

MANTENIMIENTO INDUSTRIAL EN MÁQUINAS HERRAMIENTAS POR MEDIO DE AMFE

INDUSTRIAL MAINTENANCE IN MACHINE TOOLS BY MEANS OF AMFE

Jesús Vicente González Sosa^{1,†}, Jesús Loyo Quijada²,
Miguel Ángel López Ontiveros³, Pedro Pérez Montoya⁴,
Alfredo Cruz Hernández⁴

RESUMEN

El mantenimiento industrial se ha utilizado en todos los sectores académicos e industriales dentro de un plan de mantenimiento, lo que permitió fortalecer el entorno de trabajo para obtener resultados en la aplicación de este mismo, por ello es que constantemente se buscan alternativas para la evaluación de éste como parte del desarrollo y éxito en los departamentos correspondientes. La técnica que se utilizó se conoce como Análisis de Modo y Efecto de Fallas (AMFE), cuyo propósito radica en mejorar los rangos de tiempo en el mantenimiento a través de situaciones críticas de un producto o sistema, justificando las mejoras e involucrando a la mayor cantidad de personas que interactúan dentro de un área industrial en conjunto con mantenimiento. Como parte de los resultados, se logró identificar las partes o secciones que recuren constantemente a mantenimiento correctivo, buscando implementar mantenimientos preventivos y predictivos para mejorar las condiciones o ciclo de vida de una máquina herramienta. Se concluye que el efecto de haber aplicado un AMFE a una máquina herramienta para el desarrollo de un producto o una serie de productos fortaleciendo las tendencias y beneficios que ofrece la herramienta en función de reducir tiempos, reducir fases en el mantenimiento, incrementando la fiabilidad y seguridad del equipo evaluado en los procedimientos del mantenimiento industrial, generando nuevas alternativas para la implementación en programas de mantenimiento.

Palabras Clave: Análisis de mantenimiento, análisis modal de fallos y efecto, evaluación de maquinaria, maquinado convencional.

¹Profesor Departamento de Sistemas de la División de Ciencias Básicas e Ingeniería perteneciente a la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco, Ciudad de México, México.
orcid.org/0000-0002-1325-0266

²Profesor Departamento de Sistemas de la División de Ciencias Básicas e Ingeniería perteneciente a la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco, Ciudad de México, México.
orcid.org/0000-0002-2713-723X

³Profesor Departamento de Sistemas de la División de Ciencias Básicas e Ingeniería perteneciente a la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco, Ciudad de México, México.
orcid.org/0000-0001-9377-9639

⁴Ingeniería Industrial, División de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, Ciudad de México, México.

†Autor para correspondencia: jvgs@azc.uam.mx

ABSTRACT

Industrial maintenance is used in all academic and industrial sectors within a maintenance plan, which allows strengthening the working environment to obtain results in the application of this same, so it is constantly sought Alternatives for the evaluation of this one as part of the development and success in the corresponding departments. The technique to use is known as analysis of mode and fault effect (AMFE), which aims to improve the time ranges in maintenance through critical situations of a product or system, justifying improvements and involving the largest number of people who interact within an industrial area in conjunction with maintenance. As part of the results, it is able to identify those parts or sections that constantly cure corrective maintenance, seeking to implement preventive and predictive maintenance to improve the conditions or life cycle of a machine tool. Finally, it should be noted that the effect of applying an AMFE to a machine tool for the development of a product or a series of products strengthens the tendencies in the procedures of industrial maintenance, encouraging new alternatives of implementation In the maintenance programs.

Keywords: Maintenance analysis, failure modal and effect analysis, machinery evaluation, conventional machining.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el mantenimiento industrial forma parte esencial en los procesos productivos, dado que tiende a minimizar u optimizar el desarrollo en cuestión. Aunado a ello se deben disminuir las fallas y averías en los sistemas involucrados con el mantenimiento y propiamente en la producción, que se refleja en costos e ingresos para la industria, por lo cual es indispensable la gestión de mantenimiento con base en los procesos industriales (Ortiz-Useche, 2013).

Se hacen uso de diversos métodos para analizar el mantenimiento, entre los más conocidos se tiene el mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) (Fornés, 2016), y el mantenimiento productivo total (TPM) (Hernández-Gomez *et al.*, 2015), por otro lado el método de análisis de modo y efecto de fallas identifica de manera general las tendencias con las cuales se establecen las mejoras, sin olvidar la participación activa de cada uno de los sectores que intervienen en un proceso de mantenimiento.

El análisis de riesgos es una herramienta que en los procesos de manufactura se considera limitado, por lo que es importante resaltar que para los procesos mencionados la metodología de AMFE (Análisis de Modo y Efecto de Fallas) es la más conocida en ese campo de aplicación, aportando ventajas sustanciales en su desarrollo (Cartín, 2014). Además, estos métodos se establecen como una herramienta válida para generar rendimientos sustanciales con respecto a fallas y averías, optimizándolas para mejorar resultados en la aplicación de ello (Fornés, 2016).

El mantenimiento es una estrategia de etapas y/o actividades que conjuntan el estado óptimo de un servicio, sistema o equipo para mejorar sustancialmente los procesos, con lo cual se enfatiza la calidad como táctica en el desarrollo aplicable para la gestión de mantenimiento, de acuerdo con la naturaleza de este mismo (Pineda-Zapata, 2013).

El mantenimiento se plantea de manera operativa, como un proceso vinculado con los sistemas administrativo de organizaciones e industrias, logrando con ello la concepción en el uso de AMFE (Hernández-Gomez *et al.*, 2015), en donde se identifican de manera integral el mantenimiento en los sectores industriales y académicos.

