

Autor: Alberto Pila Alonso
Ingeniero Técnico Industrial, Ingeniero en Organización Industrial, Graduado en
Ingeniería Marina y Sistemas Navales



TITULAR

RCM DE CERCA: Nomenclatura y conceptos principales.

[Destacat]

RCM es una metodología para decidir que tipo de mantenimiento se ha de hacer a un equipo. A pesar de ser un éxito en organizaciones como la Armada americana, de estar perfectamente normalizada inclusive por la ISO, cuando se inicia el contacto con el método, es fácil caer en el desanimo por parecer un método complejo. Este artículo quisiera ayudar a acercar a la comunidad de profesionales esta metodología.

Cambio

RCM representa ante todo un cambio de enfoque, en cuanto que representa dejar de creer que todos los equipos sufren envejecimiento, esto es, que la probabilidad de fallo aumente con el paso del tiempo. Ello conlleva que aplicar técnicas de mantenimiento preventivo basadas en cambio de piezas o reacondicionamientos cíclicos no evitan que el fallo tenga menores probabilidades de suceder. Por lo que en estos casos lo mas costo-eficiente es o bien operar el equipo hasta que falle o bien en caso de que sea un equipo que afecte a la seguridad, es decir cuyo efecto aumente el riesgo de accidente, se hace necesario revisar su correcto estado de funcionamiento cada cierto tiempo.

Otro cambio que se presenta, es que no todos los fallos son necesarios evitarlos y por tanto aplicarlos mantenimiento preventivo. Hay muchos fallos que de ocurrir conllevan unas consecuencias menos costosas para la organización que la de aplicar actividades de mantenimiento preventivo. Estos costes no son solo económicos (reparación, falta de disponibilidad, etc) si no que se han de tener en cuenta los que afectan a la seguridad y al medio ambiente, para así realizar una correcta ponderación. Esto a su vez conlleva que un mismo equipo dependiendo de donde esté funcionando, su fallo tendrá diferentes consecuencias y por tanto no necesariamente tendrá el mismo tipo de mantenimiento.

Por ultimo RCM, se centra en conocer las causas de fallo y con ello poder entonces determinar si existe o no actividades de mantenimiento preventivo que eviten que se produzcan dichas causas, teniendo en cuenta que solo se actuará en aquellos casos en los que las consecuencias que se puedan producir interesen ser eliminadas o mitigadas.

Nomenclatura

Este artículo pretende ser un primer acercamiento al método. Los principales conceptos del RCM son:

- I. Función
- II. Fallo
- III. Causa de fallo
- IV. Efecto del fallo
- V. Consecuencia del fallo

Es en estos conceptos donde radica el éxito del RCM, en entenderlos y en aplicarlos a nuestra realidad. Sus creadores Nowlan y Heap, definieron su método a lo largo de varios años, basándose en su experiencia como Ingenieros de Mantenimiento de la United Airlines. Es decir RCM es una metodología diseñada para aplicar a mantenimiento, diseñada por Ingenieros y especialistas en mantenimiento.

Enfoque frente al análisis de averías.

La originalidad del RCM radica en como enfoca el análisis de averías. La forma tradicional es la de evaluar los fallos por sus efectos, por como los detectamos. Por ejemplo: no cierra, fuga de aceite, perdida de presión, etc. RCM describe una avería con los anteriores 5 conceptos. La avería es la perdida de funcionalidad, se ha de determinar que lo causa, los efectos que permiten su detección y las consecuencias que permiten evaluar la conveniencia de invertir recursos en evitarlas.

- Es necesario determinar las funciones y sus especificaciones, pues una avería es el no cumplimiento de las funciones que un activo debe desempeñar.
- Es muy importante conocer los fallos antes de que se produzcan para poder evaluar sus consecuencias y encontrar sus causas.
- Determinar las causas y definir como atacarlas es la manera de evitar los fallos.
- Es muy importante evaluar las consecuencias para decidir si dedicar recursos a evitar sus causas o dejar que ocurra.
- Es necesario conocer los efectos para poder determinar como detectarlos.

