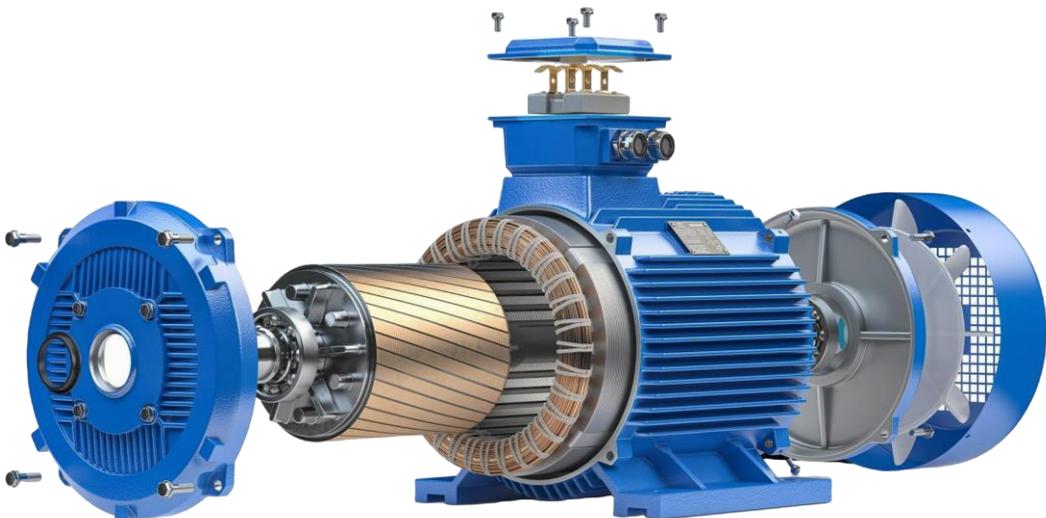


- **30 ventiladores** para sistemas de enfriamiento independientes
- **15 Fallas** en los motores eléctricos durante los últimos **9 meses**
- Costos de fallas **U\$ 405,000**
- Una hora de producción **U\$4,000**

Ejemplo de un sistema

19

Definición y alcance del sistema



20

Funciones

- ✓ Cada equipo debió ser adquirido para un **fin determinado**.
- ✓ ¿Qué **necesita** la operación del activo?
- ✓ Debe tener una **función** o funciones **específicas**.
- ✓ La **pérdida total o parcial** de estas funciones **impacta** en cierto grado a la **organización**.



21

Identificar funciones y subfunciones

Verbo + objeto + nivel de desempeño (parámetros cuantitativos de ser posible)

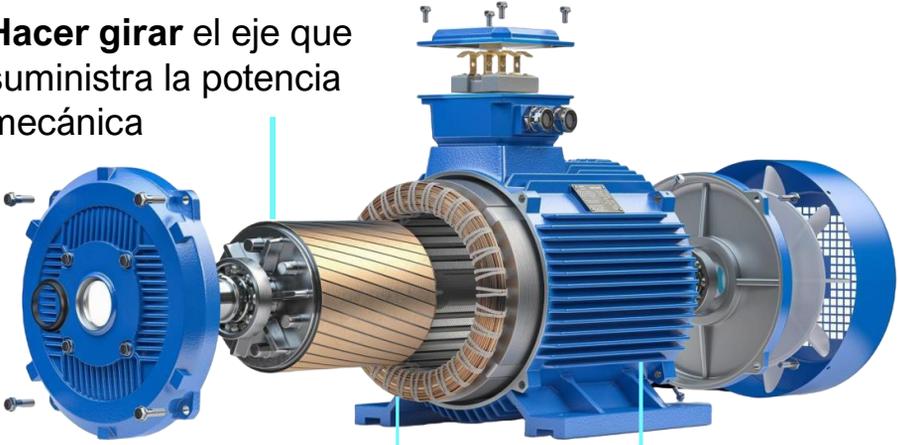


Transformar la energía eléctrica en mecánica y transferir a la caja reductora entre 300 a 320 rpm

