



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD NACIONAL  
EXPERIMENTALPOLITÉCNICA  
“ANTONIO JOSE DE SUCRE”  
VICE-RECTORADO DE PUERTO ORDAZ  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA INDUSTRIAL  
CATEDRA: PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE  
MANTENIMIENTO

# DETECCIÓN Y ANÁLISIS DE FALLAS. ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS.

**Profesora:**

**Ing. Scandra Mora**

**Integrantes**

Denisis Alonzo

Millán Gabriela

Millán Francelis

Moya Gabriela

Soler Alejandro

Colella Vito

CIUDAD GUAYANA, AGOSTO 2012

## INTRODUCCIÓN

En los últimos tiempos, se ha empezado a hablar del concepto de confiabilidad, en la medida que se comprendió que no era suficiente lograr una alta disponibilidad, sino también disminuir al mínimo la probabilidad de falla de las máquinas críticas durante la operación, es decir lograr conseguir una alta confiabilidad.

Las consecuencias de una falla pueden ir desde el lucro cesante o pérdida de producción, pasando por las horas hombre improductivas de operaciones, hasta la degradación y rotura de las propias máquinas.

Una alta disponibilidad no implica necesariamente una alta confiabilidad, pero una alta confiabilidad si implica una buena disponibilidad y seguridad, en la medida que la maquinaria, el proceso o equipos, presentan una baja probabilidad de falla. Para el caso de la maquinaria pesada, la confiabilidad será el producto de la confiabilidad individual de cada sistema que la compone.

## **Cuando hay una falla.**

Cuando la pieza queda completamente inservible.

Cuando a pesar de que funciona no cumple su función satisfactoriamente.

Cuando su funcionamiento es poco confiable debido a las fallas y presenta riesgos

### **Causas:**

1. Mal diseño, mala selección del material.
2. Imperfecciones del material, del proceso y/o de su fabricación.
3. Errores en el servicio y en el montaje.
4. Errores en el control de Calidad, mantenimiento y reparación.
5. Factores ambientales, sobrecargas.

Generalmente una falla es el resultado de uno o más de los anteriores factores.

### **Deficiencia en el Diseño.**

1. Errores al no considerar adecuadamente los efectos de las entallas.
2. Insuficientes criterios de diseño por no tener la información suficiente sobre los tipos y magnitudes de las cargas especialmente en piezas complejas ( No se conocen los esfuerzos a los que estan sometidos los elementos)
3. Cambios al diseño sin tener en cuenta los factores elevadores de los esfuerzos.

### **Deficiencias en la selección del material:**

1. Datos poco exactos del material (ensayo de tensión, dureza).
2. Empleo de criterios erróneos en la selección del material.
3. Darle mayor importancia al costo del material que a su calidad.

### **Imperfecciones en el Material:**

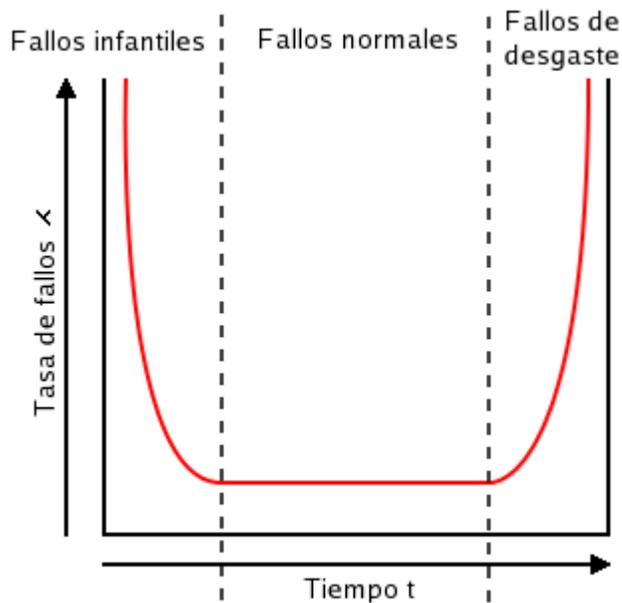
1. Segregaciones, porosidades, incrustaciones, grietas (generadas en el proceso del material) que pueden conducir a la falla del material

### **Deficiencias en el Proceso:**

1. Marcas de maquinado pueden originar grietas que conducen a la falla.
2. Esfuerzos residuales causados en el proceso de deformación en frío o en el tratamiento térmico que no se hacen bajo las normas establecidas (Temperatura, Tiempo, Medio de enfriamiento, Velocidad).
3. Recubrimientos inadecuados.
4. Soldaduras y/o reparaciones inadecuadas.

