

LIBRERÍA HOR DAGO

AMFE: Análisis Modal de Fallos y Efectos



**Bizkaiko Foru
Aldundia**

**Ekonomi
Sustanen Saila**

**Diputación Foral
de Bizkaia**

**Departamento de Promoción
Económica**

INDICE

1. RESUMEN DE CONTENIDO.....	2
2. GRÁFICO DE SITUACIÓN.....	3
3. INTRODUCCIÓN.....	4
4. TIPOS DE AMFE	6
5. DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO.....	9
6. IMPLANTACIÓN DEL AMFE	17
7. BENEFICIOS DE LA APLICACIÓN DEL AMFE	22
8. EJEMPLO: AMFE DE DISEÑO DEL CONECTOR DE UN FARO DE AUTOMÓVIL.....	24
9. BIBLIOGRAFÍA.....	30



1. RESUMEN DE CONTENIDO

Este documento pretende describir en qué consiste la metodología del AMFE, Análisis Modal de Fallos y Efectos.

Tras una breve introducción donde se define:

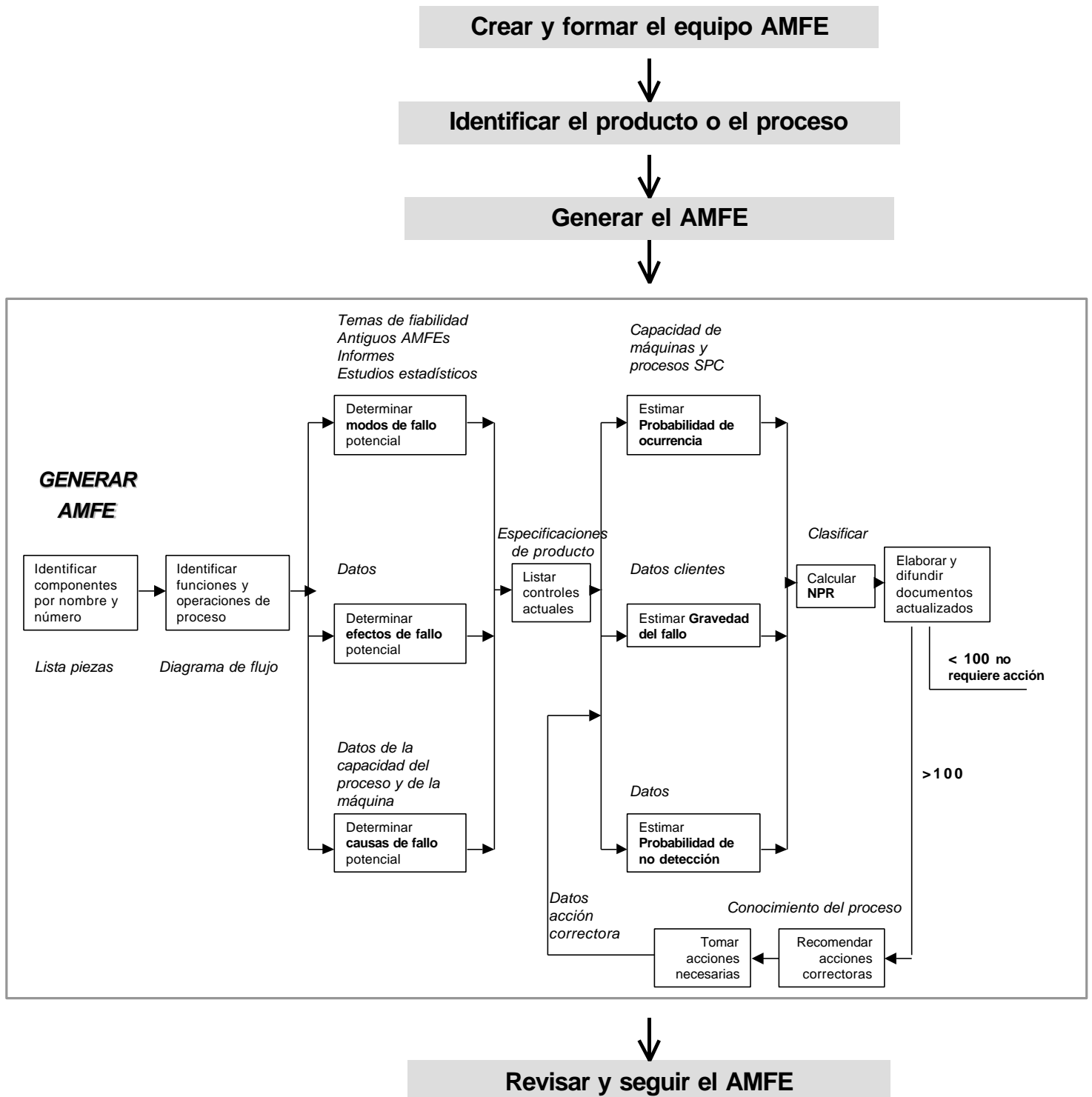
- ☞ ¿qué es el AMFE?
- ☞ ¿cuáles son los **objetivos** que se pretenden alcanzar cuando se realiza un AMFE?
- ☞ ¿cuándo se realiza un AMFE?
- ☞ **tipos** de AMFE,

se realiza una descripción detallada del método y de las pautas a seguir para su implantación en la empresa.

La aplicación del AMFE provoca un ejercicio de prevención de posibles fallos en un proceso o producto, con el que se consigue una participación mayor de todas las personas involucradas, con el consiguiente incremento del potencial activo y creativo. Así se consigue una mayor satisfacción del cliente, al menor coste y desde la primera unidad producida.

Por eso se recomienda que, tras la lectura de este documento, se reflexione sobre los productos y procesos de su empresa para los que sería aconsejable la aplicación del AMFE.

2. GRÁFICO DE SITUACIÓN



3. INTRODUCCIÓN

El AMFE o Análisis Modal de Fallos y Efectos, es una herramienta de máxima utilidad en el desarrollo del producto que permite, de una forma sistemática, asegurar que han sido tenidos en cuenta y analizados todos los fallos potencialmente concebibles.

- Se deben definir los objetivos del AMFE antes de realizarlo.
- El AMFE ha de orientarse a la Prevención y a la Mejora continua.

Es decir, el AMFE permite identificar las variables significativas del proceso/producto para poder determinar y establecer las acciones correctoras necesarias para la prevención del fallo, o la detección del mismo si éste se produce, evitando que productos defectuosos o inadecuados lleguen al cliente.