22

Identificar funciones y subfunciones

Hacer girar el eje que suministra la potencia mecánica



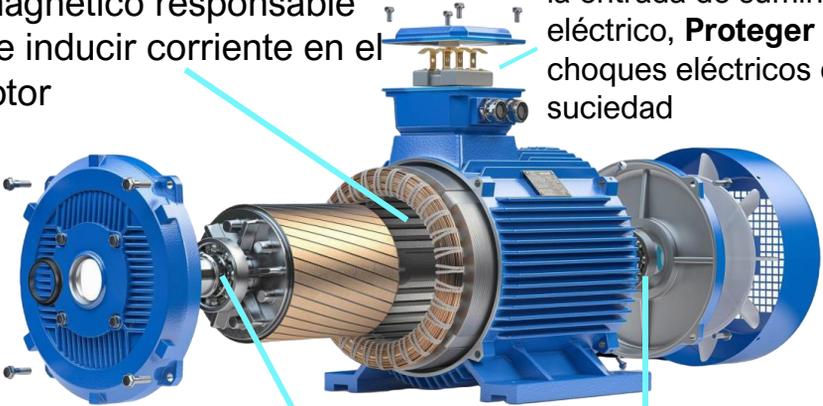
Proteger / Apagar el motor en caso de sobre T°

Contener los componentes internos y **proteger** de suciedad

Identificar funciones y subfunciones

Generar el campo magnético responsable de inducir corriente en el rotor

Alojar los conectores y cables para la entrada de suministro eléctrico, **Proteger** para evitar choques eléctricos o entrada de suciedad

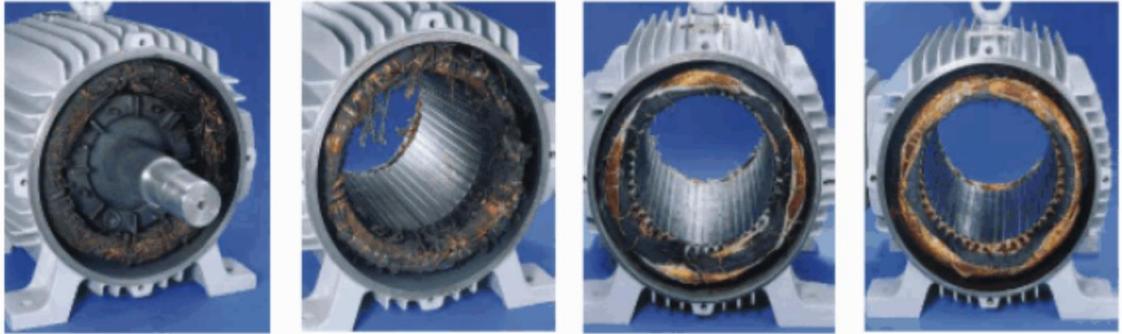


Apoyar al rotor y **permitir** su giro sobre el eje

Fuente: <https://traction.com/es/blog/como-funcionan-los-motores-electricos>

Identificación del modo de falla

Evento a través del cual se manifiesta una falla funcional



25

Identificación del modo de falla

¿Dejo de cumplir su función?

Modos de falla Eventos que:

- ✓ Han ocurrido
- ✓ Es probable que ocurran en el contexto operacional actual
- ✓ Son atendidos por el programa actual de mantenimiento
- ✓ Representan riesgos potenciales – peor escenario

Fuente: Análisis de modos de falla de la metodología RCM-R® <https://consciousreliability.com/>

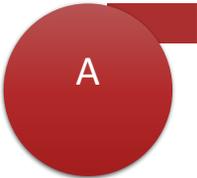
26

Modo de falla (Mecanismo) Evidentes y Ocultas

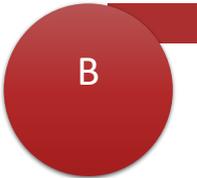
Evidentes

- Es aquella falla que inevitablemente **se hará evidente por sí sola** a los operadores en circunstancias normales

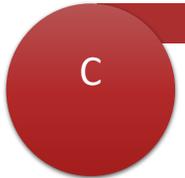
Única



En Servicio



Stand - by

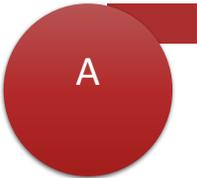


Modo de falla (Mecanismo) Evidentes y Ocultas

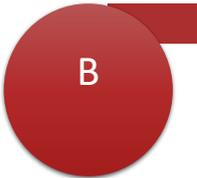
Ocultas (Protecciones)

- Una falla oculta es una falla funcional que **no es evidente por sí misma** al equipo operativo bajo circunstancias normales de operación.