### **Curva de la bañera.**

La curva de la bañera, es un gráfico que representa los fallos durante el período de vida útil de un sistema o máquina. Se llama así porque tiene la forma una bañera cortada a lo largo.



### Teoría de fallas.

En ella se pueden apreciar tres etapas:

- Fallos iniciales: esta etapa se caracteriza por tener una elevada tasa de fallos que desciende rápidamente con el tiempo. Estos fallos pueden deberse a diferentes razones como equipos defectuosos, instalaciones incorrectas, errores de diseño del equipo, desconocimiento del equipo por parte de los operarios o desconocimiento del procedimiento adecuado.
- Fallos normales: etapa con una tasa de errores menor y constante. Los fallos no se producen debido a causas inherentes al equipo, sino por causas aleatorias externas. Estas causas pueden ser accidentes fortuitos, mala operación, condiciones inadecuadas u otros.
- Fallos de desgaste: etapa caracterizada por una tasa de errores rápidamente creciente. Los fallos se producen por desgaste natural del equipo debido al transcurso del tiempo.

Ésta es una de doce formas que se han tipificado sobre los modos de fallas de equipos, sistemas y dispositivos

### **Programa de Detección y Análisis de Fallas.**

El programa de Detección analítica de Fallas DAF, proporciona las habilidades y destrezas para la solución y prevención de problemas en ambientes productivos, acompañando los esfuerzos de mejoramiento continuo.

### **Beneficios:**

Algunos de los beneficios más evidentes del programa son:

- Reducción del tiempo de reparación.
- Minimización de tiempo de preparación y arranque de equipos.
- Disminución de fallas repetitivas.
- Aumento en la disponibilidad de equipos.
- Reducción de retrabajos y desperdicio.
- Reducción en la frecuencia de fallas.
- Mejora del mantenimiento preventivo.
- Reducción de costos por fallas de calidad.
- Mayor eficiencia en el trabajo en equipo.

Es indispensable que el departamento de conservación cuente invariablemente con un inventario de conservación, el cual es un listado de los recursos por atender, sean éstos equipos, instalaciones o construcciones; y que, además, se haya establecido el índice ICGM(RIME).

De esta forma, utilizando el código máquina y combinándolo con el principio de Pareto, obtenemos el inventario jerarquizado de conservación (vital, importante y trivial).

El análisis de falla es un examen sistemático de la pieza dañada para determinar la causa raíz de la falla y usar esta información para mejorar la confiabilidad del producto.

El análisis de falla está diseñado para:

- a) Identificar los *modos de falla* (la forma de fallar del producto o pieza).
- b) Identificar el *mecanismo de falla* (el fenómeno físico involucrado en la falla).
- c) Determinar la *causa raíz* (el diseño, defecto, o cargas que llevaron a la falla)
- d) Recomendar métodos de prevención de la falla.

**Causas comunes de falla (la lista no es exhaustiva):**

- Mal uso o abuso de los equipos.
- Errores de montaje.
- Errores de fabricación.
- Mantenimiento inadecuado.
- Errores de Diseño.
- Material inadecuado.
- Tratamientos térmicos incorrectos.
- Condiciones no previstas de operación.
- Inadecuado control o protección ambiental.
- Discontinuidades de colada.
- Defectos de soldadura.
- Defectos de forja.

### **Códigos y Normas utilizados:**

AISI: Normas de composición de aceros.

ASTM: Normas para materiales y su manufactura.

API: Normas para la industria del petróleo que son usadas por muchas otras industrias.

ASME: Responsable de los códigos para recipientes a presión.