La **definición** exacta por lo tanto, es la siguiente:

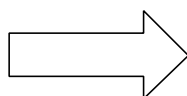
“El AMFE o Análisis Modal de Fallos y Efectos es un **método** dirigido a lograr el Aseguramiento de la Calidad, que mediante el análisis sistemático, contribuye a identificar y prevenir los modos de fallo, tanto de un producto como de un proceso, evaluando su gravedad, ocurrencia y detección, mediante los cuales, se calculará el Número de Prioridad de Riesgo, para priorizar las causas, sobre las cuales habrá que actuar para evitar que se presenten dichos modos de fallo.

Los siguientes términos, que aparecen en la definición anterior, son los llamados **parámetros de evaluación**. Más adelante se analizará cada uno de ellos.

Gravedad del fallo (S)

Probabilidad de ocurrencia (O)

Probabilidad de no detección (D)



Número de Prioridad de Riesgo:

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

¿Cuáles son los **objetivos** que se pretenden alcanzar cuando se realiza un AMFE?

- ✓ Satisfacer al cliente
- ✓ Introducir en las empresas la filosofía de la prevención
- ✓ Identificar los modos de fallo que tienen consecuencias importantes respecto a diferentes criterios: disponibilidad, seguridad, etc.
- ✓ Precisar para cada modo de fallo los medios y procedimientos de detección

- ✓ Adoptar acciones correctoras y/o preventivas, de forma que se supriman las causas de fallo del producto, en diseño o proceso
- ✓ Valorar la eficacia de las acciones tomadas y ayudar a documentar el proceso

¿Cuándo se realiza un AMFE?

Por definición el AMFE es una metodología orientada a **maximizar la satisfacción del cliente** mediante la reducción o eliminación de los problemas potenciales o conocidos. Para cumplir con este objetivo el AMFE se debe comenzar tan pronto como sea posible, incluso cuando aún no se disponga de toda la información.

En concreto el AMFE se debería comenzar:

- cuando se diseñen nuevos procesos o diseños;
- cuando cambien procesos o diseños actuales sea cual fuere la razón;
- cuando se encuentren nuevas aplicaciones para los productos o procesos actuales;
- cuando se busquen mejoras para los procesos o diseños actuales.

Dentro del proceso de diseño de un producto, el AMFE es de aplicación durante las fases de diseño conceptual, desarrollo y proceso de producción. En estas fase el AMFE se complementa con otras herramientas de ingeniería de calidad como QFD, benchmarking, estudio de quejas y reclamaciones, fiabilidad y CEP.

EL AMFE se puede dar por finalizado cuando se ha fijado la fecha de comienzo de producción en el caso de AMFE de diseño o cuando todas las operaciones han sido identificadas y evaluadas y todas las características críticas se han definido en el plan de control, para el caso de AMFE de proceso. En cualquier caso, siempre se puede reabrir un AMFE para revisar, evaluar o mejorar un diseño o proceso existente, según un criterio de oportunidad que se fijará en la propia empresa.

Como regla general los archivos del AMFE habrán de conservarse durante el ciclo completo de vida del producto (AMFE de diseño) o mientras el proceso se siga utilizando (AMFE de proceso).

4. TIPOS DE AMFE

Se pueden distinguir dos tipos de AMFE según en el marco de la gestión del proceso donde se inscriba:

AMFE DE DISEÑO
AMFE DE PROCESO



Diseño de nuevos productos



Diseño del proceso de fabricación

Por ejemplo, en el sector del automóvil:

- el **AMFE de diseño** va dirigido al producto, es decir, al diseño del automóvil y sus componentes.
- el **AMFE de proceso** está dirigido al proceso de fabricación, es decir, a los medios de producción que se utilizan.

Realmente el AMFE es válido para **cualquier tipo de proceso** entendiendo que un proceso puede ser de diseño, de fabricación, de ventas, organizativo, administrativo o de cualquier tipo de servicio. En un AMFE de proceso de fabricación se supone que el producto cumplirá la finalidad del diseño, y si se descubrieran fallos en éste, deberían ser inmediatamente comunicados a los departamentos o personas implicadas. No obstante, no corresponde a la finalidad de este AMFE analizar dichos fallos, sino que se considerará que el producto está diseñado correctamente.

También hay que decir que entre el AMFE de proceso y diseño existe una correlación: los AMFE de diseño y proceso siguen uno al otro en una secuencia lógica. Mientras que el AMFE de diseño puede haber identificado una deficiencia del proceso (agujeros sin taladrar), como la causa de un modo de fallo particular de un componente o equipo, esta deficiencia es recogida como modo de fallo de proceso por el AMFE de proceso, siendo analizada más detenidamente con el fin de hallar por qué puede fallar el proceso (broca rota).

AMFE DE DISEÑO

Consiste en el **análisis preventivo** de los diseños, buscando anticiparse a los problemas y necesidades de los mismos. Este

AMFE es el paso previo lógico al de proceso porque se tiende a mejorar el diseño, para evitar el fallo posterior en producción.

El AMFE es una herramienta previa de la calidad en la que:

1. Se hace un estudio de la factibilidad para ver si se es capaz de resolver el diseño dentro de los parámetros de fiabilidad establecidos.
2. Se realiza el diseño orientándolo hacia los materiales, compras, ensayos, producción... ya que los modos de fallo con ellos relacionados se tienen en cuenta en este tipo de AMFE.

El objeto de estudio de un AMFE de diseño es el producto y todo lo relacionado con su definición.

Se analiza por tanto la elección de los materiales, su configuración física, las dimensiones, los tipos de tratamiento a aplicar y los posibles problemas de realización.

AMFE DE PROCESO

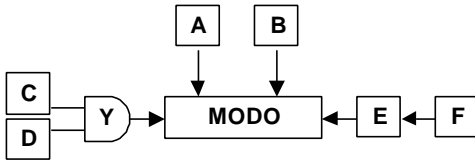
Es el "Análisis de modos de fallos y efectos" potenciales de un proceso de fabricación, para asegurar su calidad de funcionamiento y, en cuanto de él dependa, la fiabilidad de las funciones del producto exigidos por el cliente.

En el AMFE de proceso se analizan los fallos del producto derivados de los posibles fallos del proceso hasta su entrega al cliente.

Se analizan, por tanto, los posibles fallos que pueden ocurrir en los diferentes elementos del proceso (materiales, equipo, mano de obra, métodos y entorno) y cómo éstos influyen en el producto resultante.