En la evaluación de escenarios, se identifica la herramienta análisis de riesgos que impacta de forma directa en un proceso o planta industrial, logrando con ello minimizar los parámetros que identifica el análisis (Vázquez, 2018). Además, las acciones recomendadas que surgen del análisis de riesgos generalmente no se implementan, debido al seguimiento que debe realizarse de forma constante (COMIMSA, 2008). Y en la actualidad se busca identificar nuevas técnicas para aumentar la eficiencia en los planes de mantenimiento y la gestión.

En el vínculo de servicios, existen interacciones con el AMFE, que muestran e identifican los criterios de fiabilidad para los sectores hospitalarios, en donde se analiza, verifica, evalúa y fomenta la prevención de fallas en los sistemas, incrementado la seguridad en ellos (Mateus, 2015) o en el de informática (Gorbenko *et al.*, 2005). En este caso, el AMFE permitió identificar parámetros puntuales de la ingeniería, dando como resultado la mejora continua de los sistemas reorganizando de forma correcta el servicio y su planeación como tal, aumentando la satisfacción del cliente (Ebrahimipour *et al.*, 2010).

Existen en la actualidad herramientas que permiten analizar desde enfoques teóricos como prácticos el mantenimiento, utilizar el más adecuado depende de las condiciones y acciones que se pueden llevar a cabo en el área de trabajo y con las personas involucradas en la mejora continua del mantenimiento y los enlaces que se generan con ello, como lo es la producción. La herramienta consiste en recolectar datos como la observación directa, entrevistas no estructuradas y el método de mantenimiento de análisis de modo y efecto de falla (AMFE) para encontrar severidad de fallas y planear acciones de contención para disminuir las fallas en los equipos. Se determinan tareas específicas de mantenimiento a la maquinaria, y medidas de orden y limpieza con la finalidad de realizar un mantenimiento de forma adecuada. (Rosales, 2015). En ese sentido, la importancia de hacer uso de diversos métodos para la fundamentación del mantenimiento es la aplicación del AMFE, como se presenta en este caso en donde se analizan máquinas herramientas de un taller de manufactura, con la finalidad de mejorar las condiciones actuales para el aprovechamiento de este equipo en la etapa de producción. Las técnicas o métodos para la identificación o análisis de riesgos se clasifican en métodos comparativos y métodos fundamentales; el primero se basa principalmente en el conocimiento adquirido con base en la experiencia, listas de verificación, análisis histórico de accidentes y el segundo son formas estructuradas que ayudan a estimular el conocimiento en conjunto, algunos de los métodos son: estudios de riesgo y operatividad, análisis de tareas y análisis preliminar de riesgos. (Herrera- Galan, 2017).

Las consideraciones que se mencionan, dan pauta a realizar un análisis con las características de manifestar la mejora en la gestión y desarrollo del mantenimiento industrial para una mayor formación de los representantes en este ámbito.

Mantenimiento

Los tipos de mantenimiento son:

a) Correctivo: también conocido como reactivo, se enfoca en llevar a cabo acciones correctivas en un equipo o sistema una vez que éste ha fallado, se aplica en detección

total, parcial y mínima, logrando asimismo disminución de horas productivas, la principal característica radica en aplicarse cuando ocurre una falla y los gastos son impredecibles.

b) Preventivo: conocido con el nombre de planificado, se basa en considerar acciones denominadas correctivas en periodos fijos durante el proceso de producción, de acuerdo a las recomendaciones elaboradas por los fabricantes y la experiencia de los operadores de equipo. Se llevan a cabo inspecciones en todos los sistemas de los equipos a través de los mecánicos y administradores de mantenimiento.

c) Predictivo: en este nivel se utiliza la tecnología de vanguardia en efectos de mantenimiento con los que se logra medir parámetros en los equipos, dando un indicativo para el tipo de falla que se pudiese presentar en el sistema. Y como resultado de dicho análisis se toman acciones correctivas en el momento que el parámetro alcance valores críticos.

d) Proactivo: este tipo de mantenimiento pretende sensibilizar en todo momento a todos los departamentos de la planta para asegurar que el proceso se lleva a cabo de manera correcta en colaboración con los encargados correspondientes, además, ofrece un impacto en lo económico logrando disminuir en lo posible los paros de producción no programados, dando solución a la problemática que se pudiera presentar. Todo ello debe generarse por medio de un reporte del progreso y actividades desarrolladas.

Análisis de Modo y Efecto de Fallas (AMFE)

AMFE, tiene como objetivo analizar los problemas potenciales que se consideran y abordan a través de procesos de desarrollo del producto, considerando que es una metodología analítica (Napoles-Villa, 2016, García, 2012).

AMFE puede ser utilizado en a) sistema, b) diseño y c) proceso, antes, durante y después de la acción a ejecutar. En la Figura 1 se tiene una representación del AMFE y los casos de aplicación.