Función. (equipment's function)

Es esta la clave del método, de lo cual uno se percató cuando realiza las primeras aplicaciones prácticas. Es la capacidad de un equipo de realizar aquello para lo que está diseñado y hacerlo en los términos que el usuario necesita. Es la acción que se ejecuta, sobre qué se ejecuta y sus especificaciones. P.ejm no aporta igual información "llenar sacos" que "envasar no menos de 200 sacos de cemento conteniendo 42,5 +_0,1 kg", así se identifica mejor las disfunciones o fallos funcionales, facilitando el camino hacia la identificación de las causas que los originan.

En algunos casos (RCM de la US Navy) las funciones se clasifican en significantes y no significantes en función de si al menos una de estas preguntas es contestada afirmativamente:

- ¿La pérdida de la funcionalidad tiene un efecto sobre la seguridad o el medio ambiente?
- ¿La pérdida de funcionalidad tiene un efecto sobre la operación?
- ¿La pérdida de funcionalidad tiene un efecto económico importante?
- ¿Esta función está salvaguardada por alguna acción de mantenimiento preventivo?

Estas preguntas están relacionadas con la consecuencia de los fallos definidas en el método RCM de Nowlan y Heap.

Fallo funcional o estado de fallo (functional failures, function loss, ways for the failure)

Podemos tener dos casos. Que la función deje de realizarse por completo denominándose fallo total. O que la degradación de la funcionalidad no sea completa pero si en ciertos parámetros requeridos, siendo entonces un fallo parcial. Es decir, fallo es la incapacidad de cualquier elemento físico de satisfacer el criterio de funcionamiento deseado. En ciertos equipos un fallo no es percibido hasta que el equipo es requerido para funcionar, por ejemplo en equipos de reserva, o en dispositivos de protección, a estos se les llaman fallos ocultos. Un ejemplo sería un interruptor automático que debe poder detectar y despejar corrientes de cortocircuito de un sistema eléctrico, solamente en caso de cortocircuito se sabrá si funciona correctamente, pero si no lo hace las consecuencias pueden ser desastrosas. Por eso es necesario probarlo de forma periódica para asegurar que sus funciones las puede cumplir correctamente.

En la norma ISO 14224 y en las normas que aplican el método AMFE (análisis de modos de fallo y sus efectos), a los fallos funcionales se les nombra como "modos de fallo". Ocurre que en el RCM normalizado por la SAE que corresponde con lo escrito originalmente por Nowlan y Heap y por Moubray posteriormente, modo de fallo son las causas de fallo. Este error puede llevar a confusión se ha de tener en cuenta.

Fallo potencial

Puede haber variables medibles que nos indiquen que el equipo está en proceso de avería. Estas advertencias que normalmente son condiciones físicas, se conocen como fallos potenciales y son la base de las políticas de mto preventivo basado en la condición.

Causa de fallo. ¿Por qué analizar las causas de fallo?

Podemos decir que la esencia del mantenimiento preventivo o proactivo es la de tratar los eventos antes de que sucedan o al menos decidir como deberían abordarse si llegaran a ocurrir y así poder evitar o mitigar las consecuencias que generarían. Para poder hacer esto, es necesario saber de antemano cuales son los posibles incidentes que se pueden dar, es decir,

conocer los posibles fallos funcionales y sus causas. Lo ideal es que se pudieran identificar todos los fallos y sus causas para poder tomar medidas que eviten que se produzcan y por lo tanto las consecuencias del fallo que es lo que queremos evitar realmente. Un “fallo funcional” es un estado de fallo y una “causa de fallo” es el evento que puede causar el fallo del equipo, sistema, instalación o proceso analizado. Estas causas de origen técnico o humano conllevan un estado de incumplimiento, total o parcial, de la función del activo. Es frecuente que no se terminen de conocer la causa raíz de un fallo y en muchos casos el mantenimiento preventivo esté atacando un síntoma, con lo cual no estaremos atacando el problema. Por ello es necesario conocer las causas raíz para pensar si existen formas de poder evitarlas con el fin de evitar que se produzca en fallo y sus consecuencias.

Modo de fallo y causa de fallo, dos conceptos confusos.