Hay que tener claro que la fiabilidad del producto final no depende sólo del AMFE de proceso final, sino también de la calidad del diseño de las piezas que lo componen y de la calidad intrínseca con que se hayan fabricado las mismas. Sólo puede esperarse una fiabilidad óptima cuando se haya aplicado previamente un AMFE de diseño y un AMFE de proceso en proveedores externos e internos.

CONCEPTOS



*Si siempre que se produce la fatiga se origina ruido (efecto), entonces sería **modo de fallo**.
En cambio, si no siempre que aparece la fatiga se produce ruido, ésta sería **causa**.*

Un modo de fallo puede estar originado por una o más causas. Éstas, pueden ser independientes entre sí, tales como la A o la B de la figura. También pueden combinarse entre ellas, es decir, que el modo de fallo está condicionado a que se presenten ambas, como por ejemplo, C y D. Y por último, puede que las causas estén encadenadas como la E y F, es decir, la E no se presentará si no aparece antes de F.

En este último caso, las causas pueden ser confundidas con los modos de fallo o los efectos. Por ejemplo, una vibración en un elemento mecánico puede provocarle fatiga, y ésta a su vez producir la rotura, que el cliente detectará por un ruido especial. En este caso la fatiga se puede considerar como una causa secundaria o como un modo de fallo. Esta secuencia de hechos se puede representar del modo siguiente:

Vibración -> Fatiga -> Rotura -> Ruido

Lo más importante es establecer la cadena de sucesos en el orden correcto para una mejor comprensión del problema y una adecuada valoración de los índices de ocurrencia, de los cuales se hablará más adelante.

5. DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO

A continuación se indican los pasos necesarios para la aplicación del método AMFE de forma genérica, tanto para diseños como para procesos. Los pasos siguen la secuencia indicada en el formato AMFE que se presenta a continuación.

☞ Los números de cada una de las casillas se corresponden con los pasos de aplicación del método AMFE.

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS DE PROCESO <input type="checkbox"/> DE DISEÑO <input type="checkbox"/>											HOJA	REVI. Nº	FECHA	POR			
											de						
PRODUCTO:				PROCESO:				RESPONSABLE:									
ESPECIFICACIÓN:				OPERACIÓN:				FECHA:									
FECHA DE EDICIÓN:				ACTUAR SOBRE NPR> QUE:				REVISADO:									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	VALORACIÓN			18
														15	16	17	

1 Nombre del producto

2 Operación o función

3 Modo de fallo

4 Efectos del fallo

5 Gravedad del fallo

6 Características críticas

7 Causa del fallo

8 Probabilidad de ocurrencia

9 Controles actuales

10 Probabilidad de no detección

11 Número de prioridad de riesgo

12 Acción correctora

13 Definir responsables

14 Acciones implantadas

15 Nuevo valor de gravedad del fallo

16 Nuevo valor de probabilidad de ocurrencia

17 Nuevo valor de probabilidad de no detección

18 Nuevo número de prioridad de riesgo

Paso 1: Nombre del producto y componente

En la primera columna del formato AMFE se escribe el nombre del producto sobre el que se va a aplicar. También se incluyen todos los subconjuntos y los componentes que forman parte del producto a analizar, bien sea desde el punto de vista de diseño del producto o del proceso que se vaya a utilizar para la fabricación.

Paso 2: Operación o función

La segunda columna se completa con distinta información según se esté realizando un AMFE de diseño o proceso.

- Para el AMFE de diseño se incluyen las funciones que realiza cada uno de los componentes, además de las interconexiones existentes entre los componentes.
- Para el AMFE de proceso se reflejan todas las operaciones que se realizan a lo largo del proceso de fabricación de cada componente incluyendo las operaciones de aprovisionamiento, de producción, de embalaje, de almacenado y de transporte.

Paso 3: Modo de fallo

Para cumplimentar la tercera columna se recomienda comenzar con una revisión de los informes realizados en AMFEs anteriores, relacionados con el producto o proceso que se está analizando.

Un modo de fallo significa que un elemento o sistema no satisface o no funciona de acuerdo con la especificación, o simplemente no se obtiene lo que se espera de él. El fallo es una desviación o defecto de una función o especificación. Con esa definición, un fallo puede no ser inmediatamente detectable por el cliente y sin embargo hemos de considerarlo como tal.

Paso 4: Efecto/s del fallo

Suponiendo que el fallo potencial ha ocurrido, en esta columna se describirán los efectos del mismo tal como lo haría el cliente. Los efectos corresponden a los síntomas. Generalmente hacen referencia al rendimiento o prestaciones del sistema.

Cuando se analiza una parte o componente se tendrá también en cuenta la repercusión en todo el sistema, lo que ofrecerá una descripción más clara del efecto. Si un modo de fallo tiene muchos efectos, a la hora de evaluar, se elegirá el más grave.

Gravedad del fallo o Severidad

Relacionada con los efectos

S

Entre los efectos típicos de fallo podrían citarse los siguientes:

- **diseño:** ruido, acabado basto, inoperante, olor desagradable, inestable, etc.
- **proceso:** no puede sujetar, no puede alinearse, no puede perforar, no se puede montar, etc.

Para la obtención de los efectos se utiliza mucho el "Diagrama causa-consecuencia" entendiendo por consecuencia el efecto.

Paso 5: Gravedad del fallo

Este índice está íntimamente relacionado con los efectos del modo de fallo. El índice de gravedad valora el nivel de las consecuencias sentidas por el cliente. Esta clasificación está basada únicamente en los efectos del fallo. El valor del índice crece en función de :

- La insatisfacción del cliente. Si se produce un gran descontento, el cliente no comprará más.
- La degradación de las prestaciones. La rapidez de aparición de la avería.
- El coste de la reparación.

El índice de gravedad o también llamado de **Severidad** es independiente de la frecuencia y de la detección. Para utilizar unos criterios comunes en la empresa ha de utilizarse una tabla de clasificación de la severidad de cada efecto de fallo, de forma que se objetivice la asignación de valores de **S**. En la siguiente tabla se muestra un ejemplo en que se relacionan los efectos del fallo con el índice de severidad. En cada empresa se debería contar con unas tablas similares adaptadas al producto, servicio, diseño o proceso concreto para el que se vayan a utilizar.