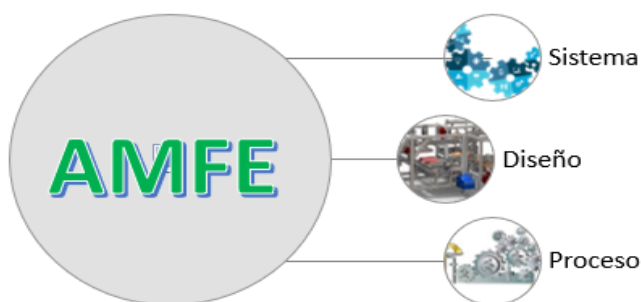


Figura 1. Aplicaciones del AMFE

Para un mejor manejo del mantenimiento, es realizar AMFE desde la parte de diseño, y en ese sentido el enfoque dará mayores resultados en su aplicación y aprovechamiento como metodología a implementar dentro de la gestión del mantenimiento en los sectores industriales. Sin embargo, no se debe olvidar que la industria generalmente utiliza o lleva a

cabo el AMFE de sistema y proceso, dadas las condiciones de existencia de equipos y planta. Dos elementos fundamentales para la aplicación del AMFE se encuentran fusionados de tal manera que logran ejercer programas de mantenimiento funcionales, los elementos son el tiempo y la oportunidad de implementar la herramienta en el entorno deseado, logrando con ello acciones previas dentro del sistema evaluado. Asimismo, se plantea que el impacto del AMFE persevera cuando la implantación del análisis de fallas optimiza el proceso, producto o sistema.

MATERIAL Y MÉTODOS

Metodología de análisis

El proceso para la aplicación de la metodología de análisis consistió:

- a) Se seleccionó el equipo: máquinas herramientas conocidas como torno, fresadora y taladro industrial, considerándolas a cada una como estudio de caso.
- b) Se obtuvo la especificación técnica: en donde se establecen los parámetros para trabajar, analizar, desarrollar y aplicar las mejoras en cada caso.
- c) Se identificaron las partes que componen al sistema o máquina de estudio.
- d) Se identificaron responsables, supervisores, técnicos, gerentes, mantenimiento que participan en la gestión.
- e) Se aplicó AMFE.

El proceso para dicho análisis es de manera cíclica, el cual se aprecia en la figura 2, logrando con ello identificar los pasos de la metodología en cuestión para realizar el análisis.



Figura 2. Proceso para analizar el mantenimiento por medio de AMFE

La Figura 2 muestra la sinergia que debe existir en las etapas que conforman el método en la realización para el AMFE en un equipo determinado, considerándolo de esta manera, cíclico, debido a que se culmina una etapa y debes seguir la secuencia hasta lograr el resultado esperado, iterando las veces necesarias, las cuales dependerán de la experiencia en los equipos y máquinas sobre las cuales se lleva a cabo el análisis (Consuegra, 2015). Por otro lado, el proceso se desarrolla de esta manera con la finalidad de mantener la claridad en la secuencia de cada uno de los pasos y lograr el objetivo esperado en el AMFE, tomando en cuenta los criterios de producción en cada máquina (González, 2017).

En el diagrama de la Figura 3, se muestra el desarrollo de la metodología por medio de un algoritmo para identificar las vertientes de esta metodología, en la aplicación del AMFE en máquinas herramientas de un taller de mecánica ubicado en una institución académica.

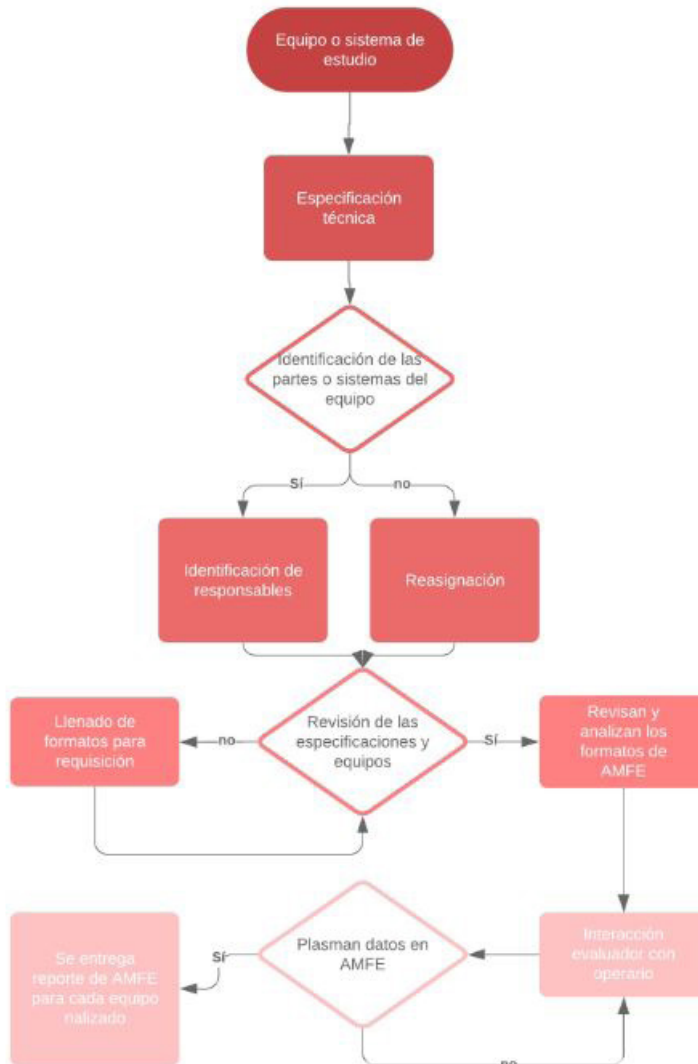


Figura 3. Diagrama de flujo para la aplicación de metodología AMFE
El formato para la aplicación del AMFE se muestra en la Figura 4. Se consideró diferentes campos de aplicación para extrapolar esta metodología al sector industrial.

contrapunto.