### **Empresas:**

Servicios y desarrollos:

- ❖ NACE: Códigos para materiales expuestos a ambientes corrosivos.
- ❖ SAE: Normas para la industria automotriz usadas por muchas otras industrias.
- ❖ UNS: Clasificación de metales y aleaciones metálicas

### **Tres principios básicos a respetar:**

- Localizar el origen de la falla.
- No presuponer una causa determinada.
- No realizar ensayos destructivos sin un análisis previo cuidadoso

### **Etapas de un Análisis de Fallas:**

#### **❖ Antecedentes:**

Etapa inicial más importante: consiste en no hacer NADA , solamente pensar, estudiar la evidencia, hacer preguntas detalladas acerca de las partes, el equipo, las circunstancias de la falla y tomar nota de las respuestas. No destruir evidencias. Inicialmente el analista se reúne con el personal involucrado (ingenieros de mantenimiento, de proceso, etc.) para

discutir el problema. Es responsabilidad del analista realizar preguntas relevantes concernientes a la pieza:

I) Proceso involucrado, II) tipo de material, sus especificaciones forma, dimensiones y técnicas de proceso, III) parámetros de diseño, IV) condiciones de servicio, V) registros de mantenimiento, VI) frecuencia de falla, VII) secuencia de eventos que precedieron a la falla., etc.

Toda esta información permite definir correctamente el problema (*“Un buen planteo del problema es parte de la solución”*)

### **Ensayos y Cálculos.**

Examen preliminar (Visual) de la parte fallada (Fig. 1)



**Fig. 1 Examen preliminar. Caño Fisurado**

Ensayos No Destructivos: Líquidos penetrantes, partículas magnetizables, radiografía, ultrasonido, etc.

### **Análisis de Resultados, Conclusiones y Recomendaciones.**

En esta etapa se combina toda la información (antecedentes y resultados de los ensayos) y se discute la causa más probable de falla. En

las conclusiones se resume el modo de fractura y la causa de la falla. En las recomendaciones se presentan puntos de vista acerca de posibles soluciones del problema.

### **¿Qué es un AMEF?**

El Análisis de modos y efectos de fallas potenciales, AMEF, es un proceso sistemático para la identificación de las fallas potenciales del diseño de un producto o de un proceso antes de que éstas ocurran, con el propósito de eliminarlas o de minimizar el riesgo asociado a las mismas.

Por lo tanto, el AMEF puede ser considerado como un método analítico estandarizado para detectar y eliminar problemas de forma sistemática y total, cuyos objetivos principales son:

- ✓ Reconocer y evaluar los modos de fallas potenciales y las causas asociadas con el diseño y manufactura de un producto.
- ✓ Determinar los efectos de las fallas potenciales en el desempeño del sistema.
- ✓ Identificar las acciones que podrán eliminar o reducir la oportunidad de que ocurra la falla potencial.
- ✓ Analizar la confiabilidad del sistema.
- ✓ Documentar el proceso.

Aunque el método del AMEF generalmente ha sido utilizado por las industrias automotrices, éste es aplicable para la detección y bloqueo de las causas de fallas potenciales en productos y procesos de cualquier clase de empresa, ya sea que estos se encuentren en operación o en fase de proyecto; así como también es aplicable para sistemas administrativos y de servicios.

## **Requerimientos Del AMEF.**

Para hacer un AMEF se requiere los siguientes:

- ❖ Un equipo de personas con el compromiso de mejorar la capacidad de diseño para satisfacer las necesidades del cliente.
- ❖ Diagramas esquemáticos y de bloque de cada nivel del sistema, desde subensambles hasta el sistema completo.
- ❖ Especificaciones de los componentes, lista de piezas y datos del diseño.
- ❖ Especificaciones funcionales de módulos, subensambles, etc.
- ❖ Requerimientos de manufactura y detalles de los procesos que se van a utilizar.
- ❖ Formas de AMEF (en papel o electrónicas) y una lista de consideraciones especiales que se apliquen al producto.

## **Beneficios Del Amef.**

La eliminación de los modos de fallas potenciales tiene beneficios tanto a corto como a largo plazo. A corto plazo, representa ahorros de los costos de reparaciones, las pruebas repetitivas y el tiempo de paro.

El beneficio a largo plazo es mucho más difícil medir puesto que se relaciona con la satisfacción del cliente con el producto y con su percepción de la calidad; esta percepción afecta las futuras compras de los productos y es decisiva para crear una buena imagen de los mismos.

## **Análisis de Modos y Efectos de Falla (A.M.E.F)**

### **Reseña Histórica.**

La disciplina del AMEF fue desarrollada en el ejército de los Estados Unidos por los ingenieros de la National Agency of Space and Aeronautical (NASA), y era conocido como el procedimiento militar MIL-P-1629, titulado "Procedimiento para la Ejecución de un Modo de Falla, Efectos y Análisis de criticabilidad" y elaborado el 9 de noviembre de 1949; este era empleado como una técnica para evaluar la confiabilidad y para determinar los efectos de las fallas de los equipos y sistemas, en el éxito de la misión y la seguridad del personal o de los equipos.