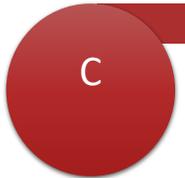
Única



En Servicio



Stand - by

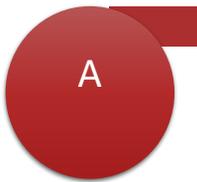


Modo de falla (Mecanismo) Evidentes y Ocultas

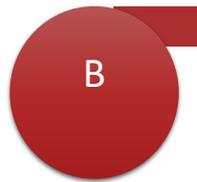
Preguntas Clave para identificar fallas ocultas

- ¿Es necesario que falle otro equipo para que se evidencie este modo de falla?
- ¿Las fallas son independientes?

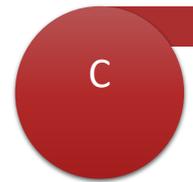
Única



En Servicio



Stand - by



29

Identificación del modo de falla

¿Dejo de cumplir su
función?

Motor

No transforma la energía eléctrica en mecánica y **No transfiere** a la caja reductora entre 300 a 320 rpm

Carcaza

No Contiene los componentes internos y **No protege** de suciedad

Rotor

Pérdida de velocidad el eje que suministra la potencia mecánica

30

Identificación del modo de falla

¿Dejo de cumplir su función?

Caja de conexiones

Corto de los conectores y cables para la entrada de suministro eléctrico,

Choques eléctricos

Humedad en la caja

Rodamientos

No apoyan al rotor y **No permite** su giro sobre el eje

Termostato

No apaga el motor en caso de sobre temperaturas

31

Quiz 2- Falso o Verdadero

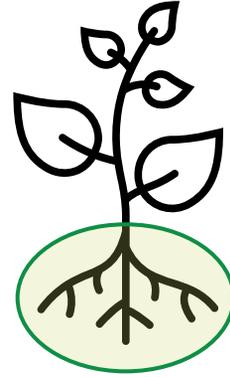
- ¿El FMECA debe estar enfocado claramente a un sistema?
- ¿Las funciones de un activo son lo que mantenimiento quiere que haga el activo?
- ¿Las fallas ocultas NO son fácilmente de detectar por el operador en circunstancias normales de operación?
- ¿Fallas son pérdida de función de un activo, parcial o total?

32

Análisis de la causa raíz de fallas

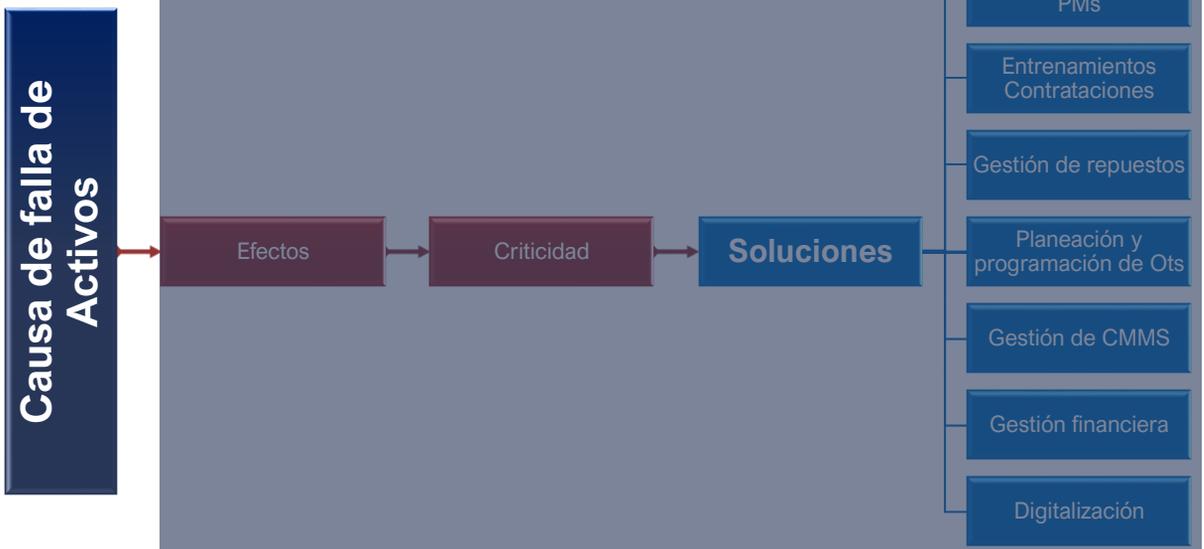
¿Por qué deajo de cumplir su función?