Identificación de los responsables: técnicos asignados de acuerdo al turno de horario, generalmente dos personas responsables (técnicos).

Aplicación del AMFE: para esta etapa se utiliza un formato general adaptado para la aplicación del AMFE en los equipos propuestos, torno.

Caso 2. Fresadora

Selección del equipo de estudio: se elige una fresadora vertical, máquina herramienta que produce trabajo rotativo y desplazamiento en tres ejes para obtener las piezas deseadas en la fabricación.

Especificación técnica: obtención de los datos del equipo, en donde se especifican los parámetros controlables de la máquina y sus límites, se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Especificación técnica de una fresadora vertical.

Especificación Técnica	
Mesa de trabajo	0.25x0.90 m
Ranura T	0.003x0.014x0.054 m
Recorrido longitudinal x	0.50 m
Recorrido transversal y	0.165 m
Recorrido vertical z	0.30 m
Máx. ángulo de rotación de la mesa	45°
Cono de husillo	ISO 30
Diámetro del árbol porta fresa	0.022 y 0.027 m
Distancia husillo-carenero	0.160 m
Distancia husillo-mesa	0.060-0.360 m
Velocidad de husillo, pasos (r/min)	12 (32-1250)
Avance longitudinal x pasos (mm/min)	12(5.6-181)
Avance longitudinal y pasos (mm/min)	11.3-366
Avance longitudinal z pasos (mm/min)	4.5-146.2
Motor	2.4 kW
Dimensiones	1.40x1.33x1.478 m
Peso	1300 kg

Identificación de las partes: la fresadora vertical se compone de los siguientes elementos, cabeza, husillo, motor, manivelas para husillo, columna, volantes de movimiento longitudinal y transversal, palancas y caja del sistema.

Identificación de los responsables: técnicos asignados de acuerdo al turno de horario, generalmente dos personas responsables (técnicos).

Aplicación del AMFE: para esta etapa se utiliza un formato general adaptado para la aplicación del AMFE en los equipos propuestos, fresadora vertical.

Caso 3. Taladro vertical

Selección del equipo de estudio: se elige el taladro industrial como un equipo común en un taller de máquinas herramientas en donde se realizan operaciones de taladrado, abocardado

y barrenado en diferentes posiciones con herramientas adecuadas.

Especificación técnica: obtención de los datos del equipo, en donde se especifican los parámetros controlables de la máquina y sus límites, se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Especificación técnica de un taladro industrial.

Especificación Técnica	
Capacidad máxima de taladro en acero de 70 kg	0.040 m de diámetro
Capacidad máxima de taladro en fundición 200 Br	0.044 m de diámetro
Cono morse	4
Profundidad máxima de taladrado	0.015 m
Avance de taladro	Manual
Potencia del motor de 2 velocidades	1.8/3.2 CV
Transmisión	Variador mecánico de velocidad con poleas
No. De velocidades	Variable
Gama de velocidades motor 750/1500 rpm 50 Hz 3Ph.	80-1170 rpm
Dimensiones de la mesa	0.40x0.42 m
Diámetro de la columna	0.125 m
Distancia del centro husillo a la columna	0.30 m
Distancia husillo –mesa	Min. 0.15 / Máx. 0.95 m
Distancia husillo-base	1.310 m
Peso neto aproximado	295 kg

Identificación de las partes: el taladro industrial está compuesto de los siguientes elementos, mesa, columna-soporte, cabezal fijo, sistema de fijación, ménsulas, eje principal, volante de avance y plato giratorio.

Identificación de los responsables: técnicos asignados de acuerdo al turno de horario, generalmente dos personas responsables (técnicos).

Aplicación del AMFE: para esta etapa se utiliza un formato general adaptado para la aplicación del AMFE en los equipos propuestos, torno industrial.

RESULTADOS

Se presentan los datos aplicando AMEF, de la siguiente manera.

Caso 1. Torno.

En este análisis (Figura 5), con respecto a un torno convencional horizontal, se logró observar e identificar que existen mejoras en la reducción de las acciones para optimizar y mejorar las condiciones de un torno para lograr las actividades correspondientes en un período escolar. Se han extrapolando condiciones de trabajo para la industria y minimizar los costos de mantenimiento para el equipo.

