



COMISION DE INTEGRACION ENERGETICA REGIONAL
COMITE NACIONAL COLOMBIANO

Código: SIMSE-CO-04/G4

**Seminario Internacional de Mantenimiento y Servicios
Asociados en Sistemas Eléctricos SIMSE CIER 2003**

Cartagena de Indias, Agosto de 2003

MODELO DE CONFIABILIDAD BASADOS EN EL ANÁLISIS DE FALLAS

Cali, Valle Colombia, diciembre 5 2002

Autor/es: **William M. Murillo**

Empresa o Entidad: **RCM ingeniería**

Cargo: Analista de O&M

PALABRAS-CLAVE: (hasta 7)

RCFA

Arbol de falla

FMEA

Evidencia

DATOS DE LA EMPRESA.

Dirección: Zona Franca del Pacifico

Código Postal:

Teléfono: 092 2801047 ext 220

Fax: 092 2801048

E-Mail: wmurillo@rcmingeneria.com

Resumen

Este artículo pretende mostrar como se puede modelar de confiabilidad basado en análisis de falla. Consta de dos secciones, la primera es el conocimiento de la técnica de RCFA como metodología para la búsqueda e investigar fallas recurrente o esporádicas en los equipos. En una técnica forense que determina la causa raíz para conseguir mejoramientos en los sistemas y procesos, de esta manera disminuir las

perdidas por daños de equipos. El segundo punto es modelar un proceso o planta usando todos los análisis de las fallas para estructurar una jerarquía de fallas enlazada con los flujos de los procesos, creando una librería de fallas aplicable a cualquier tipo de procesos., para finalmente llegar a listas de chequeo donde están las hipótesis y las evidencias de los hallazgos en forma de checklist o listados de diagnostico que permiten rapidez y experiencia en los análisis de las fallas.

Introducción al Análisis de Fallas basado en Causas Raíz

¿

Qué es el RCFA Root Cause Failure Analysis?

- El RCFA es un riguroso método de solución de problemas, para cualquier tipo de falla, que utiliza la *lógica sistemática* y un *árbol lógico de causas raíz de fallas*. El árbol de fallas consiste en una representación visual de un evento de falla, en el cual el razonamiento por *deducción y la verificación* de los hechos conducen a las causas originales.

- Es una técnica de análisis que permite aprender de las fallas y eliminar las causas, en lugar de corregir los síntomas.

¿Cuándo se emplea el RCFA?

- Fallas crónicas (repetitivas), tales como fallas de equipos (generalmente problemas de mantenimiento).
- Fallas esporádicas (una vez), tales como paradas de emergencia, incendios, explosiones, muertes, lesiones importantes, o fallas graves poco frecuentes en los equipos.

- Oportunidades para identificar las deficiencias en los programas de entrenamiento y procedimientos operativos.

¿Cuándo se emplea el RCFA? (continuación)

- Aspectos de mantenimiento tales como los esfuerzos de reducción de costos en el mantenimiento rutinario o una reducción en la duración y los costos de producción en las instalaciones.
- Aspectos operativos tales como el descongestionamiento, interrupciones en la operaciones, reducción de uso de energía, reducción de gastos operativos, corridas más largas, mejoramiento de calidad y definición de incidentes ambientales.

¿Por qué utilizar el RCFA?

- Cuando se implementan las recomendaciones, se pueden recuperar más de \$100 por cada \$1 invertido en entrenamiento y en horas hombre comprometidas en una investigación. Ello supone que las fallas específicas que se investigan son las más relevantes.
- Al identificar y corregir todas las causas raíz, no solo debe evitarse la reñencia del problema inicial, sino que pueden eliminarse numerosos problemas con causas raíz similares.
- Ayuda a proporcionar la capacidad de *reconocer* un patrón de fallas.
- *Reduce las frustraciones* del personal de mantenimiento y operaciones.
- *Mejora las condiciones de seguridad industrial* y ambientales y evita tiempos improductivos innecesarios.

Clasificación de las fallas

- 2 Las *fallas esporádicas*: son una *desviación por fuera de un rango aceptable de operación normal* (por lo general en el lado bajo). Generalmente, la eliminación de una falla esporádica solamente llevará las cosas de nuevo a un rango aceptable. Estos son eventos por lo general poco frecuentes y no relacionados entre sí.
- 2 Las *fallas crónicas*: son una *desviación dentro de un rango aceptable de operación normal*. Estos son eventos relativamente frecuentes. La eliminación de fallas crónicas llevará las operaciones regulares al punto máximo de una operación normal aceptable y elevará el nivel promedio esperado del desempeño.