En 1988 la Organización Internacional para la Estandarización (ISO), publicó la serie de normas ISO 9000 para la gestión y el aseguramiento de la calidad; los requerimientos de esta serie llevaron a muchas organizaciones a desarrollar sistemas de gestión de calidad enfocados hacia las necesidades, requerimientos y expectativas del cliente, entre estos surgió en el área automotriz el QS 9000, éste fue desarrollado por la Chrysler Corporation, la Ford Motor Company y la General Motors Corporation en un esfuerzo para estandarizar los sistemas de calidad de los proveedores; de acuerdo con las normas del QS 9000 los proveedores automotrices deben emplear Planeación de la Calidad del Producto Avanzada (APQP), la cual necesariamente debe incluir AMEF de diseño y de proceso, así como también un plan de control.

Posteriormente, en febrero de 1993 el grupo de acción automotriz industrial (AIAG) y la Sociedad Americana para el Control de Calidad (ASQC) registraron las normas AMEF para su implementación en la industria, estas normas son el equivalente al procedimiento técnico de la Sociedad de Ingenieros Automotrices SAE J - 1739.

Los estándares son presentados en el manual de AMEF aprobado y sustentado por la Chrysler, la Ford y la General Motors; este manual

proporciona lineamientos generales para la preparación y ejecución del AMEF.

Actualmente, el AMEF se ha popularizado en todas las empresas automotrices americanas y ha empezado a ser utilizado en diversas áreas de una gran variedad de empresas a nivel mundial.

### **Definición.**

El A.M.E.F es un método que nos permite determinar los modos de fallas de los componentes de un sistema, el impacto y la frecuencia con que se presentan. De esta forma se podrán clasificar las fallas por orden de importancia, permitiéndonos directamente establecer tareas de mantenimiento en aquellas áreas que están generando un mayor impacto económico, con el fin de mitigarlas o eliminarlas por completo.

Método del Análisis de Modos y Efectos de Fallas. Este proceso necesita de cierto período de tiempo para aplicarlo en el estudio de un sistema, un análisis detallado y una documentación acertada para poder generar una jerarquía clara y bien relacionada.

Su procedimiento como tal implica las siguientes actividades:

- Definir el sistema: Se refiere a que se debe definir claramente el sistema a ser evaluado, las relaciones funcionales entre los componentes del sistema y el nivel de análisis que debe ser realizado.
- El análisis de los modos de fracaso: Consiste en definir todos los modos de falla potenciales a ser evaluados en el nivel más bajo. Por ejemplo, la pérdida del rendimiento, funcionamiento intermitente, etc.
- Análisis de los efectos de fallas: Define el efecto de cada modo de falla en la función inmediata, los niveles más altos de riesgos en el sistema, y la función misión a ser realizada. Esto podría incluir una definición de síntomas disponible al operador.

- La rectificación (Opcional): Determina la acción inmediata que debe ejecutar el operador para limitar los efectos de las fallas o para restaurar la capacidad operacional inmediatamente, además de las acciones de mantenimiento requeridas para rectificar la falla.
- Cuantificación de la Rata de Fallas (Opcional): Si existe suficiente información, la rata de falla, la proporción de la rata, o la probabilidad de falla de cada modo de fallo deberían ser definidas. De esta forma puede cuantificarse la proporción de fracaso total o la probabilidad de falla asociada con un efecto de un modo de fallo.
- Análisis crítico (Opcional): Nos permite determinar una medida que combina la severidad o impacto de la falla con la probabilidad de que ocurra. Este análisis puede ser cuantitativo o cualitativo.
- Acción correctiva (Opcional): Define cambios en el diseño operando procedimientos o planes de prueba que mitigan o reducen las probabilidades críticas de falla.

### **Análisis de Modos y Efectos de Fallas Funcionales.**

Un A.M.E.F. funcional se basa en la estructura funcional del sistema en lugar de los componentes físicos que lo componen. Un A.M.E.F. de este tipo debe utilizarse sí cualquiera de los componentes no tienen identificación física o si el sistema es muy complejo. Es idéntico al A.M.E.F normal, solo que los modos de fallas son expresados como fallas para desarrollar las funciones particulares de un sub-sistema.