Descripción de la fase/Función/Característica		Modos potenciales de fallo	Efectos potenciales del fallo	Gravedad	Tipo	Causa(s) potencial(es) del fallo(s)	Ocurrencia	Verificación(es) y/o control(es) actual(es)	Detección n	NPR	Acción(es) recomendada(s)	Área(s) / personal(s) responsable(s) y fecha de realización	Resultado de las acciones				
													Acciones realizadas	Gravedad	Ocurrencia	Detección	NPR
Mandril	La sujeción es débil, además de estar lastimados los dientes de giro de aprieta.	Desprendimiento incorrecto de virutas	10	▼	El manejo inadecuado barre los dientes y provoca un apriete inadecuado	2	Se observa que la pieza presenta movimiento inadecuado	2	40	Utilizar adecuadamente la llave del torno para evitar el desgaste de los dientes del mandril	Técnico	El uso adecuado evitara el desgaste de los dientes y permitirá elevar la vida del mandril	9	1	3	27	
Cabezal móvil	La sujeción es débil, además de presentar mal ajuste en la parte del carro	Desbastes incorrectos	10	▼	Uso inadecuado de los accesorios para el cabezal móvil	3	Se observa que el accesorio no presenta movimiento adecuado y buen apriete	3	90	Utilizar adecuadamente los accesorios del torno para evitar daños en la cabeza móvil	Técnico	El uso adecuado evitara daños directos en el cabezal móvil y los accesorios podrán ser utilizados de mejor manera	9	3	3	81	
Carro transversal	Defecto en la guía de la cola de milano	Obtención de ángulos no rectos	8	▼	Uso inadecuado	4	Se observa en la cola de milano	4	12	Reparación del carro transversal	Técnico	Reparación del carro transversal y ajuste con la cola de milano	8	2	4	28	
Barra sin fin	Daño en la barra sin fin	No se puede realizar cuerda en piezas	7	▼	Uso inadecuado de la barra	1	Daños en la barra (visual)	4	28	Reemplazo de la barra	Técnico	Reemplazo de la barra	7	1	4	28	
Caja de engranes	Falta de un engrane	No se puede realizar el tipo de cuerda deseada	8	▼	Uso inadecuado de la caja de engranes	3	Revisión periódica	6	14	Revisión de la caja, para evitar objetos extraños	Técnico	Reemplazo del engrane o parte dañada	6	1	6	36	
Palanca de embrague	Mal apriete del árbol y el berreno	No se realiza de forma adecuada el cilindrado	8	▼	Uso inadecuado del equipo	1	Revisión de movimientos	5	40	Ajuste de la palanca de acuerdo a especificaciones	Técnico	Ajuste de la palanca	8	1	4	32	
Carro longitudinal	Daño en las vías de movimiento	No se realiza de forma correcta el cilindrado	7	CI	Uso inadecuado del equipo	1	Revisión del riel	5	35	Revisión del riel para evitar daños	Técnico	Recuperación del riel	7	1	8	56	
Caja Norton	Incrustación de objetos extraños	Daño de maquinaria al seleccionar las RPM	6	CI	Uso inadecuado	1	Revisión de los engranes	8	48	Revisión de la caja, para evitar objetos extraños	Técnico	Reemplazo de componentes dañados	6	1	8	48	

Tipo: ▼: Crítica; CS: Significativa; CI: Importante

N.P.R. = G x O x D

Módulo 1

Página 1 de 1

Figura 5. AMFE para el caso de un torno

En la Tabla 4 y Figura 6, se observa la situación crítica analizada por medio de un AMFE aplicado a un torno, en donde es claro la reducción del NPR (2), después de realizar los ajustes para un mejor mantenimiento en el equipo y producción, al igual que centrarse en establecer condiciones de mantenimiento en los tres aspectos, predictivo, preventivo y correctivo, de la caja de engranes, cuyo elemento es el más afectado y por ello direccionar la atención en futuros análisis. Posteriormente el estudio de otro AMFE para el carro transversal y cabeza móvil, conjugando las actividades de mantenimiento con los operadores de máquina, en conjunto con la parte administrativa de mantenimiento y los mecánicos para desarrollar las acciones previstas en la mejora del proceso de mantenimiento en la implementación.

Tabla 4. Resultados del AMFE-Torno

Torno	NPR (1)	NPR (2)
Mandril	40	27
Cabezal móvil	90	81
Carro transversal	128	64
Barra sin fin	28	28
Caja de engranes	144	36
Palanca de embrague	40	32
Carro longitudinal	35	56
Caja Norton	48	48

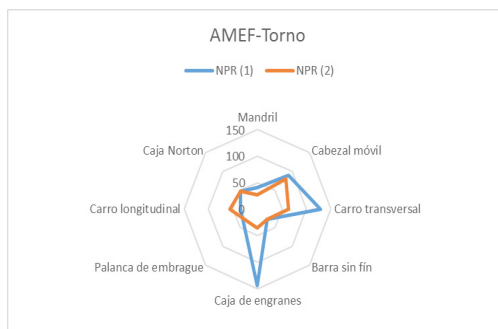


Figura 6. AMFE-Torno

Caso 2. Fresadora

El número de prioridad de riesgos (NPR) tiene un valor menor, de acuerdo con los ajustes establecidos para la fresadora vertical, detectando la importancia del mantenimiento en cada una de sus etapas, que específicamente en este caso se trabaja, de acuerdo con el análisis, en mantenimiento preventivo y predictivo para lograr el máximo tiempo de trabajo para la maquinaria que cumple con estas características. (Figura 7). Sin embargo, se debe rescatar que la aplicación del AMFE, deja gran experiencia y atención en los sectores principales de una fresadora, permitiéndole aumentar el ciclo de producción.