Metodología del RCFA

La metodología esta definida por un procedimiento de trabajo el cual esta dividido en varias partes y pasos. Inicia preparando la investigación y termina con un reporte de los hallazgos.

Paso 1: Identificar los eventos mas significantes

En este paso se recolectan los datos, se definen las fallas y se calculan las perdidas debido a las fallas ocurridas. El objetivo de este paso es determinar cuales son los eventos y fallas mas significantes. Se utiliza para analizar los costo de las fallas en unas instalaciones y clasificar los problemas en orden de importancia económica. Esto garantiza el retorno más rápido sobre el tiempo y el dinero invertidos en entrenamiento y análisis.

La herramienta apropiada es el análisis Pareto (Figura 1). En ésta simplemente se afirma que el 80% de los costos de las fallas son causados por el 20% de las fallas totales. Estas las designamos como “pocas fallas críticas,” y son identificadas para los análisis de RCFA.

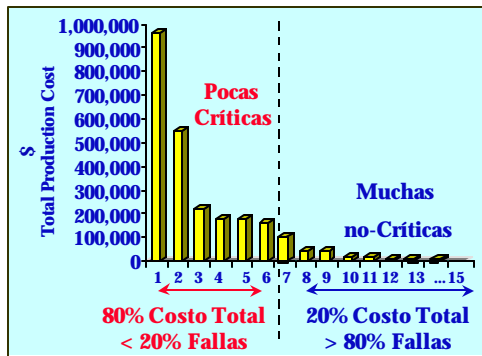


Figura 1: Análisis Pareto de los eventos y fallas más significantes

Paso 2: Preservación de las evidencias de las fallas

Con una falla, lo más importante es la recolección de la información de la falla y están clasificados en el método de las 5 P's.

1. Partes: Equipo o componente que fallo.
Rodamientos, Sellos, instrumentos, motores, bombas, muestras, herramientas, etc.
2. Posiciones: Ubicación física del equipo o componente en falla.
Mapa de la posición de los componentes, de los instrumentos, personal en la hora de la ocurrencia, información ambiental, posición física, etc.
3. Personal: Entrevistas al personal involucrado en la falla.
Entrevistas al personal de mantenimiento, operaciones, administración, manejo, vendors, HSE, otros con procesos similares, etc.
4. Papel: todos los reportes escritos relacionados con la falla.
Reportes de cuarto de control, metalúrgica, procedimientos, políticas, mantenimiento, planos, especificaciones, entrenamientos, etc.
5. Paradigmas: Frases comunes que el personal de operaciones comúnmente usa para evitar investigaciones o

desarrollar alguna actividad de mejoramiento

“No tenemos tiempo para un RCFA”, “ Hemos tratado de resolver esto desde hace 20 años”, “ Es un equipo viejo y por supuesto falla”, “ Esto es imposible de resolver”, etc.

Parte 3: Ordenar el análisis

Es la organización del equipo de trabajo y el facilitador.

El RCFA es dirigido por un *facilitador*, quien ha recibido entrenamiento específico en la metodología RCFA. El resto del equipo lo conforma un *grupo multifuncional* que varía entre un problema y otro.

Equipo RCFA

El equipo RCFA, por lo regular, podrá incluir:

- 4 Un operador familiarizado con el proceso operativo
- 4 Un técnico (sí se trata de equipos mecánicos, eléctricos, o de instrumentación)
- 4 Un supervisor de primera línea
- 4 Un ingeniero (químico, eléctrico, mecánico, o de otra especialidad)
- 4 En ocasiones incluye especialistas tales como metalúrgicos, inspectores, especialistas de proceso, especialista de equipos rotativos, o proveedores
- 4 Por lo menos una persona que ignora los eventos de fallas y sirve como crítico constructivo o abogado del diablo.

La Sala de Guerra

Cualquier investigación de importancia merece una “sala de guerra”. Se trata de un salón para uso exclusivo del equipo RCFA donde podrá recopilar/evaluar las evidencias, dotado de mesa de conferencia, tableros de tiza o de marcadores borrables y espacio en la pared para colocar los cuadros de causa raíz lógica.

Paso 4: Análisis – Arbol lógico de falla

El análisis continua con la construcción estructurada del árbol lógico de fallas con niveles de causa y efecto. Un árbol lógico es una herramienta que usa la deducción lógica para la guía a través de todos los eventos hipotéticos de la falla.