Igualmente el análisis funcional debe considerar las funciones primarias y secundarias, que quieren decir, las funciones para que el sub-sistema está provisto y las funciones que son solamente una consecuencia de la presencia del sub-sistema respectivamente.

## **Análisis de Árbol de Falla (A.A.F).**

La técnica del diagrama del árbol de falla es un método que nos permite identificar todas las posibles causas de un modo de falla en un sistema en particular. Además nos proporciona una base para calcular la probabilidad de ocurrencia por cada modo de falla del sistema. Esta técnica es conveniente aplicarla en sistemas que contengan redundancia.

Mediante un A.A.F podemos observar en forma gráfica la relación lógica entre un modo de fallo de un sistema en particular y la causa básica de fracaso. Esta técnica usa una compuerta "y" que se refiere a que todos los eventos debajo de la compuerta deben ocurrir para que el evento superior a la misma pueda ocurrir. De la misma forma utiliza una compuerta "o" que denota que al ocurrir cualquier evento situado debajo de la compuerta, el evento situado arriba ocurrirá.

Luego de realizado el A.A.F se procede a calcular por medio de los métodos de sistemas en serie, sistemas en paralelo, sistemas paralelos activos con redundancia parcial y sistemas con unidades de reserva, la probabilidad de falla del sistema o del evento de cima.

Con una acertada aplicación esta técnica se puede determinar los elementos potencialmente críticos durante la temprana etapa de diseño, mientras que cuando se requiere un análisis más profundo del sistema en la etapa de detalle del diseño, aplicamos un Análisis de Modo y Efecto de Falla. Los A.A.F nos proveen de una base objetiva para analizar el diseño de un sistema, desempeñando estudios de comercio / fuera, analizando casos comunes o modos de fallas comunes, evaluando la complacencia en los requisitos de seguridad las justificaciones de diseño de mejoras.

## **Método:**

El Análisis de Árbol de Falla consta de seis pasos fundamentales, los cuales son:

- Definición del sistema, es decir, los elementos que componen el sistema, sus relaciones funcionales y las funciones requeridas.
- La definición del evento cima debe ser analizado, así como el límite de su análisis.
- La construcción del A.A.F por rastreo de los eventos debajo de la cima y progresivamente eventos debajo por categorías y niveles con sus especificados funcionales.
- Estimación de la probabilidad de ocurrencia de cada uno de las causas de fracaso.
- Identificación de cualquier fracaso de la causa común potencial que afecta las compuertas "y".
- Calcular la probabilidad de ocurrencia del evento de cima de falla.

## **Beneficios del Análisis del Árbol de Fallas:**

- Lleva al analista a descubrir la falla de una forma deductiva.
- Indica las partes del sistema que son sumamente importantes debido a que en las mismas se localizan las fallas de interés.
- Proporciona medios claros, precisos y concisos de impartir información de confiabilidad a la gerencia.
- Provee un significado cualitativo y cuantitativo de análisis de confiabilidad.
- Permite no mal gastar esfuerzos, al concentrarse en un modo de falla del sistema o los efectos que genera al tiempo.

- Provee al analista y al diseñador de un claro entendimiento de las características de confiabilidad y rasgos del diseño.
- Permite identificar posibles problemas de confiabilidad.
- Habilita fallas que pueden ser evaluadas.

### **Beneficios Del AMEF.**

La eliminación de los modos de fallas potenciales tiene beneficios tanto a corto como a largo plazo. A corto plazo, representa ahorros de los costos de reparaciones, las pruebas repetitivas y el tiempo de paro. El beneficio a largo plazo es mucho más difícil medir puesto que se relaciona con la satisfacción del cliente con el producto y con su percepción de la calidad; esta percepción afecta las futuras compras de los productos y es decisiva para crear una buena imagen de los mismos.

Por otro lado, el AMEF apoya y refuerza el proceso de diseño ya que:

- Ayuda en la selección de alternativas durante el diseño Incrementa la probabilidad de que los modos de fallas potenciales y sus efectos sobre la operación del sistema sean considerados durante el diseño.
- Proporciona una información adicional para ayudar en la planeación de programas de pruebas concienzudos y eficientes.
- Desarrolla una lista de modos de fallas potenciales, clasificados conforme a su probable efecto sobre el cliente.
- Proporciona un formato documentado abierto para recomendar acciones que reduzcan el riesgo para hacer el seguimiento de ellas.