Descripción de la fase/Función/Característica		Modos potenciales de fallo	Efectos potenciales del fallo	Gravedad	Tipo	Causa(s) potencial(es) del fallo(s)	Ocurrencia	Verificación(es) y/o control(es) actual(es)	Detección n	NPR	Acción(es) recomendada(s)	Área(s) / persona(s) responsable(s) y fecha de realización	Resultado de las acciones			
												Acciones realizadas	Gravedad	Ocurrencia	Detección	NPR
Base	Posicionamiento o inadecuado	Apoyo incorrecto de la fresadora en el suelo	3	CI	Mal diseño y vibraciones	1	No hay revisiones	5	15	Revisar a principios del periodo inicial	Área de mantenimiento	Revisiones constantes en periodos cortos de dos o tres meses	1	1	1	1
Cuerpo columna	Desajuste	Golpe o defecto de la columna	3	CI	Mal diseño y golpeteo	1	No hay revisiones	5	15	Revisar a principios del periodo inicial	Área de mantenimiento	Revisiones constantes en periodos cortos de dos o tres meses	1	1	1	1
Consola	Sujeción de mesa	Mala sujeción y mal desplazamiento sobre guías	4	CI	Lubricación y desgaste	2	Cuando deja de funcionar, se realiza una revisión	5	40	Lubricación de la mesa una vez al mes o revisiones constantes dependiendo del uso del equipo	Operador del equipo	Mantenimiento preventivo	3	2	1	6
Carro transversal	Caja de avance	Desplazamiento inadecuado	9	▼	Desgaste	3	Revisiones cuando no existe un desplazamiento adecuado	8	216	Mantenimientos preventivos cada seis meses	Área de mantenimiento	Mantenimiento preventivo	5	2	2	20
Mesa de trabajo	Desviación de superficies CONDICIONES	Desplazamiento inadecuado de los carros longitudinales	6	CS	Desgaste	1	Revisiones cada tres meses	2	12	Revisiones a principios de mes	Área de mantenimiento	Mantenimiento preventivo	3	2	2	12
Carros de sujeción mesa	Desgaste	No permite un buen desplazamiento	9	▼	Lubricación y desgaste por uso continuo	8	Verificación cuando no funciona de manera correcta el sistema	9	648	Lubricación mensual e inspección cada tres meses	Área de mantenimiento	Mantenimiento preventivo	5	3	3	45
Puente	Apoyo inadecuado del bastidor	Eje del portaherramientas desbalanceado	5	CS	Golpeteo, se fracturan, se aflojan tornillos	2	Revisiones constantes cuando existe una falla	6	60	Revisión por parte del primer operador en turno	Área de mantenimiento	Mantenimiento preventivo	3	2	2	12
Eje portaherramientas	Mal posicionamiento de la herramienta	Transmisión inadecuada en el movimiento de rotación	8	CS	Vibraciones y lubricación	2	Revisiones cuando la herramienta no se encuentra bien apoyada	6	96	Revisión cada que se coloque una herramienta	Operador del equipo	Mantenimiento preventivo	4	3	2	24
Corredor superior	Deslizamiento del corredor	Desalineación	10	▼	Desajuste, desgaste y lubricación	7	Cuando no existe un adecuado desplazamiento se lleva a cabo una revisión	5	350	Lubricación cada mes	Área de mantenimiento	Mantenimiento preventivo	3	2	2	12
Cortador	Desgaste de la pieza	Se rampe la pieza y desgaste de la misma	10	▼	Ruptura y desgaste	9	Revisiones de la pieza cada vez que no realiza la función.	10	900	Revisión de la pieza cada vez que se utiliza y el inicio de cada turno.	Operador del equipo	Mantenimiento preventivo y predictivo	8	7	7	392

Tipo: ▼: Crítica; CS: Significativa; CI: Importante

N.P.R. = G x O x D

Figura 7. AMFE de una fresadora vertical

Para el caso de la fresadora, se identificó por medio de la dimensión de las áreas, aquella sección o elemento que es considerado crítico en cuanto al proceso de mantenimiento, con lo cual se abordarían los parámetros a controlar en este análisis y favorecer el funcionamiento y los procesos de producción para una fresadora de estas características (Figura 8).

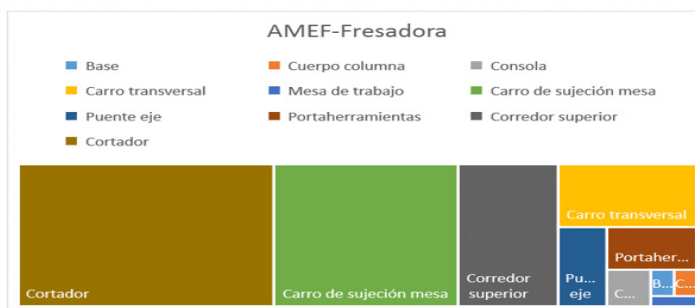


Figura 8. AMFE-Fresadora

En la Tabla 5, se muestra la mejora existente y radical para el carro de sujeción de mesa y el cortador, los cuales obtuvieron un NPR (1) alto y posterior al análisis las mejoras expuestas reducen de tal manera que permite reestructurar en otro momento el AMFE para seguir obteniendo mejores resultados en lo correspondiente a las partes críticas en el análisis, como lo es el carro de sujeción de mesa, cortador, corredor superior y carro transversal.

A diferencia que el torno convencional, se encontró que la fresadora ofrece una amplia gama de análisis en cada una de sus partes por la complejidad que existe en el equipo como un ente de la manufactura.

De la misma forma se logra identificar los parámetros críticos en las fallas y sus posibles tendencias enfocadas en la multidisciplinariedad para formular la solución adecuada en conjunto con los interesados de producción y mantenimiento.

Tabla 5. Resultados del AMFE-Fresadora

Fresadora	NPR (1)	NPR (2)
Base	15	1
Cuerpo columna	15	1
Consola	40	6
Carro transversal	216	20
Mesa de trabajo	12	12
Carro de sujeción mesa	648	45
Puente eje	96	24
Portaherramientas	96	24
Corredor superior	350	12
Cortador	900	392

Caso 3. Taladro Industrial

En la Figura 9, se observa que las etapas evaluadas son pocas representando lo esencial del equipo para su evaluación con el AMFE, partiendo de ello lograr reducir el NPR, aumentando las condiciones estándar de trabajo para el taladro, mostrando una mejora para el caso del mandril, que es una de las partes esenciales en cualquier proceso de taladrado.