- ✓ Kidlin es un personaje ficticio de una novela escrita por James Clavell.
- ✓ Regla o ley de Kidlin: *"If you write a problem in clear and specific steps, you actually have half solved it."*



Análisis de la causa raíz de fallas

Base fundamental



Análisis de la causa raíz de fallas

¿Por qué dejó de cumplir su función?

Condiciones para este análisis

- Se analizan las fallas físicas
- Se analizan los errores humanos
- Se analizan los errores de diseño
- NO se hace mantenimiento, de esta forma, vamos a poder justificarlo más adelante
- **“Diagnóstico” no formal de gestión de mantenimiento y repuestos**

35

Análisis de la causa raíz de fallas

¿Por qué dejó de cumplir su función?

Motor

Fallas de los componentes por operación normal y/o vida útil

Carcaza

Roturas, fisuras, oxidación por operación normal y afectación climática, por mala instalación, por uso de repuesto inadecuado

Rotor

Desajuste de barras, desgaste de laminado, fatiga por operación normal, por mala instalación, por uso de repuesto inadecuado

36

Análisis de la causa raíz de fallas

¿Por qué dejó de cumplir su función?

Caja de conexiones

Oxidación de tornillos, roturas, fisuras, oxidación por operación normal y medio ambiente

Rodamientos

Roturas, fisuras, degradación de lubricante, por vida útil, por mala instalación, por uso de repuesto inadecuado

Termostato

Descalibración, desajuste por operación normal del equipo, por vida útil, por mala instalación, por uso de repuesto inadecuado

