



1



FMECA para motor eléctrico

Pilar Valderrama

Imara Solutions

Co-Founder

2

Propósito de la sesión

- Entender los pasos de un FMECA
- Análisis realizado como ejemplo e invitación a continuar investigando y haciendo
- Entender que el FMECA es un análisis fundamental para:
 - RCM
 - Asegurar PMs adecuados
 - Asegurar datos confiables
 - La adecuada gestión de activos
 - Entender por qué debo mantener mis activos

3

FMECA – AMEF

Failure Mode Effect and Criticality Analysis

- Análisis de Modos y Efectos 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.
- Base fundamental para el RCM, responde a 5 de las 7 preguntas según la SAE JA1011
- Parte fundamental de la Norzok Z008

4

Pasos clave del FMECA



5

Pasos clave del FMECA



6

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&uid=3de1362e-b3f4-4bad-8a07-a27d77b443d3

7

Contexto operacional



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



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



8

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/>

9

Contexto operacional

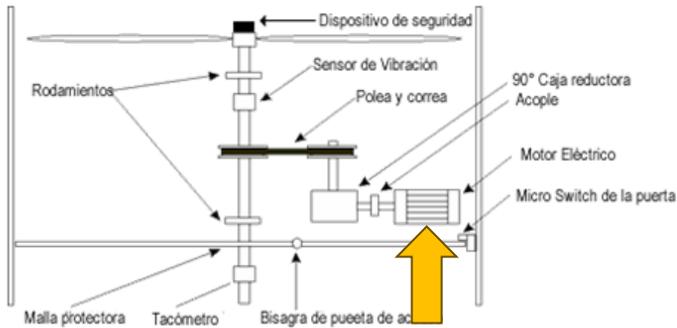
- Producción 24/7
- Tres turnos diarios de O&M
- Cercanía a proveedores de repuestos
- Motores eléctricos iguales
- Eficiencia energética fundamental



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

10

Definición y alcance del sistema

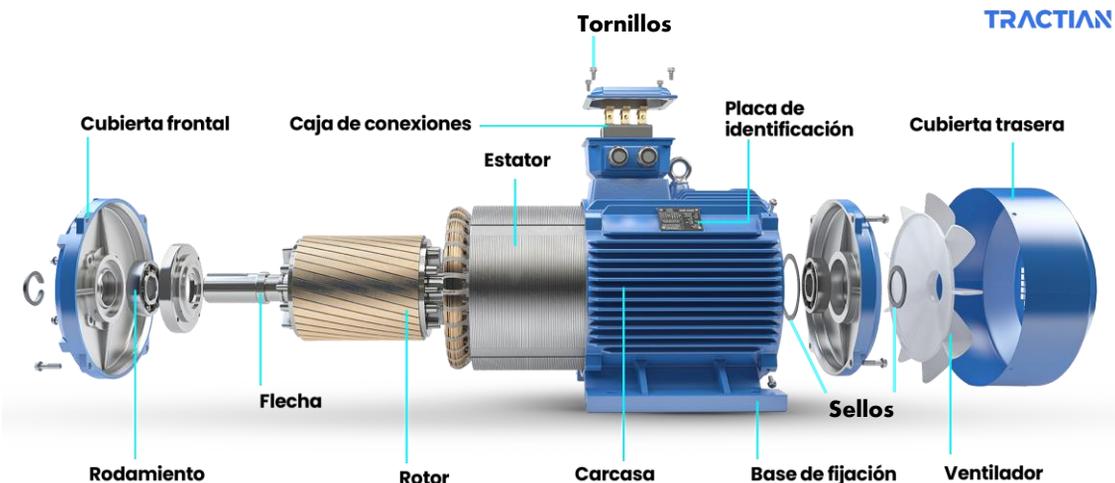


- **30 ventiladores** para sistemas de enfriamiento
- **15 Fallas** en los motores eléctricos durante los últimos **9 meses**
- Costos de fallas **U\$ 405,000**
- Una hora de producción **U\$4,000**

Ejemplo de un sistema

11

Definición y alcance del sistema



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

12

Identificar funciones y subfunciones

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



Hace girar el eje que suministra la potencia mecánica

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

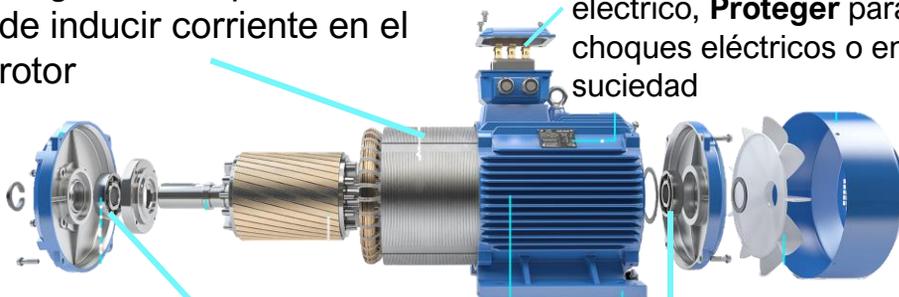
Fuente: <https://traction.com/es/blog/como-funcionan-los-motores-electricos>

13

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>

14

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

NO hace girar el eje que suministra la potencia mecánica

15

Identificación del modo de falla

¿Dejo de cumplir su
función?