Universidad Autónoma Metropolitana Casa abierta al tiempo Azcapotzalco		ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLAS (A.M.E.F.) <input type="checkbox"/> DISEÑO • PROCESO <input type="checkbox"/> MEDIOS										Código:				
												Edición:				
												Fecha:				
Cliente: UAM		Denominación producto: Taladro Industrial				Preparado por:										
Planta: Taller de Mecánica		Referencia/s:				Revisado por:										
Proveedores involucrados:		Nivel de modificaciones cliente:				Aprobado por:										
Descripción de la fase/Función/Característica	Modos potenciales de fallo	Efectos potenciales del fallo	Gravedad	Tipo	Causa(s) potencial(es) del fallo(s)	Ocurrencia	Verificación(es) y/o control(es) actual(es)	Detección n	NPR	Acción(es) recomendada(s)	Área(s) / persona(s) responsable(s) y fecha de realización	Resultado de las acciones				
												Acciones realizadas	Gravedad	Ocurrencia	Detección	NPR
Mandril	La sujeción es débil, además de estar lastimados los dientes de gino de aprieta	La broca no tendrá la sujeción adecuada y permanecerá estática.	10	∇	El manejo inadecuado barre los dientes y provoca un apriete inadecuado	2	La broca no gira y permanece estática al taladrar	2	40	Utilizar adecuadamente la llave del taladro para evitar desgaste de los dientes del mandril	Área de mantenimiento	El uso adecuado evitara el desgaste de los dientes y permitirá elevar la vida útil del mandril	9	1	3	27
Motor	El forzar la capacidad de trabajo, puede llevar a que se quemé el motor	Paro del taladro ya que es el corazón del equipo	10	∇	Sobrecalentamiento y paro en esa área	1	Giro constante al realizar la tarea de taladrar	1	10	No exceder la capacidad del motor y evitar los sobrecalentamientos	Operador del equipo	Conocer la capacidad del motor y que materiales están permitidos trabajar en éste	9	1	2	18
Manivela	No permite deslizarse en forma vertical al mandril	Su función es la que permite el empuje vertical hacia la pieza	10	∇	Mal manejo o falla en el mecanismo	1	Visual, solo si el mecanismo no permite deslizarse verticalmente	1	10	No exceder el apalancamiento excesivo	Operador del equipo	Evitar el apalancamiento excesivo	9	1	2	18
Mesa	No soporta la pieza a maquinar	La sujeción de la pieza a trabajar no permanece a una altura deseada	5	CI	Sobrecargar la mesa y su ruptura	1	Soporte de la pieza a maquinar	1	5	Trabajar con la capacidad de peso que soporta la mesa	Área de mantenimiento	Verificar el manual donde especifique el peso recomendado para la mesa	5	1	1	5
Base	No permanecerá en forma vertical y podría caer.	Ruptura de la misma por golpe.	10	∇	Golpe o caída	1	No permanece vertical	1	10	Evitar los cambios de áreas y así se evitará cualquier golpe al trasladarlo	Operador del equipo	Evitar cambio de área	9	1	1	9

Tipo: ∇: Crítica; CS: Significativa; CI: Importante

N.P.R. = G x O x D

Módulo:

Página 1 de 1

Figura 9. AMFE de un taladro Industrial

Con respecto al caso de un taladro industrial, existen pocos elementos de análisis, pero no lo excluye de abordarse con el AMFE y observar (Tabla 6 y Figura 10) cuales son las tendencias de estos equipos dentro de un plan de mantenimiento y los resultados que este ofrece, para este caso el mandril es el aspecto crítico que debe involucrarse en análisis cíclicos para incentivar nuevas propuestas en los estudios de taladros industriales. Algo que requiere de atención, es el motor y la manivela, ya que después del análisis se observa que el NPR(2) en lugar de disminuir aumento y ello indica que lo más probable es realizar nuevamente otro AMFE con mayor cantidad de criterios a evaluar como parte del proceso cíclico en la determinación de errores o fallas que presenta el sistema o en su defecto analizar la sección de mejora para identificar los puntos de bifurcación y su análisis, cuyos puntos se encuentran ubicados en las secciones de unión en el taladro, como lo es la banda, sistema de engranajes y bancada, que son elementos sometidos a vibraciones que provocan la inestabilidad en el sistema.

Tabla 6. Resultados del AMEF-Taladro

Taladro	NPR (1)	NPR (2)
Mandril	40	27
Motor	10	18
Manivela	10	18
Mesa	5	5
Base	10	9

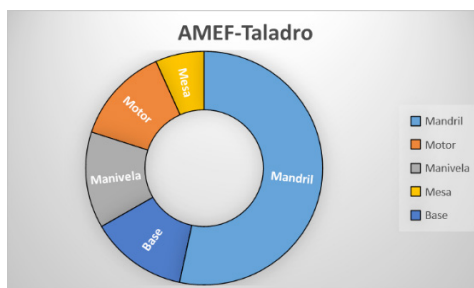


Figura 10. AMFE-Taladro

CONCLUSIÓN

Después de aplicar el análisis de modo y efecto de fallas (AMFE) en un taller de ingeniería mecánica en donde se trabajan diversos sistemas que están compuestos por equipos, tornos, taladros, fresadoras, esmeriles, entre otros, se logra identificar la importancia de aplicar herramientas diferentes para los procesos y procedimientos del mantenimiento como parte de la gestión y los impactos que ofrece cuando se aplica de manera adecuada, con respecto a la experiencia adquirida y la que se tiene al momento de llevar a cabo el proceso.