37

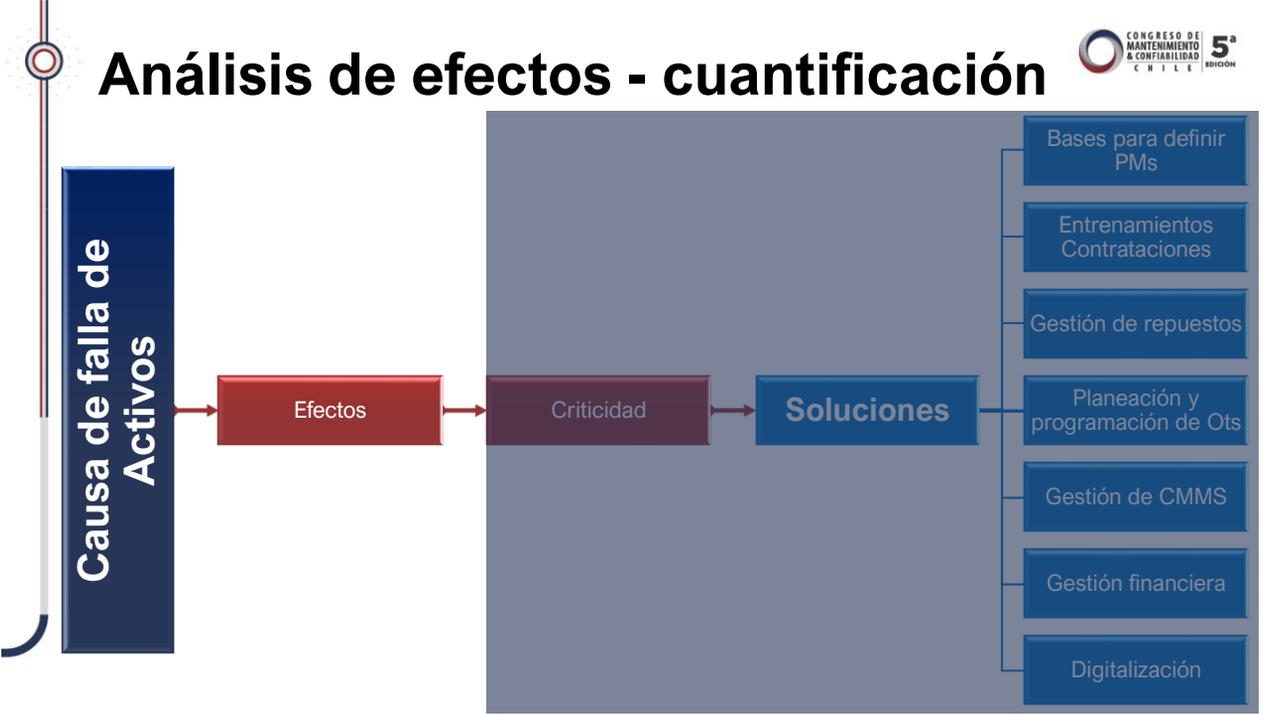
Análisis de los efectos de falla

Se debe describir paso a paso lo que sucede al producirse cada falla.



38

Análisis de efectos - cuantificación



39

Análisis de los efectos

¿Qué pasa cuando se presenta una falla?

Los efectos de falla **CUANTIFICAN** el impacto que las *Causas Raíz* tendrían sobre el negocio en caso de que ocurran

- **NO se hace mantenimiento**
- Se analiza toda la **cadena de efectos** generados por una falla
- Se llega hasta la **última consecuencia**
- Preguntas guía de **RCM-R**

Bases para identificar y medir la criticidad de las fallas

40

P1 - ¿Cómo se detecta el modo de falla?

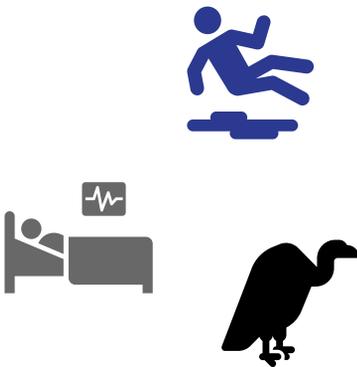


- A. Mediante los sentidos
- B. Por Alarma
- C. Operador
- D. Especialista Interno
- E. Especialista Externo

Fuente: Preguntas guía para análisis de efectos de falla de la metodología RCM-R® <https://consciousreliability.com/>

41

P2 - ¿Cómo se afecta la seguridad?



- A. Sin Impacto
- B. Impacto menor
- C. Impacto moderado
- D. Impacto severo
- E. Impacto catastrófico

Fuente: Preguntas guía para análisis de efectos de falla de la metodología RCM-R® <https://consciousreliability.com/>

42

P3 - ¿Cómo se afecta el medio ambiente?



- A. Sin Impacto
- B. Impacto menor
- C. Impacto moderado
- D. Impacto severo
- E. Impacto catastrófico

Fuente: Preguntas guía para análisis de efectos de falla de la metodología RCM-R® <https://consciousreliability.com/>

43

P4- ¿Cómo se afecta la producción?



- A. No se afecta
- B. Pérdida menor
- C. Pérdida moderada
- D. Pérdida sobre límites aceptables
- E. Paro extenso de producción

Fuente: Preguntas guía para análisis de efectos de falla de la metodología RCM-R® <https://consciousreliability.com/>

44

P5- ¿Qué daño físico causa la falla? ¿qué tan costosa es la reparación?



- A. Sin costo
- B. Bajo costo
- C. Costo moderado
- D. Costo Alto
- E. Costo MUY alto

Fuente: Preguntas guía para análisis de efectos de falla de la metodología RCM-R® <https://consciousreliability.com/>

45

P6- ¿Hay un daño secundario? ¿Qué debe hacerse para restaurar? ¿Cuánto tiempo tardará?

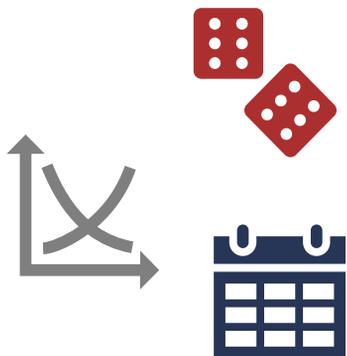


- A. No hay daños secundarios
- B. Aumento de los costos operativos
- C. Daño moderado
- D. Daño severo
- E. Daño catastrófico

Fuente: Preguntas guía para análisis de efectos de falla de la metodología RCM-R® <https://consciousreliability.com/>

46

P7- ¿Qué probabilidad de ocurrencia tiene cada *MF? ¿Ha ocurrido antes?