Cuadro de clasificación según Gravedad o Severidad de fallo

Criterio	Valor de S
Infima. El defecto sería imperceptible por el usuario	1
Escasa. El cliente puede notar un fallo menor, pero sólo provoca una ligera molestia	2-3
Baja. El cliente nota el fallo y le produce cierto enojo	4-5
Moderada. El fallo produce disgusto e insatisfacción el cliente	6-7
Elevada. El fallo es crítico, originando un alto grado de insatisfacción en el cliente	8-9
Muy elevada. El fallo implica problemas de seguridad o de no conformidad con los reglamentos en vigor	10

Este índice sólo es posible mejorarlo mediante acciones de diseño, y no se ve afectado por los controles actuales.

Como la clasificación de gravedad está basada únicamente en el efecto de fallo, todas las causas potenciales del fallo para un efecto particular de fallo, recibirán la misma clasificación de gravedad.

Paso 6: Características críticas

Siempre que la gravedad sea 9 ó 10, y que la frecuencia y detección sean superiores a 1, consideraremos el fallo y las características que le corresponden como críticas. Estas características, que pueden ser una cota o una especificación, se identificarán con un triángulo invertido u otro signo en el documento de AMFE, en el plan de control y en el plano si le corresponde. Aunque el NPR resultante sea menor que el especificado como límite, conviene actuar sobre estos modos de fallo.

Paso 7: Causa del fallo

En esta columna se reflejan todas las causas potenciales de fallo atribuibles a cada modo de fallo. La causa potencial de fallo se define como indicio de una debilidad del diseño o proceso cuya consecuencia es el modo de fallo. Las causas relacionadas deben ser lo más concisas y completas posibles, de modo que las acciones correctoras y/o preventivas puedan ser orientadas hacia las causas pertinentes.

Entre las causas típicas de fallo podrían citarse las siguientes:

- **en diseño:** porosidad, uso de material incorrecto, sobrecarga...
- **en proceso:** daño de manipulación, utillaje incorrecto, sujeción, amarre..

Decir que al igual que en la obtención de los efectos se hacía uso del diagrama "causa-efecto", a la hora de detectar las causas de un fallo se hace uso del "Árbol de fallos" que permitirá obtener las causas origen de un fallo.

Probabilidad de ocurrencia:
*de la causa y de que ésta
produzca el efecto*

O

Paso 8: Probabilidad de ocurrencia

Ocurrencia se define como la probabilidad de que una causa específica se produzca y dé lugar al modo de fallo. El índice de la ocurrencia representa más bien un valor intuitivo más que un dato estadístico matemático, a no ser que se dispongan de datos históricos de fiabilidad o se haya modelizado y previsto éstos. En esta columna se pondrá un valor de probabilidad de ocurrencia de la causa específica.

Tal y como se acaba de decir, este índice de frecuencia está íntimamente relacionado con la causa de fallo, y consiste en calcular la probabilidad de ocurrencia en una escala del 1 al 10, como se indica en la tabla siguiente:

Cuadro de clasificación según la Probabilidad de ocurrencia

Criterio	Valor de O
Muy escasa probabilidad de ocurrencia. Defecto inexistente en el pasado	1
Escasa probabilidad de ocurrencia. Muy pocos fallos en circunstancias pasadas similares	2-3
Moderada probabilidad de ocurrencia. Defecto aparecido ocasionalmente	4-5
Frecuente probabilidad de ocurrencia. En circunstancias similares anteriores el fallo se ha presentado con cierta frecuencia	6-7
Elevada probabilidad de ocurrencia. El fallo se ha presentado frecuentemente en el pasado	8-9
Muy elevada probabilidad de fallo. Es seguro que el fallo se producirá frecuentemente	10

Cuando se asigna la clasificación por ocurrencia, deben ser consideradas dos probabilidades:

- ✍ La probabilidad de que se produzca la causa potencial de fallo. Para esto, deben evaluarse todos los controles actuales utilizados para prevenir que se produzca la causa de fallo en el elemento designado.
- ✍ La probabilidad de que, una vez ocurrida la causa de fallo, ésta provoque el efecto nocivo (modo) indicado. Para este cálculo debe suponerse que la causa del fallo y de modo de fallo son detectados antes de que el producto llegue al cliente.

Para **reducir el índice de frecuencia**, hay que emprender una o dos acciones:

- Cambiar el diseño, para reducir la probabilidad de que la causa de fallo pueda producirse.
- Incrementar o mejorar los sistemas de prevención y/o control que impiden que se produzca la causa de fallo.

El consejo que se da para reducir el índice de frecuencia de una causa es atacar directamente la "raíz de la misma". Mejorar los controles de vigilancia debe ser una acción transitoria, para más tarde buscar alguna solución que proporcione una mejora de dicho índice.

Probabilidad de no detección:
*relacionada con los controles
 actuales y que la causa y/o efecto
 lleguen al cliente*

D

Paso 9: Controles actuales

En esta columna se reflejarán todos los controles existentes en la actualidad para prevenir las causas del fallo y detectar el efecto resultante.

Paso 10: Probabilidad de no Detección

Este índice indica la probabilidad de que la causa y/o modo de fallo, supuestamente aparecido, llegue al cliente. Se está definiendo la "no-detección", para que el índice de prioridad crezca de forma análoga al resto de índices a medida que aumenta el riesgo. Tras lo dicho se puede deducir que este índice está íntimamente relacionado con los controles de detección actuales y la causa. A continuación se muestra un ejemplo de tabla que relaciona la probabilidad de que el defecto alcance al cliente y el índice de no-detección.

Cuadro de clasificación según la Probabilidad de no detección

Criterio	Valor de D
Muy escasa. El defecto es obvio. Resulta muy improbable que no sea detectado por los controles existentes.	1
Escasa. El defecto, aunque es obvio y fácilmente detectable, podría raramente escapar a algún control primario, pero sería posteriormente detectado	2-3
Moderada. El defecto es una característica de bastante fácil detección	4-5
Frecuente. Defectos de difícil detección que con relativa frecuencia llegan al cliente	6-7
Elevada. El defecto es de naturaleza tal, que su detección es relativamente improbable mediante los procedimientos convencionales de control y ensayo	8-9
Muy elevada. El defecto con mucha probabilidad llegará al cliente, por ser muy difícil detectable	10

Es necesario no confundir control y detección, pues una operación de control puede ser eficaz al 100%, pero la detección puede resultar nula si las piezas no conformes son finalmente enviadas por error al cliente.

Para mejorar este índice será necesario mejorar el sistema de control de detección, aunque por regla general aumentar los controles signifique un aumento de coste, que es el último medio al que se debe recurrir para mejorar la calidad. Algunos cambios

en el diseño también pueden favorecer la probabilidad de detección.