La figura 1 muestra los principios de estructurar el árbol de falla

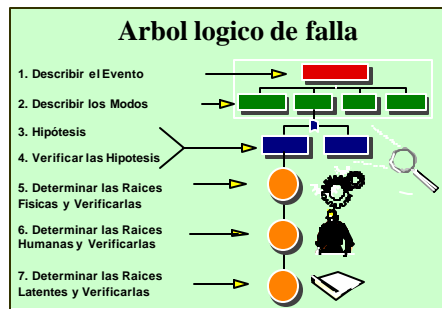


Figura 2 – Árbol lógico y principios de un RCFA.

Pasos para construir un árbol de falla.

1. Describir el Evento de la Falla
2. Describir los Modos de la Falla
3. Hacer una lista de las causas potenciales y verificar (esto puede requerir varios niveles)
4. Causa(s) Raíz Física: Verificar mecanismo de falla en el nivel de componentes
5. Causa(s) Raíz Humana: Verificar punto de acción indebida o error humano
6. Causa(s) Raíz del Sistema: Verificar defecto en el sistema de administración.

Las preguntas para construir un árbol de falla son simples y consistentes, algunas de ellas son “Como pudo ocurrir la falla“, “Porque ocurrió la falla”, entre otras. El éxito del metodo del analisis costo-efectividad de un RCFA es buscar e identificar muy bien la falla.

Se han identificado 4 agentes posibles de fallas:

- Fuerza.
- Reacción al Medio Ambiente.
- Tiempo
- Temperatura.

Las 7 categorías de las causas de fallas:

1. Falla por diseño.
2. Defecto en los materiales.
3. Fabricación y/o error del proceso.
4. Ensamble o defecto de instalación.

5. Fuera de diseño o condiciones de servicio sin planeación.
6. Deficiencias en el mantenimiento.
7. Operaciones Inapropiadas

El Análisis de la Falla y Verificación de las Causas Raíces, determinar las causas raíz físicas, humanas y del sistema para cualquier tipo de falla. Consta de seis pasos básicos.

Los primeros cuatro pasos se reconocen a partir de cosas tales como la solución inmediata de problemas, en los que únicamente se observan los elementos que resultan verdaderos.

El quinto algunas veces se encuentra también en la solución de problemas, puesto que la operación apropiada o deficiente del mantenimiento.

El paso seis es la verificación de fallas Latentes o del sistema y son debidos a problemas administrativos.

Paso 5: Comunicación de los Resultados y las Recomendaciones

Comunicar los resultados ha constituido el paso esencial al documentar los hallazgos en las investigaciones de RCFA y las recomendaciones asociadas con ello. Estos hallazgos se deben analizar con el personal apropiado y pueden requerir de reuniones con la gerencia.

Un informe formal por lo general ayuda a obtener compromiso de la gerencia a resolver las fallas concentrándose en las causas raíz determinadas en la investigación.

El costo de implementar los resultados se debe comparar frente al costo de la falla.

Paso 6: Seguimiento a los resultados

Parte de la responsabilidad del facilitador es analizar la implementacion de las recomendaciones y realizar el seguimiento de su ejecución, los resultados pueden ser comparados y medidos con reducción en los costos de mantenimiento, mejoramiento en las ratas de producción y reducción de las ratas de fallas, etc.

Modelo de confiabilidad basados en el RCFA

La eficiencia y el éxito del análisis de causa raíz de fallas depende de la experiencia y el conocimiento del personal. Existen Algunos software como herramienta ayudan a realizar en forma metódica el proceso de RCFA. El modelo de confiabilidad basado en el RCFA reduce la investigación de las fallas y preestructuran una jerarquía de arboles de falla. La estructura del arbol de falla describe un numero potencial de trayectorias de las fallas. En la figura 3 se muestra la forma en que las trayectorias de las fallas tienen una causa y efecto.