Al aplicar el AMFE a los tres casos expuestos, se perciben las tendencias del mantenimiento, que se encuentran relacionadas de forma directa con dos factores, uno es la optimización del proceso de mantenimiento que se logró aplicando un AMFE, cuyo objetivo se basa en aumentar de manera considerable la inversión en dicha sección y por otro lado concientizando a todo el personal del taller de maquinado para la implementación de un programa de mantenimiento con los resultados de la herramienta, mostrando avances significativos para que los ambientes en ese ámbito ofrezcan crecimientos significativos y lograr extrapolarlos a otras entidades que mantengan la idea de mejora continua a través de un proceso de mantenimiento.

Por medio del AMFE, se identificaron los elementos críticos que ofrecen áreas de oportunidad para el mantenimiento en sus etapas preventivas y correctivas de los equipos analizados, logrando una relación directa de los sistemas con los encargados de mantenimiento dentro del taller de manufactura.

REFERENCIAS

CARTIN-ROJAS, A., VILLARREAL-TELLO, A y MORERA, A. (2014). Implementación del análisis de riesgo en la industria alimentaria mediante la metodología AMEF: enfoque práctico y conceptual. *Rev. Med. Vet.* [en línea]. 2014(27), 133-148. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-93542014000100012&lng=en&nrm=iso

CONSUEGRA MATEUS, O. (2015). Metodología AMFE como herramienta de gestión de riesgo en un hospital universitario. Cuadernos Latinoamericanos de Administración [en línea]. 21(20), 37-49. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=409640743004>

FORNÉS-RIVERA, R., OCHOA-ESPINOZA, L., CANO-CARRASCO, A y GONZÁLEZ-VALENZUELA, E. (2016). Gestión de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad en el área de laboratorios de una Institución de Educación Superior. *Revista de Aplicaciones de la Ingeniería* [en línea]. 3(8): 77-86. Disponible en: http://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Aplicaciones_de_la_Ingenieria/vol3num8/Revista_Aplicaciones_de_la_Ingenieria_V3_N8_10.pdf

GARCIA, J., SANTANA, Z., ZUMALACÁRREGUI, L., QUINTANA, M., MILA, L., RAMOS, M., BELDARRÁN, A. (2012). Aplicación del análisis de riesgo a la producción de proteínas recombinantes expresadas en *Escherichia coli*. *Revista Vaccimonitor*, 21(2), [Mayo-Agosto], pp. 35-42. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=203424333007>

GONZÁLEZ, J.C., MYER, R.A. y PACH+ON-MUÑOZ, W. (2017). La evaluación de los riesgos antrópicos en la seguridad corporativa: del Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE) a un modelo de evaluación integral del riesgo. *Revista Científica General José María Cordova*, 15(19)[Enero-Junio]. pp. 269-289. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=476255361012>

HERNANDEZ-GOMEZ, A., ESCOBAR-TOLEDO, C., LARIOS-PRADO, J M. y NORIEGA-MORALES, S. (2015). Factores críticos de éxito para el despliegue del mantenimiento productivo total en plantas de la industria maquiladora para la exportación en Ciudad Juárez: una solución factorial. *Contad. Adm* [en línea]. 60, (suppl.1), 82-106. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cya.2015.08.005>.

HERRERA-GALÁN, M. (2017). Aplicación de la gestión de riesgo a equipos y sistemas productivos. *Dyna* [en línea] 84(Jul-Sep). Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49655539028>

NAPOLES-VILLA, A., SILVA-RICARDO, Y., MARRERO-FORMARIS, C. (2016). Análisis Modal de Fallo y sus Efectos de las Normas de Competencias. *Revista Ciencias Holguín* [en línea]. 22(2) [Abril-Junio], pp. 1-15. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181545579001>

ORTIZ-USECHE, A., RODRÍGUEZ-MONROY, C. e IZQUIERDO, H. (2013). Gestión de mantenimiento en pymes industriales. *Revista Venezolana de Gerencia* [en línea]. 18 (Enero-Marzo). Disponible en:<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=29026161004> ISSN

PINEDA-ZAPATA, U., ESTRADA-HERNÁNDEZ, M. y RODRÍGUEZ-MARRUGO, I. (2013). Ingeniería de la calidad aplicada a la planificación de un servicio. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte* [en línea].38(febrero-mayo), 206-224. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=194225730016>

ROSALES-AMBRIZ, J.L., TAPIA-BRISEÑO, J.A., ÁVILA-PEDROZA, S.A., CEJA-CAZARES, H.R., CARRILLO-GUTIERREZ, T. y ARREDONDO-SOTO, K.C. (2015). Propuesta de plan de mantenimiento preventivo de los vehículos de transporte en una empresa pública de servicios de agua. *Revista Aristas: Investigación Básica y Aplicada* [en línea]. 3(6), 35-42. Disponible en: <http://fcqi.tij.uabc.mx/usuarios/revistaaristas/numeros/N6/N6.pdf>

VÁZQUEZ-VALENCIA, A., SANTIAGP-SÁEZ, A., PEREA-PÉREZ, B., LABAJO-GONZÁLEZ, E. y ALBARRÁN-JUAN, M.E. (2018). Utilidad de análisis modal de fallos y efectos para mejorar la seguridad en la movilización del paciente crítico intubado. *Revista Colombiana de Anestesiología*. 46(1), pp. 3-10. Disponible en: http://www.scielo.org.co/pdf/rca/v46n1/es_0120-3347-rca-46-01-00003.pdf