- A. Sin eventos conocidos
- B. Se sabe que ocurre en la industria
- C. Ha ocurrido en la planta
- D. Ocurre 1 vez por año
- E. Ocurre varias veces al año

Fuente: Preguntas guía para análisis de efectos de falla de la metodología RCM-R® <https://consciousreliability.com/>
MF: Modo de Falla

47

Análisis de los efectos

¿Qué pasa cuando se presenta una falla?

Motor – falla total de rodamiento

- ✓ Los rodamientos se desgastan por vida útil
- ✓ El motor se sobre calienta
- ✓ **El termostato no para el motor**
- ✓ Presenta vibración alta
- ✓ Genera desgaste a rotor, estator, eje
- ✓ El motor para y no transmite las RPM necesarias a la caja reductora
- ✓ Causando la desaceleración del ventilador
- ✓ El tacómetro activa una alarma en el cuarto de control si la velocidad baja de 200rpm

48

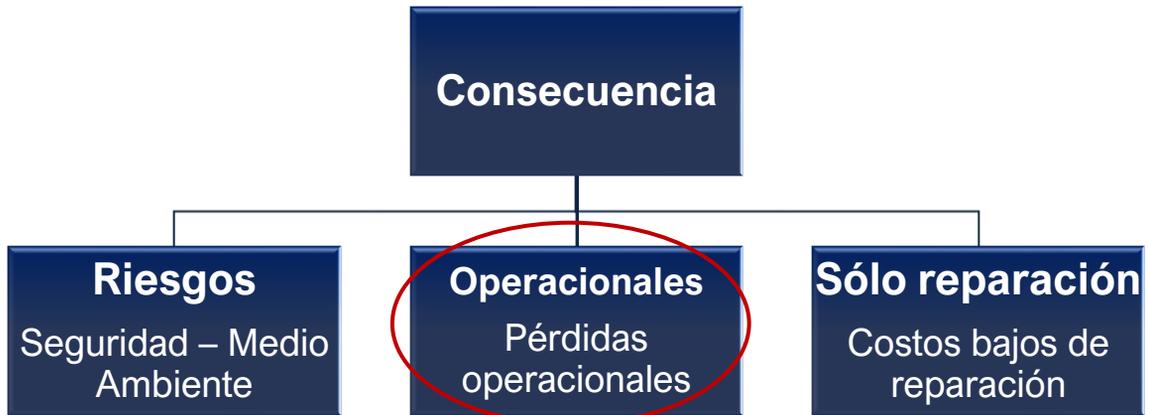
Análisis de los efectos

¿Qué pasa cuando se presenta una falla?