Número de Prioridad de Riesgo:

$$NPR = S * O * D$$

Paso 11: Número de Prioridad de Riesgo (NPR)

El Número de Prioridad de Riesgo (NPR) es el producto de la probabilidad de ocurrencia, la gravedad, y la probabilidad de no detección, y debe ser calculado para todas las causas de fallo. El NPR es usado con el fin de priorizar la causa potencial del fallo para posibles acciones correctoras. El NPR también es denominada IPR (índice de prioridad de riesgo).

Paso 12: Acción correctora

En este paso se incluye una descripción breve de la acción correctora recomendada. Para las acciones correctoras es conveniente seguir un cierto orden de prioridad en su elección. El orden de preferencia en general será el siguiente:

1. Cambio en el diseño del producto, servicio o proceso general.
2. Cambio en el proceso de fabricación.
3. Incremento del control o de la inspección.

Para un mismo nivel de calidad o un mismo valor del índice de prioridad NPR en dos casos, suele ser más económico el caso que no emplea ningún control de detección. Es en general más económico reducir la probabilidad de ocurrencia de fallo (si se encuentra la manera de conseguirlo) que dedicar recursos a la detección de fallos.

Es conveniente considerar aquellos casos cuyo índice de gravedad sea 10, aunque la valoración de la frecuencia sea subjetiva y el NPR menor de 100 o del valor considerado como límite.

Cuando en un modo de fallo intervienen muchas causas que no son independientes entre sí, la primera medida correctora puede ser la aplicación del Diseño de Experimentos (DDE), que permitirá cuantificar objetivamente la participación de cada causa y dirigir acciones concretas. Es un medio muy potente y seguro para reducir directamente la frecuencia de defectos.

Paso 13: Definir responsables

En esta columna se indicarán los responsables de las diferentes acciones propuestas y, si se cree preciso, las fechas previstas de implantación de las mismas.

Paso 14: Acciones implantadas

En esta columna se reflejarán las acciones realmente implantadas que pueden, en algunos casos, no coincidir con las propuestas inicialmente recomendadas.

Paso 15: Nuevo Número de Prioridad de Riesgo

Como consecuencia de las acciones correctoras implantadas, los valores de la probabilidad de ocurrencia (O), la gravedad (S), y/o la probabilidad de no detección (D) habrán disminuido, reduciéndose, por tanto, el Número de Prioridad de Riesgo. Los nuevos valores de S, O, D y NPR se reflejarán en las columnas 15, 16, 17 y 18.

Si a pesar de la implantación de las acciones correctoras, no se cumplen los objetivos definidos en algunos Modos de Fallo, es necesario investigar, proponer el implantar nuevas acciones correctoras, hasta conseguir que el NPR sea menor que el definido en los objetivos. Una vez conseguido que los NPR de todos los modos de fallo estén por debajo del valor establecido, se da por concluido el AMFE.

6. IMPLANTACIÓN DEL AMFE

Como requisito previo necesario para implantar el AMFE en una empresa hay que contar con el apoyo de la gerencia. Conseguir el apoyo de la gerencia es muy importante, ya que la elaboración del AMFE:

- se realiza en horas de trabajo;
- implica cambios (y los cambios cuestan dinero y no son fáciles de hacer);
- se llega a conclusiones que requieren el apoyo de la dirección.

La gerencia tiene que conocer el método, apoyar su aplicación y animar al equipo de trabajo, ya que la persistencia en el esfuerzo es uno de los factores de éxito.

Las etapas para la implantación sistemática del AMFE en la empresa son las siguientes:



A continuación se analizan cada una de estas etapas:

1. *Crear y formar el equipo AMFE*

E

estos grupos son creados para realizar una aplicación determinada y son disueltos una vez concluida

Los miembros del grupo deben formarse específicamente en el método AMFE y también en las técnicas de análisis y solución de problemas. La práctica más usual es formar un grupo base como máximo de 6 personas, de las áreas de Ingeniería, Métodos, Producción y Calidad para que luego éstas sean capaces de formar a los miembros que se incorporen a los grupos de AMFE.

Hay que explicar a todos los miembros del equipo lo que es el AMFE, diagramas de flujo o de bloques funcionales, las técnicas estadísticas que se van a emplear (variabilidad, CEP,...), Plan de control, los diagramas de Ishikawa (causa-efecto), etc.

Ejemplo de qué tipo de AMFE se aplica en cada uno de los siguientes casos:

Producto / proceso	Tipo de AMFE
Producto nuevo	Diseño
Modificación importante del producto	Diseño
Diferente utilización del producto	Diseño
Producto con problemas de calidad	Diseño
Proceso nuevo	Proceso
Modificación importante del proceso	Proceso
Proceso con problemas de calidad	Proceso

2. *Identificar el producto o proceso*

El grupo base se ocupa de identificar sobre qué producto y/o proceso se va a aplicar el AMFE y quién va a ser el responsable de dirigirlo y realizarlo.

Cuando se quiera utilizar el AMFE sobre un proceso o producto y no se tenga claro sobre cual hacerlo, una buena técnica a utilizar puede ser la tormenta de ideas, seguido de una labor de priorización de las oportunidades de mejora que surjan.

3. *Elaborar el Diagrama de Flujo y/o diagramas de Bloques funcionales*

Para los AFME de proceso se preparan diagramas de flujo. Para los AMFE de diseño se estudia el diagrama de bloques funcionales del conjunto final y el proceso de diseño.

El **diagrama de flujo** es como una fotografía del proceso. Es la representación esquemática y cronológica de las operaciones que componen la elaboración del producto. Además, sirve para tomar como punto de partida la documentación del proceso: gamas de control, puntos críticos,... Para su realización se utilizan una serie de símbolos con su significado correspondiente.

El **diagrama de bloques funcionales** representa de forma esquemática las partes que componen un sistema y sus relaciones físicas o funcionales. Conviene simplificarlo cuando el producto a estudiar sea muy complejo, para que los integrantes del equipo puedan comprenderlo sin problemas.

El **Plan de control** es un documento escrito que recoge las acciones encaminadas a planificar la calidad para un proceso, producto y/o servicio específico. El Plan de control lista todas las características de diseño y parámetros del proceso consideradas importantes para lograr la satisfacción del cliente y que requieren acciones específicas para lograr alcanzarlas.

El AMFE es el método que identifica las características críticas y significantes de un proceso o producto y por tanto es el punto de partida para iniciar un Plan de control.