- Detecta fallas en donde son necesarias características de auto corrección o de leve protección.
- Identifica los modos de fallas conocidos y potenciales que de otra manera podrían pasar desapercibidos.
- Detecta fallas primarias, pero a menudo mínimas, que pueden causar ciertas fallas secundarias.
- Proporciona un punto de visto fresco en la comprensión de las funciones de un sistema.

El primer paso para el análisis de riesgos es cuantificar la severidad de los efectos, éstos son evaluados en una escala del 1 al 10 donde 10 es lo más severo. A continuación se presentan las tablas con los criterios de evaluación para proceso y para diseño:

<b>Alerta peligrosa</b>	El incidente afecta la operación segura del producto o implica la no conformidad con la regulación del <b>gobierno</b> sin alarma.	10
<b>- peligroso; con alarma</b>	El incidente afecta la operación segura del producto o implica la no conformidad con la regulación del gobierno con la alarma.	9
<b>Muy Arriba</b>	El producto es inoperable con pérdida de función primaria.	8
<b>Alto</b>	El producto es operable, pero en el nivel reducido del funcionamiento.	7
<b>Moderado</b>	El producto es operable, pero el ítem(s) de la comodidad o de la conveniencia es inoperable.	6
<b>Bajo</b>	El producto es operable a un nivel reducido de funcionamiento.	5
<b>Muy Bajo</b>	La mayoría de los <b>clientes</b> notan los defectos.	4
<b>De menor importancia</b>	Los clientes <b>medios</b> notan los defectos.	3
<b>Muy De menor importancia</b>	El ajuste y el final o el chirrido y el ítem del traqueteo no se conforma. Los clientes exigentes notan los defectos.	2
<b>Ninguno</b>	Ningún efecto	1
<b>Tabla 1.</b>	Criterios de la evaluación y sistema de graduación sugeridos para la severidad de los efectos para un diseño AMEF	

Efecto	Criterios: Severidad del efecto para AMEF	Fila
– peligroso; sin alarma	Puede poner en peligro al operador del ensamblaje. El incidente afecta la operación o la no conformidad segura del producto con la regulación del gobierno. El incidente ocurrirá sin alarma.	10
– peligroso; con alarma	Puede poner en peligro al operador del ensamblaje. El incidente afecta la operación o la no conformidad segura del producto con la regulación del gobierno. El incidente ocurrirá con alarma.	9
Muy Arriba	Interrupción importante a la cadena de producción. 100% del producto puede ser desechado. El producto es inoperable con pérdida de función primaria.	8
Alto	Interrupción de menor importancia a la cadena de producción. El producto puede ser clasificado y una porción desechada. El producto es operable, pero en un nivel reducido del funcionamiento.	7
Moderado	Interrupción es de menor importancia a la cadena de producción. Una porción del producto puede ser desechado (no se clasifica). El producto es operable, pero un cierto item(s) de la comodidad / de la conveniencia es inoperable	6
Bajo	Interrupción es de menor importancia a la cadena de producción. 100% del producto puede ser devuelto a trabajar. El producto es operable, pero algunos items de la comodidad / de la conveniencia funcionan en un nivel reducido del funcionamiento.	5
Muy Bajo	Interrupción es de menor importancia a la cadena de producción. El producto puede ser clasificado y una porción puede ser devuelto a trabajar. La mayoría de los clientes notan el defecto.	4
De menor importancia	Interrupción es de menor importancia a la cadena de producción. Una porción del producto puede ser devuelto a trabajar en línea solamente hacia fuera-de-estación. Los clientes medios notan el defecto.	3
Muy De menor importancia	Interrupción es de menor importancia a la cadena de producción. Una porción del producto puede ser devuelto a trabajar en línea solamente en-estación. Los clientes exigentes notan el defecto.	2
Ninguno	El modo de fallo no tiene ningún efecto.	1
Vector 2.	Criterios de la evaluación y sistema de graduación sugeridos para la severidad de efectos en un proceso AMEF	

## **Causas de fallas potenciales.**

Luego de que los efectos y la severidad han sido listadas, se deben de identificar las causas de los modos de falla.