Caja de conexiones

No aloja los conectores y cables para la entrada de suministro eléctrico, **No protege** para evitar choques eléctricos o entrada de suciedad

Rodamientos

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

Estator

No genera el campo magnético responsable de inducir corriente en el rotor

16

Análisis de la causa raíz de fallas

¿Por qué dejó de cumplir su función?

Condiciones para este análisis

Se asume

- Lo siguiente es perfecto y funciona perfecto:
 - Componentes diferentes al del análisis
 - Procesos antes y después del equipo o componente
 - Operadores
 - Repuestos
 - Mantenedores
- NO se hace mantenimiento, de esta forma, vamos a poder justificarlo más adelante

17

Análisis de la causa raíz de fallas

¿Por qué dejó de cumplir su función?

Condiciones para este análisis

- Se documentan hallazgos de:
 - Errores humanos
 - Errores de proceso
 - Errores en suministro de energía
 - Errores en procedimientos
- Diagnóstico de gestión de mantenimiento y repuestos

18

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

Rotor

Desajuste de barras, desgaste de laminado, fatiga por operación normal

19

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

Estator

Desgaste de devanado por vida útil

20

Análisis de los efectos

¿Qué pasa cuando se presenta una falla?

Condiciones para este análisis

- NO se hace mantenimiento, de esta forma, vamos a poder justificarlo más adelante
- Se analiza toda la cadena de efectos generados por una falla
- Se analiza sin tomar en cuenta el tiempo que puede tomar cada paso
- Se llega hasta la última consecuencia

Bases para identificar y medir la criticidad de las fallas

21

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
- ✓ 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
- ✓ El ventilador se detiene
- ✓ Operaciones contacta a mantenimiento

22

Análisis de los efectos

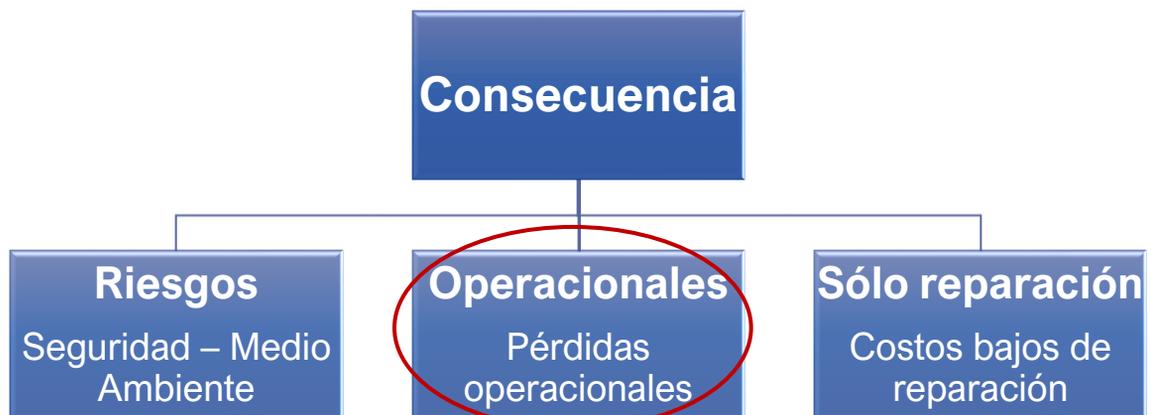
¿Qué pasa cuando se presenta una falla?

Motor – falla total de rodamiento

- ✓ 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**

23

Análisis de los efectos



24

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

25

Recomendar acciones correctivas RCM / PMO



✓ Costo efectiva y técnicamente viable

26

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**

27

Plantilla de trabajo

Sistema	Subsistema	Equipo	Función	Modo de falla Falla funcional	Causa raíz de la falla
Enfriamiento	Ventilador	Motor eléctrico	RODAMIENTOS: Apoyar al rotor y permitir su giro sobre el eje	No apoyan al rotor y No permite su giro sobre el eje. Apoyan de manera inadecuada, hay disminución en el giro	Roturas, fisuras, degradación de lubricante, por vida útil

28

Plantilla de trabajo

Efecto de falla	Consecuencia de falla				Criticidad de falla				¿Justifica mantenimiento?	
	Salud	Ambiente	Operacional	Solo reparación	Alta	Media	Bajo	Aceptado	SI	NO
1. Los rodamientos se desgastan por vida útil 2. El motor se sobre calienta 3. Presenta vibración alta 4. Genera desgaste a rotor, estator, eje 5. El motor para y no transmite las rpm necesarias a la caja reductora 6. Causando la desaceleración del ventilador 7. El tacómetro activa una alarma en el cuarto de control si la velocidad baja de 200rpm 8. El ventilador se detiene 9. Operaciones contacta a mantenimiento 10. La respuesta puede tomar aprox. 2 horas 11. Asumimos un paro de producción en la línea de 4 horas Costos estimados por perdida de producción US\$ 16,000 Costos de horas extras por trabajo de mtto reactivo US\$ 1,000 Reemplazo del motor US\$ 10,000 Costo total estimado: US\$ 27,000			X			X			X	



Involucrar a áreas clave

31

Actualizar los análisis

32



iGracias!

Pilar Valderrama

pilar.valderrama@imara.com.co