Antes de hacer un Plan de control ha de realizarse un AMFE

4. *Recoger datos de fallos y clasificarlos*



Para la realización del AMFE es necesario dirigir al grupo hacia la identificación de los problemas potenciales de calidad del producto o del proceso, de una forma estructurada.

Para ello, antes de comenzar el análisis exhaustivo del producto o del proceso, es necesario que el responsable del AMFE disponga de toda la información relevante del producto o del proceso implicado.

5. *Preparar el AMFE*

El grupo de AMFE, mediante una o varias reuniones y haciendo uso de la documentación aportada por el responsable del AMFE, de sus conocimientos y de las técnicas de análisis y solución de problemas más adecuadas en cada caso, comienza la aplicación del AMFE al producto o al proceso designado.

Para ello, completa en primer lugar el encabezamiento del formato AMFE con los datos correspondientes (producto, proceso, especificación, fecha, etc.).

Se completan también las columnas 1 y 2 del formato, asegurando que no se olvida ningún componente.

A continuación, y haciendo uso del método más adecuado (por ejemplo. la tormenta de ideas, el diagrama causa-efecto), se comienzan a identificar los diferentes Modos de Fallo. Para cada uno se determina:

- el efecto del fallo,
- la causa del fallo,
- la probabilidad de ocurrencia,
- la gravedad,
- la probabilidad de no detección,
- el índice de prioridad de riesgo,
- las acciones correctoras,
- la responsabilidad de implantar las acciones correctoras;

todo ello, siguiendo la metodología expuesta en la pregunta anterior y reflejando la información correspondiente en las columnas 3 a 12 del formato.

Con la definición de las acciones correctoras concluye la etapa inicial de aplicación del AMFE.

6. *Implantar las acciones correctoras*

El responsable de implantar cada una de las acciones correctoras propuestas es el encargado de planificar y asegurar su realización práctica. Si es preciso efectúa los ajustes o las modificaciones oportunas, con objeto de optimizar el resultado.

7. *Revisar y seguir el AMFE*

Una vez implantadas las acciones correctoras, con objeto de mejorar los Números de Prioridad del Riesgo en los modos de fallos seleccionados, el equipo AMFE se debe reunir con los responsables de la implantación, para evaluar los resultados.

El responsable de la implantación de cada una de las acciones correctoras propuestas informa al grupo sobre cuáles han sido implantadas y cuándo, así como de los resultados obtenidos en la evaluación de las acciones tomadas.

Con estos datos, el equipo AMFE comienza a redefinir la probabilidad de ocurrencia, la gravedad y la probabilidad de no detección de aquellos modos de fallo sobre los que se hayan tomado acciones correctoras, con objeto de calcular el nuevo Número de Prioridad del Riesgo (NPR). Estos datos se reflejan en las columnas 14 a 18.

Si con los nuevos NPR se cumplen los objetivos definidos en el AMFE para el producto o proceso afectado, el AMFE puede ser dado por concluido.

Por otra parte, debe tenerse en cuenta que el AMFE es un proceso dinámico y requiere revisiones periódicas, con objeto de tenerlo siempre actualizado. Especialmente, es conveniente en los siguientes casos:

- Cuando se realicen modificaciones que afecten al producto o al proceso estudiado.

- Cuando se encuentren nuevas aplicaciones para el producto o proceso actual.
- Cuando existan reclamaciones importantes por parte de los clientes.
- Cuando corresponda por la periodicidad establecida.
- Cuando interese realizar mejoras sobre el producto o proceso.

7. BENEFICIOS DE LA APLICACIÓN DEL AMFE

Los principales beneficios que se obtienen al aplicar este método son los siguientes:

✓ Potencia la atención al cliente

En la aplicación del método AMFE y la consiguiente reducción, al mínimo, del Número de Prioridad de Riesgo, lo que se pretende es que el efecto para los clientes (tanto externos como internos) de los posibles modos de fallo sea el mínimo posible. Esto se consigue mediante las acciones correctoras.

✓ Potencia la comunicación entre los departamentos

La organización para la realización del AMFE requiere que diversos departamentos de la empresa colaboren en la búsqueda de los modos de fallo y sus soluciones. Esta interacción facilita la comunicación entre departamentos, de forma que los problemas no se observan como relativos a un departamento, sino al conjunto de la empresa.

✓ Facilita el análisis de los productos y los procesos

La estructuración sistemática del AMFE permite recopilar una enorme cantidad de información que de otra forma sería imposible. Además, proporciona la información necesaria para decidir qué es lo que se debe hacer y por qué, de forma clara y concisa, fomentando la participación del grupo.

✓ Mejora la calidad de los productos y los procesos

El AMFE permite, mediante la ponderación y la selección, proponer y aplicar las acciones correctoras que mejoran el diseño o el proceso, de forma que se reduce el riesgo de ocurrencia de ineficacias y, por lo tanto, el resultado es una mejora de la calidad del producto o del proceso.