En el AMEF de diseño, las causas de falla son las deficiencias del diseño que producen un modo de falla. Para el AMEF de proceso, las causas son errores específicos descritos en términos de algo que puede ser corregido o controlado.

## **Ocurrencia.**

Las causas son evaluadas en términos de ocurrencia, ésta se define como la probabilidad de que una causa en particular ocurra y resulte en un modo de falla durante la vida esperada del producto, es decir, representa la remota probabilidad de que el cliente experimente el efecto del modo de falla.

EL valor de la ocurrencia se determina a través de las siguientes tablas, en caso de obtener valores intermedios se asume el superior inmediato, y si se desconociera totalmente la probabilidad de falla se debe asumir una ocurrencia igual a 10.

Probabilidad del incidente	Porcentajes de averías	Fila
Muy Arriba: El incidente es casi inevitable	1 en 2 <sup>3</sup>	10
	1 en 3	9
Alto: Incidentes repetitivos	1 en 8	8
	1 en 20	7
Moderado: Incidentes ocasionales	1 en 80	6
	1 en 400	5
	1 de 2000	4
Bajo: Relativamente pocos incidentes	1 en 15.000	3
	1 en 150.000	2
Telecontrol: El incidente es inverosímil	1 en 1.500.000 £	1
Vector 3.	Criterios de la evaluación y sistema de graduación sugeridos para la ocurrencia del incidente en un diseño AMEF	

### Detección.

La detección es una evaluación de las probabilidades de que los controles del proceso propuestos (listados en la columna anterior) detecten el modo de falla, antes de que la parte o componente salga de la localidad de manufactura o ensamble.

Detección	Criterios: Probabilidad de la detección por control del diseño	Fila
Incertidumbre Absoluta	El control del diseño no detecta una causa potencial del incidente o del modo de fallo subsecuente; o no hay control del diseño	10
Muy Alejado	La probabilidad muy alejada de que el control del diseño detecte una causa potencial del incidente o del modo de fallo subsecuente	9
Alejado	La probabilidad alejada de que el control del diseño detectará una causa potencial del incidente o del modo de fallo subsecuente	8
Muy Bajo	La probabilidad muy baja el control del diseño detectará un potencial Causa del incidente o del modo de fallo subsecuente	7
Bajo	La probabilidad baja el control del diseño detectará un potencial Causa del incidente o del modo de fallo subsecuente	6
Moderado	La probabilidad moderada de que el control del diseño detectará una causa potencial del incidente o del modo de fallo subsecuente	5
Moderadamente Alto	La probabilidad moderado alta de que el control del diseño detectará una causa potencial del incidente o del modo de fallo subsecuente	4
Alto	La alta probabilidad de que el control del diseño detectará una causa potencial del incidente o del modo de fallo subsecuente	3

Detección	Criterios: Probabilidad de la detección por control de proceso	Fila
Casi Imposible	Ninguno de los controles disponibles detectar incidente Modo o causa	10
Muy Alejado	Los controles actuales tienen una probabilidad muy alejada de detectar modo o causa de fallo	9
Alejado	Los controles actuales tienen una probabilidad alejada de detectar modo o causa de fallo	8
Muy Bajo	Los controles actuales tienen una probabilidad muy baja de detectar modo o causa de fallo	7
Bajo	Los controles actuales tienen una probabilidad baja de detectar Modo o causa de fallo	6
Moderado	Los controles actuales tienen una probabilidad moderada de detectar modo o causa de fallo	5
Moderadamente Alto	Los controles actuales tienen una probabilidad moderadamente alta de detectar modo o causa de fallo	4
Alto	Los controles actuales tienen una alta probabilidad de detectar modo o causa de fallo	3
Muy Alto	Los controles actuales tienen una probabilidad muy alta de detectar modo o causa de fallo	2
Casi Seguro	Controles actuales detectan casi <b>seguros</b> al modo o a la causa de fallo. Los controles confiables de la detección se saben con procesos similares.	1

## NPR.

El número de prioridad de riesgo (NPR) es el producto matemático de la severidad, la ocurrencia y la detección, es decir:

$$\text{NPR} = \text{S} * \text{O} * \text{D}$$

Este valor se emplea para identificar los riesgos más serios para buscar acciones correctivas.

Acción (es) recomendada (s).