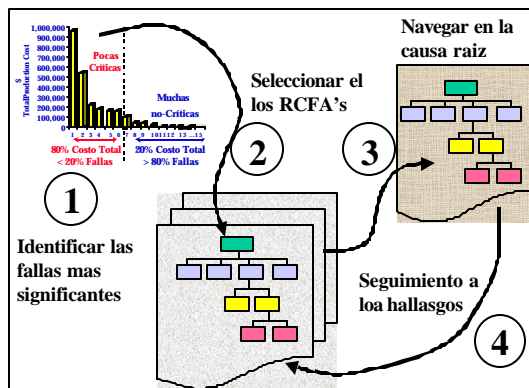


Figura 3: Modelo de confiabilidad basado en RCFA

Los siguientes pasos reducen el tiempo y precisan el modelo del análisis y garantizan una alta precisión. El procedimiento para desarrollar el modelo esta basado en el análisis causa raíz de fallas y tiene 4 pasos.

Paso 1: Identificación de los eventos más significantes

El primer paso es identificar los eventos más significantes. La herramienta usada son las bases de datos de las perdidas de producción en los procesos o plantas. Una gráfica Pareto arregla los eventos en orden descendente, con los altos valores de las perdidas en el inicio, los análisis se pueden escoger de evaluaciones por técnicas estadísticas de los datos de fallas:

- Frecuencia o tiempo total de fallas versus todas las fallas
- Frecuencia o tiempo total de todas las fallas versus días o semanas.
- Frecuencia o tiempo total de todas las fallas versus disciplinas
- Frecuencia o tiempo total de todas las fallas versus categorías de las fallas.

El Pareto selecciona el 20% de las fallas las cuales corresponden al 80% del total de las perdidas de producción.

Paso 2: Seleccione el modelo de la librería

Dependiendo del contexto de las fallas, se escoge el modelo mas apropiado de la librería de fallas. El contexto de la falla muchas veces depende de los productos producidos, procesos de producción, configuración de los equipos y condiciones operativas.

Paso 3: Navegar en la causa raíz

El modelo de confiabilidad es usar la causa raíz. Este provee listados de chequeo con preguntas típicas de cómo verificar las hipótesis de las fallas y ayuda a diagnosticar y que hacer. De los modos de falla y las hipótesis se realiza una apropiado troubleshooting en forma de check list para determinar que hacer y como hacer para hallar las fallas mas rápidamente.

Paso 4: Seguimiento a los resultados y realimentación de los hallazgos

Los seguimientos de los resultados usando una metodología gerencial es esencial para que el modelo de confiabilidad cumpla su propósito que es de disminuir las fallas recurrentes y esporádicas que impartan la producción y los costos de mantenimiento. Una reglamentación de los hallazgos determina el mejoramiento de las listas de chequeo y la efectividad de encontrar las fallas

Modelo de confiabilidad para el análisis de causa raíz de fallas

El modelo basado en el RCFA provee una biblioteca de modelos de problemas y fallas para diferentes procesos, plantas e industrias, cuando

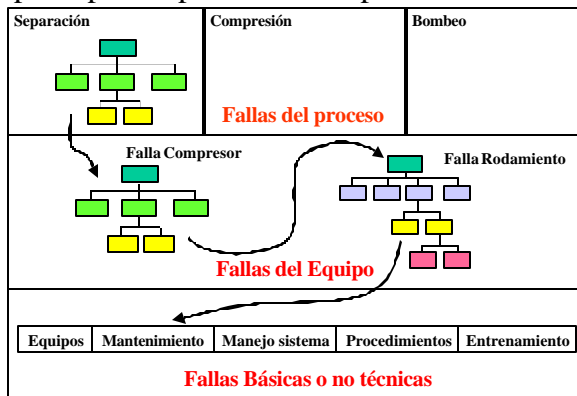
no se tengan fallas es importante realizar proactivamente los análisis de las posibles fallas que tiene un proceso, sistema, subsistemas, equipos y componentes y de esta forma anticiparse a la falla. Estos modelos son una guía para diagnosticar síntomas y efectos de la causa raíz de fallas. La biblioteca esta separada de acuerdo a los procesos en las diferentes industrias.

Categoría de los modelos

Cada planta contiene 3 tipos de modelos de falla, ver figura 4.

1. Fallas de proceso
2. Fallas de equipos
3. Fallas Básicas o no técnicas.

Modelos de fallas individuales pueden aplicar para diferentes procesos e industrias. La creación de un modelo completo para especificar los tipos de falla



de los procesos recorre todos los

Figura 4: Categoría de los modelos

Diferentes sistemas y subsistema, cada análisis de RCFA es un modelo proactivo de las posibles fallas que puede tener un proceso.

Los modelos de falla se inician desde categorías con nivel alto hasta llegar a los análisis de nivel bajos en orden de encontrar mas detalles de la causa raíz.