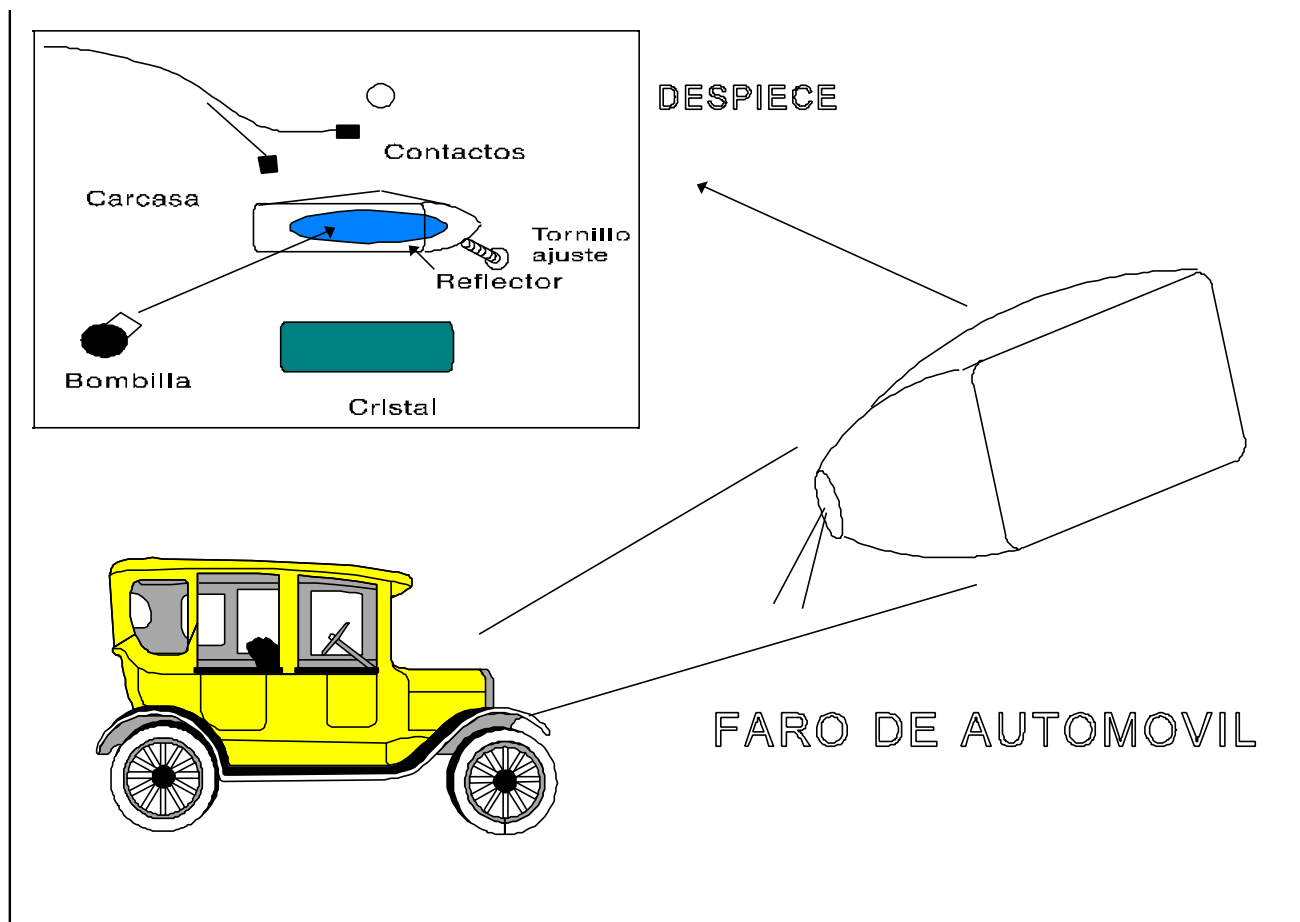
✓ **Reduce los costes operativos**

La filosofía de la prevención y de la mejora continua, que subyace en el AMFE, ayuda a eliminar las ineficiencias existentes, con la consiguiente reducción en tiempo y dinero.

✓ **Ayuda a cumplir con requisitos ISO 9000 y directivas europeas de responsabilidad de productos**

La razón por la que el AMFE se aplica a todos los apartados de la norma ISO 9000, es porque el AMFE comparte el objetivo y el espíritu de modo de prevención que impregna este estándar. Se debe recordar siempre que por definición el AMFE es una herramienta que quiere optimizar el sistema, diseño, proceso y/o servicio a través de la modificación, mejora y/o eliminación de cualquier problema conocido o potencial.

8. EJEMPLO: AMFE DE DISEÑO DEL CONECTOR DE UN FARO DE AUTOMÓVIL



En primer lugar, se debe completar en el formato AMFE el nombre del producto (conector de un faro), el número de especificación correspondiente (B-26-02-05) y la fecha última de edición de la especificación (14/5/91).

✍ *Dado que es un AMFE de diseño, las casillas Proceso y Operación quedan en blanco.*

Las casillas Revisión nº, Fecha y Por, se dejan en blanco si no se ha realizado ningún AMFE previo sobre este producto. En caso contrario, se completan con la información correspondiente.

También se completan las casillas Responsable y Fecha, con el nombre del responsable del AMFE que se va a realizar y la fecha de comienzo del AMFE, respectivamente.

Paso 1. En la columna 1 se anotan los diferentes componentes del producto sobre el que se realiza el AMFE. En el ejemplo se han puesto tres componentes:

- tornillo de ajuste
- bombilla
- cristal difusor

Paso 2. En la columna 2 se anota la función del componente en el producto analizado.

- tornillo de ajuste ⇒ ajustar el ángulo de inclinación
- bombilla ⇒ dar luz
- cristal difusor ⇒ difundir la luz

Paso 3. En la columna 3 se anotan los posibles modos de fallo del componente analizado.

- tornillo de ajuste ⇒ sus posibles modos de fallo son: que se rompa el tornillo, que se rompa la rosca, que la esfera no sea totalmente redonda y que se oxide el tornillo.
- bombilla ⇒ sus posibles modos de fallo son: que se calienta en exceso y que se funda.
- cristal difusor ⇒ su posible modo de fallo es que no difunda correctamente la luz.

Paso 4. En la columna 4 se anotan los efectos que producen cada uno de los modos de fallo analizados.

La rotura del tornillo implica que el faro quede libre angularmente y se mueva continuamente.

Si se rompe la rosca, el tornillo no se puede apretar o aflojar por lo que resulta imposible reglar el faro.

De forma análoga se procede con el resto de los modos de fallo.

Paso 5. En la columna 5 se anota la gravedad de cada uno de los fallos.

Los fallos de rotura del tornillo, ovalización de la esfera y oxidación del tornillo, no sólo producen la degradación del conector, sino que por el movimiento libre del faro también pueden afectar a éste, por lo que se les asigna una puntuación de 8.

El fallo se rotura de rosca, exige el cambio por parte del cliente, pero no afecta a otros productos, por lo que se asigna una puntuación de 6.

Paso 6. Siempre que la gravedad sea 9 o 10, y la frecuencia y detección sean superiores a 1, el fallo se considerará crítico y se marcará en esta columna 6.

Paso 7. En la columna 7 se anotan las posibles causas que motivan que el tornillo falle de los diferentes modos. Una causa de que se rompa el tornillo puede ser la mala calidad del material. Se procede, de forma análoga, analizando las posibles causas que motivan la aparición de los diferentes fallos.

Paso 8. El siguiente paso es definir la probabilidad de que el fallo ocurra, los controles actuales orientados a detectarlo y/o prevenirlo y la probabilidad de no detectarlo si ocurre.