Cuando los modos de falla han sido ordenados por el NPR, las acciones correctivas deberán dirigirse primero a los problemas y puntos de mayor grado e ítemes críticos. La intención de cualquier acción recomendada es reducir los grados de ocurrencia, severidad y/o detección. Si no se recomienda ninguna acción para una causa específica, se debe indicar así.

Un AMEF de proceso tendrá un valor limitado si no cuenta con acciones correctivas y efectivas. Es la responsabilidad de todas las actividades afectadas el implementar programas de seguimiento efectivos para atender todas las recomendaciones.

Área/individuo responsable y fecha de terminación (de la acción recomendada):

Se registra el área y la persona responsable de la acción recomendada, así como la fecha meta de terminación.

Acciones tomadas.

Después de que se haya completado una acción, registre una breve descripción de la acción actual y fecha efectiva o de terminación.

NPR resultante.

Después de haber identificado la acción correctiva, se estima y registra los grados de ocurrencia, severidad y detección finales. Se calcula el NPR resultante, éste es el producto de los valores de severidad, ocurrencia y detección.

El ingeniero en proceso es responsable de asegurar que todas las acciones recomendadas sean implementadas y monitoreadas adecuadamente. El AMEF es un documento viviente y deberá reflejar siempre el último nivel de diseño.

### **Secuencia de procedimientos para la elaboración del AMEF.**

Una vez identificados los elementos del AMEF, es necesario conocer cómo se debe llevar a cabo, es decir, el orden lógico que deben de llevar las operaciones; Cabe Destacar que previamente se debe de haber definido al equipo responsable para la ejecución del AMEF, así como también se debe realizar un análisis previo para la recolección de datos.

### **Modo de falla potencial.**

Se define como la manera en que una parte o ensamble puede potencialmente fallar en cumplir con los requerimientos de liberación de ingeniería o con requerimiento específicos del proceso. Se hace una lista de cada modo de falla potencial para la operación en particular; para identificar todos los posibles modos de falla, es necesario considerar que estos pueden caer dentro de una de cinco categorías:

- ❖ Falla Total.
- ❖ Falla Parcial.
- ❖ Falla Intermitente.
- ❖ Falla Gradual.
- ❖ Sobrefuncionamiento.

- ❖ Fallas por desgaste: Generalmente se presenta pérdida de material en la superficie del elemento; puede ser abrasivo, adhesivo y corrosivo. Se puede catalogar como una falla de lubricación (tipo de lubricante).
- ❖ Fallas por fatiga superficial: Debido a los esfuerzos presentes en la superficie y subsuperficie del material.
- ❖ Fallas por fractura: Se puede presentar del tipo frágil o dúctil, su huella debe ser analizada para encontrar el motivo de la falla. La pieza queda inservible, generalmente es causada por el fenómeno de la fatiga.
- ❖ Fallas por flujo plástico: Se presenta deformación permanente del material; es causado por presencia de cargas que generan esfuerzos superiores al límite elástico del material.

## **Conclusiones.**

Toda Falla deja unas pistas que permiten encontrar su origen. El diseñador debe conocer muy bien las teorías de las fallas a fin de interpretar adecuadamente estas pistas.

Toda máquina tiene sus niveles normales de ruido, vibración y temperatura. Cuando se observe algún aumento anormal de estos niveles, se tienen los primeros indicios de que hay alguna falla. Los operarios de las máquinas deben ser instruidos para que avisen al detectar estos síntomas que presenta la máquina.

Al diseñar una máquina se debe tener un profundo conocimiento de la forma en que funciona cada elemento componente y la forma en que puede fallar. Esto conducirá a mejores diseños.

Antes de reemplazar una pieza que ha fallado se debe hacer un análisis minucioso con el fin de determinar la causa exacta y aplicar los correctivos que haya a lugar.

## **Bibliografía.**

- Charles, E. (1997). An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering. Boston, Massachusetts. Editorial Mc. Graw-Hill.
- Ireson, G.; Coombs, C. Jr. y Moss, Richard. (1996). Handbook of Reliability Engineering and Management. New York. Editorial Mc. Graw-Hill.
- Kelly, A. (1994). Maintenance. England. Butterworth Heinemann.
- Trejo E. (2002, Marzo). Análisis Causa Raíz y solución de problemas. Taller dictado en el Centro Internacional de Educación y Desarrollo (CIED), filial de PDVSA, Paraguaná. Venezuela.