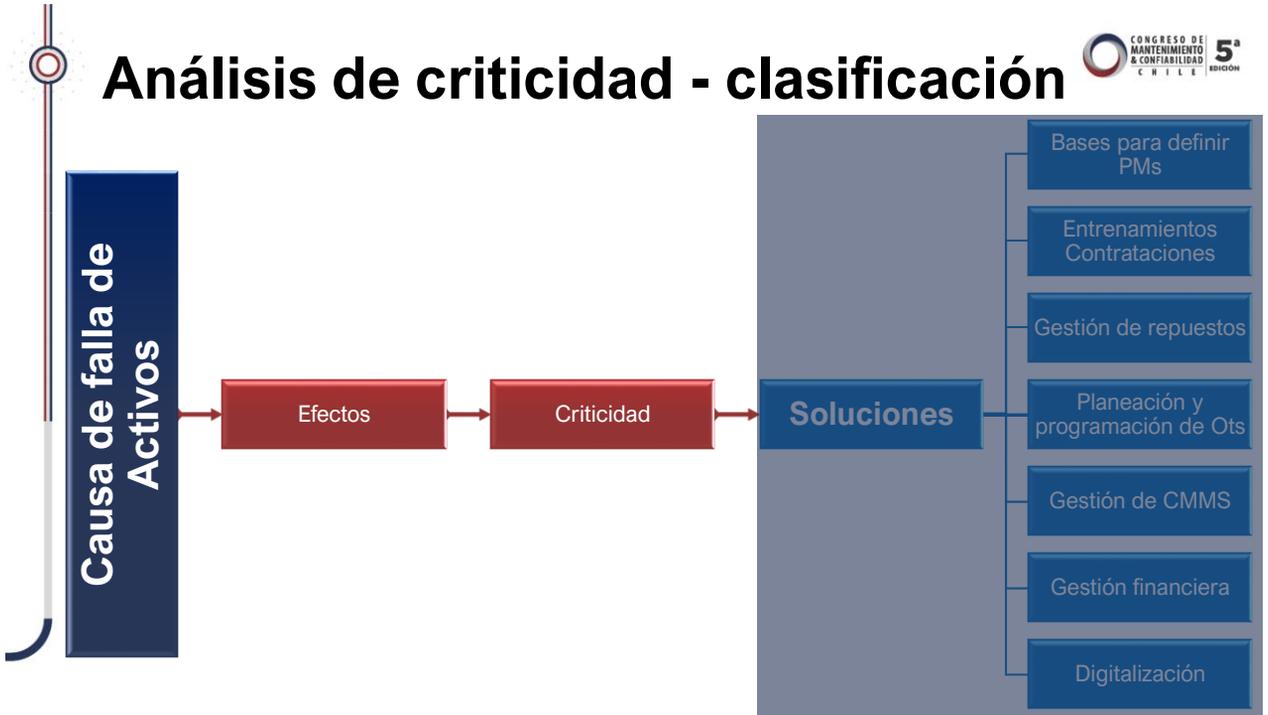
Motor – falla total de rodamiento

- ✓ El ventilador se detiene
- ✓ Operaciones contacta a mantenimiento
- ✓ La respuesta puede tomar aprox. **2 horas**
- ✓ Asumimos un paro de producción en la línea de **4 horas**
- ✓ Costos estimados por pérdida de producción **U\$ 16,000**
- ✓ Costos de horas extras por trabajo de mto reactivo **U\$ 1,000**
- ✓ Reemplazo del motor **U\$ 10,000**
- ✓ Costo total estimado: **U\$ 27,000**

Análisis de los efectos



Análisis de criticidad - clasificación



51

Análisis de criticidad

Impacto que produce cada modo de falla en el negocio.

- ✓ Personas
- ✓ Procesos
- ✓ Medio ambiente.
- ✓ Pérdidas de producción \$\$\$
- ✓ Solo costos de reparar



52

Análisis de criticidad*

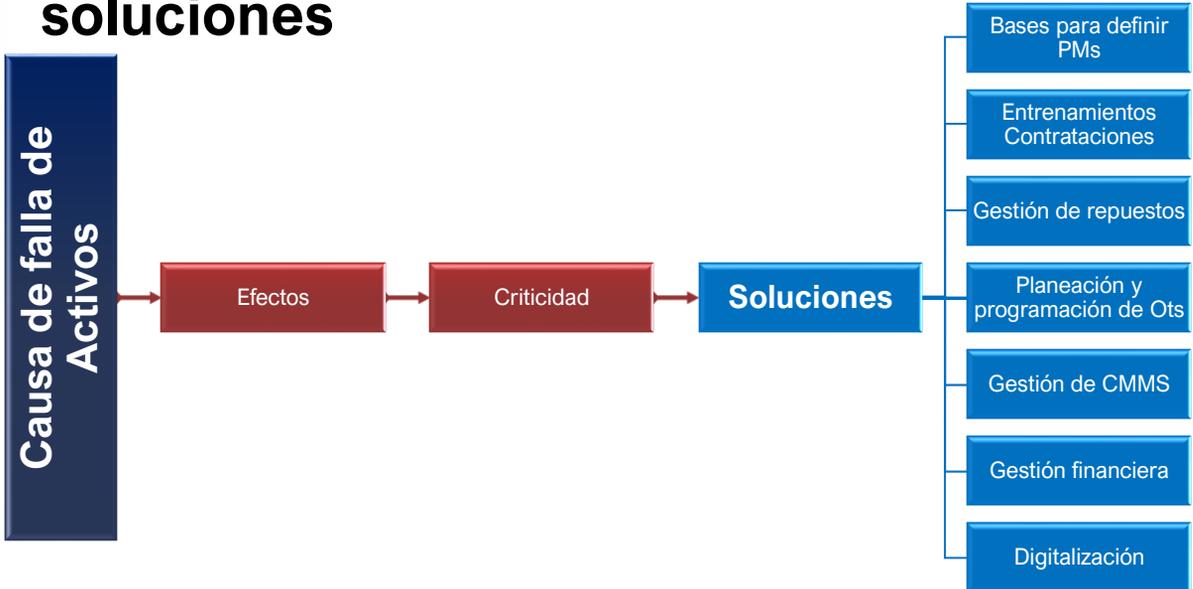
- **15 Fallas** en los motores eléctricos durante los últimos **9 meses**
- Costos de fallas **U\$ 325,000**