En la columna 8 se anota la probabilidad de ocurrencia para cada modo de fallo. En este caso, es el siguiente:

- Rotura del tornillo: El material de construcción del tornillo es el mismo que se ha usado en otro producto, que debe soportar unas tensiones similares y cuya fiabilidad había sido determinada. Se le asigna una puntuación de 4.
- Rotura de las roscas: Se le asigna una puntuación de 3 porque el tipo de rosca ha sido usado previamente, en entornos diferentes, y con el mismo material.
- Ovalización de la esfera: Se sabe que la máquina que mecaniza el tornillo tiene una fiabilidad determinada siempre y cuando se vigile adecuadamente. Se le asigna una puntuación de 5.
- Oxidación del tornillo: El material de fabricación se había utilizado anteriormente en otros tornillos con cuya mayor protección contra los agentes atmosféricos. Se le asigna una puntuación de 4.

Se procede de forma análoga con el resto de modos de fallo.

Paso 9. En la columna 9 se anota el tipo de controles existentes, o previstos, para detectar los modos de fallo, cuando éstos se producen o para prevenir la ocurrencia de las causa. En este caso, está previsto un muestreo estadístico para inspeccionar cada uno de los modos de fallo del tornillo de ajuste, y el autocontrol

automático y certificados del Proveedor para el resto de modos de fallo de la bombilla y del cristal difusor.

Paso 10. En la columna 10 se anota la probabilidad de no detectar el fallo. Para el tornillo, como el muestreo estadístico es el mismo para todos y la probabilidad de no detectar el fallo es de un 35%, se les asigna la puntuación de 5.

Paso 11. A continuación se calcula el Numero de Prioridad del Riesgo, para lo cual se multiplican las columnas 5, 8 y 10, y el resultado se refleja en la columna 11.

Paso 12. Dado que algunos valores del NPR son más altos de lo que se desea (100), se proponen diversas acciones correctoras para reducirlos:

- Para asegurar la calidad del material, en vez de controlar estadísticamente la homogeneidad de entrada, se procede a la homologación del Proveedor. Esto reduce la probabilidad de ocurrencia, que se puede asimilar a una puntuación de 2. Se mantiene el sistema de detección (5).
- Dado que la configuración de la rosca es difícil de modificar, se mantiene el grado de ocurrencia (3) y se decide implantar un sistema de autocontrol automático que asegure la detección del fallo, cada vez que se produzca. Se le asigna una puntuación de 1 para la probabilidad de detección.
- Para mejorar el NPR del modo de fallo ovalización de la esfera, se decide implantar un programa de mantenimiento preventivo en la máquina, con objeto de asegurar su correcto mantenimiento. De esta forma, la probabilidad de ocurrencia se puede asimilar a una puntuación de 2. Se mantiene el grado de ocurrencia (5).
- Para evitar la oxidación del tornillo, se decide cambiar el material por otro que se había utilizado con anterioridad. A la probabilidad de ocurrencia del fallo le corresponde una puntuación de 2. Se mantiene el grado de detección (5).

Cada una de las acciones correctoras mencionadas se reflejan en la columna 12.

Paso 13. Se designan los responsables de su implantación, anotándolos en la columna 13.

Paso 14. En la columna 14 se anotan las acciones realmente implantadas.

Paso 15. A continuación, se anotan el nuevo valor de la gravedad, la nueva probabilidad de ocurrencia, y la probabilidad de no detección en las columnas 15, 16 y 17. Se calculan los nuevos NPR, obteniendo las puntuaciones de 80, 18, 80 y 80, para cada modo de fallo, respectivamente, que se reflejan en la columna 17.

Los valores obtenidos, en los nuevos NPR, son satisfactorios, por lo que se da por concluido el AMFE, se anota el nombre del responsable del AMFE, la fecha de realización y la persona encargada de su revisión.

Si los valores obtenidos, en los nuevos NPR, no hubieran sido satisfactorios, sería necesario continuar el proceso AMFE hasta identificar las acciones correctoras que permitan conseguir los valores adecuados de NPR.

A continuación se presenta el AMFE correspondiente al caso anterior.



ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS											HOJA	REVI. Nº	FECHA	POR			
DE PROCESO <input type="checkbox"/> DE DISEÑO <input checked="" type="checkbox"/>											de						
PRODUCTO: Conector de un faro				PROCESO:							RESPONSABLE:						
ESPECIFICACIÓN: B-26-02-05				OPERACIÓN:							FECHA:						
FECHA DE EDICIÓN: 14-05-99				ACTUAR SOBRE NPR> QUE:							REVISADO:						
Nombre producto 1	Operación o función 2	Modo de fallo 3	Efectos de fallo 4	S 5	G 6	Causas del fallo 7	O 8	Controles actuales 9	D 10	NPR 11	Acción correctora 12	Responsables 13	Acciones implantadas 14	Valoración			NPR 18
														S 15	O 16	D 17	
Tornillo de ajuste	Ajuste del ángulo de inclinación	Rotura del tornillo	Faro libre angularmente	8		Mala calidad del material	4	Muestreo	5	160	Homologación del proveedor	Compras		8	2	5	80
		Rotura de las roscas	Imposible de reglar	8		Configuración inadecuada	3	Muestreo	5	120	Autocontrol automático	Producción		6	3	1	18
		Ovalización de la esfera	Faro libre angularmente	8		Fallo de la máquina	5	Muestreo	5	200	Mantenimiento preventivo	Ingeniería		8	2	5	80
		Oxidación del tornillo	Rotura	6		Tipo de material	4	Muestreo	5	120	Cambio de material	Desarrollo		8	2	5	80
Bombilla	Dar luz	Calentamiento excesivo	Rotura cristal difusor (deja de difundir luz y puede provocar accidente)	10		Tamaño inadecuado del conjunto	7	Autocontrol automático	1	70							
					Ausencia disipador	2	Autocontrol automático	1	20								
		Fundirse	Quedarse sin luz (posible accidente)	10		Filamento mal diseñado	2	Certificado proveedor	3	60							
					Mal vacío	4	Certificado proveedor	2	80								
Cristal difusor	Difundir luz	Mala difusión		9		Inadecuada especificación	6	Autocontrol automático	1	54							



9. BIBLIOGRAFÍA



Ciclo sobre Ingeniería de Calidad
Seminario: FIABILIDAD y AMFE en el ciclo de vida de productos y procesos.
LABEIN 1996



Failure Mode and Effect Analysis. FMEA from Theory to Execution” D.H. Stamatis
ASQC Quality Press. Milwaukee, Wisconsin. 1995.



Potential Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)
QS 9000 Standard. Reference manual.
Chrysler Corporation, Ford Motor Company, General Motors Corporation.
Second Edition, february 1995.



Norma CEI 812 “Analysis techniques for system reliability. Procedure for failure mode and effects analysis (FMEA). International Electrotechnical Commission. 1985.