Procesos de falla

Ciertos modelos de falla son específicas de procesos, industrias y plantas, cada tipo de planta tiene procesos de producción específicos por lo tanto también pueden tener modelos de fallas precisos para sus procesos. Las fallas de procesos se define como las desviaciones de los indicadores de desempeño teniendo una línea estándar de definición. La falla de los procesos siempre inicia con una desviación dada en un proceso.

Fallas de equipos

Cada proceso de producción consiste de equipos como motores, compresores, bombas, etc. Algunos equipos pueden ser específicos para los procesos. Los modelos de fallas de los equipos se describe como los diferentes problemas, daños, malos funcionamientos para los equipos.

Fallas Básicas

Las fallas básicas son aquellas fallas no técnicas derivadas de los problemas de organización y errores humanos y típicamente están en problemas de mantenimiento, procedimientos, diseño de equipos, organizaciones y políticos.

Jerarquía del modelo

El modelo para una planta esta estructurado en 3 niveles, ver figura 5.

- Modelo de planta con eventos de falla y equipos críticos.
- Modelo de falla con árboles de falla.
- Listas de chequeo para verificación con instrucciones tipo Checklist.

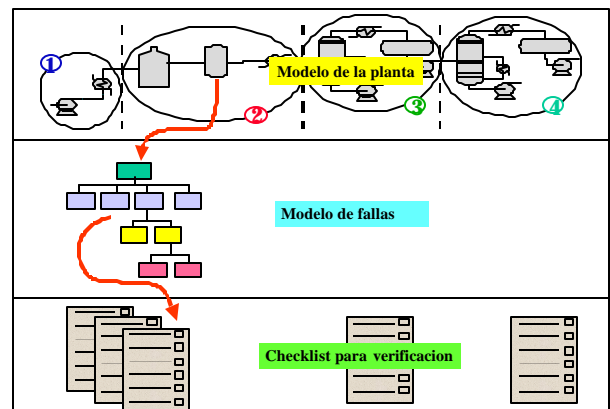


Figura 5. modelo de jerarquía del RCFA

Modelo de Planta

El modelo de planta es usado para centralizar la librería de las fallas. Acorde con la complejidad de los procesos y pueden realizar sub-procesos hasta modelar todo el flujo del proceso y la planta. Los componentes críticos y eventos de las fallas son enlazados con los flujos de los procesos.

Modelo de falla

El nivel dos de la jerarquía muestra con mas detalle los componentes críticos y los eventos de las fallas. Este conocimiento es estructurado en un árbol lógico con niveles de causa y efecto de los árboles de falla. Cada nodo del árbol lógico muestra todas las hipótesis de la falla. La verificación exitosa de las hipótesis genera el tercer paso del modelo.

Verificación con listas de chequeo

Este tercer nivel del modelo estructurado determina con mayor exactitud la causa raíz de las fallas. La verificación usando listas de chequeo (checklist) donde se colocan los puntos principales de las hipótesis, procedimientos para los hallazgos y la forma en que puede ser verificada una falla ayuda proactivamente a que el personal técnico e ingeniero inicie sus procesos de detección de fallas usando esta lista como un instrumento clave de diagnostico o troubleshooting.

Conclusión

El análisis de causa raíz de problemas es una técnica comprobada y metodológica que ayuda a encontrar los problemas de una industria. El modelo de confiabilidad basado en el RCFA reduce los tiempos para encontrar fallas, genera una metodología estructurada en diagnósticos basados en listas de chequeo y lo más importante es que provee un conocimiento para mitigar fallas futuras en equipos similares u de otras plantas. La calidad de las decisiones en fallas es incrementada a medida que crece la librería de los análisis de fallas, la experiencia y el conocimiento de las fallas.

Bibliografía:

Robert J. Latino, Kenneth Latino. Root Cause Analysis, 1999

Keith Mobley, Root Cause Failure Analysis, Abril 1999

www.reliability.com

www.fail-safe-network.com

William M. Murillo, ingeniero electricista de la universidad del valle, Consultor para HSB reliability technologies (Houston,TX), para RCM ingeniería (Cali, Col), consultor en sistemas de administración de programas de mantenimiento, especialista en RCM, RCFA, con 12 años de experiencia trabajando en generación con turbinas a gas, supervisión y gerencia del mantenimiento.

Actualmente trabaja en mecanicos Asociados, como gerente de O&M.

Rcmingenieria@emcatel.com.co, Tel 5586730 Cali