		Probabilidad				
		Frecuente <small>Una vez al mes</small>	Probable <small>Una vez cada 6 meses</small>	Ocasional <small>Una vez cada año</small>	Remoto <small>Una vez cada 18 meses</small>	Improbable <small>Una vez cada 3 años</small>
Impacto	Catastrófico <small>Fatalidad o incapacidad permanente Afectación ambiental Daños >\$1M, Parada >5 días</small>	Alto	Alto	Alto	Medio	Aceptado
	Crítico <small>Múltiples heridos Afectación ambiental Daños >\$100K y <\$1M, Parada >2 días y <5 días</small>	Alto	Alto	Medio	Bajo	Aceptado
	Moderado <small>Incidentes Daños >\$10K y <\$100K Parada >12 horas y <2 días</small>	Medio	Medio	Bajo	Aceptado	Aceptado
	Menor <small>Daños <\$10K Parada >4 horas y <12 horas</small>	Bajo	Aceptado	Aceptado	Aceptado	Aceptado

*Matriz de ejemplo, cada organización define sus parámetros de criticidad

53

Claridad para recomendar soluciones



54

Quiz 3- Falso o Verdadero

- ¿El entendimiento de la causa raíz de las fallas es clave?
- ¿Es importante describir cada detalle del efecto de la falla para poder cuantificar?
- ¿La criticidad de las fallas es estándar para todas las industrias?
- ¿Entendiendo el problema, sus efectos y consecuencias estoy listo para proponer soluciones?

55

Recomendar acciones correctivas RCM



✓ Costo efectiva y técnicamente viable

56

Documentación e informes: documente los hallazgos y comunique los resultados.

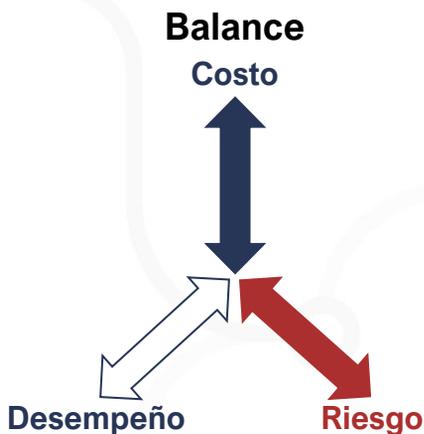
Todos debemos entender el resultado

- Se documentan hallazgos de:
 - Errores humanos
 - Errores de proceso
 - Errores en suministro de energía
 - Errores en procedimientos
- Diagnóstico de gestión de mantenimiento y repuestos
- **Se planean acciones para las oportunidades de mejora**

57

Fundamentos para la adecuada Gestión de Activos

*“Actividad coordinada de una organización para obtener **Valor** a través de sus activos”*



- *Impacto de fallas*
- *Puedo diseñar soluciones para mitigar riesgos*

58



Usar los
resultados

A dark gray slide with a faint, light gray background pattern of interconnected lines and nodes, resembling a network or circuit diagram.

59



Tomar Acción
¡Actuar!!!

A dark red slide with a faint, light red background pattern of interconnected lines and nodes, resembling a network or circuit diagram.

60



Involucrar a
áreas clave

61



Todos somos
parte

62

Fundamentos para la Gestión de Activos eficiente

63

Fundamentos para la ruta industria 4.0

64



iGracias!

Pilar Valderrama

pvalderrama@pdmtechusa.com