Estos dos conceptos suelen ser confusos debido a que es utilizado en muchos textos pero de forma diferente. El concepto es original del análisis AMFEC (Análisis Modal de Fallos, Efectos y Criticidad) FMEAC o FMECA en inglés. Decir que este método a veces no incluye el análisis de criticidad y se nota sin la “c”.

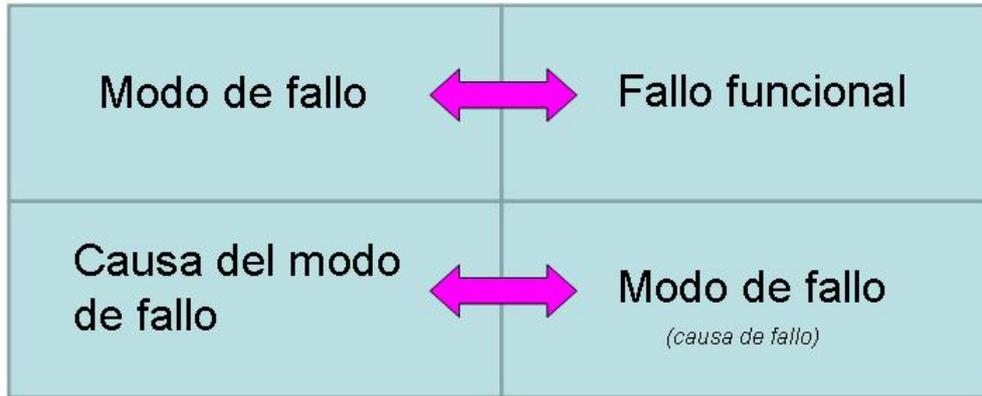
AMFEC utiliza los conceptos “modo de fallo” y “causa de fallo”, el RCM utiliza “fallo funcional” y “modo de fallo” para definir lo mismo. El especialista en mantenimiento y autor de diversos “papers” sobre mantenimiento, Emile Eerens, hace mención de este error. Para evitar esta fácil confusión en muchísimos documentos aparece: Failure Mode (cause of failure)” sobre todo documentos cercanos al momento de creación del RCM. Un error habitual causado por este hecho es el de encontrarse análisis RCM donde en los modos de fallo se describen manifestaciones o síntomas del fallo.

FMEA fue desarrollado por el Ejército Americano y estandarizado en la norma MIL-STD- 1629. En sus primeras páginas afirma que esta metodología es útil para el diseño de planes de mantenimiento. Es un método ampliamente utilizado en la Ingeniería de producción, de diseño, de calidad de producto, para básicamente poder detectar fallos que afecten al usuario final. La normativa civil ha usado como base la originaria militar. Si se revisa la norma Europea actual sobre AMFE (UNE 20812:1995) observaremos la diferencia en el concepto Modo de Fallo en comparación con el del RCM. Pero una lectura profunda muestra que en el fondo se refieren siempre a lo mismo pero nombrado de diferente forma. Esto lo podemos comprobar en su apartado 4.3.2, donde podemos observar la total similitud entre el RCM y el FMEAC, pues ambos métodos pretenden:

- Conocer los fallos o averías posibles definidos como no cumplimentación de unas ciertas funciones con unos parámetros determinados.
- Conocer las causas que lo originan.
- Conocer los efectos o consecuencias que generan al producirse, sobre el entorno, sobre las personas o sobre la economía de la empresa.
- Conocer los métodos de detectarlos anticipadamente, de evitarlos.
- Estimar cualitativamente la importancia del fallo, mediante la criticidad y la probabilidad de ocurrencia.

FMEA

RCM



Revisando la normativa militar americana puede observarse una evolución del concepto "modo de fallo" y llegar a entender esta amplia confusión, ya que han sido creadores y usuarios de AMFE para mantenimiento y ahora utilizan RCM, y es de todos conocida la excelencia de sus normas así como sus uso como referente en todo el mundo.

Comentario [T1]: SE PUEDE ELIMINAR EN EL ARTICULO

- ❖ Concepto original: En la MIL-STD-1629 modificada en 1980 se relaciona el Modo de Fallo con los diferentes modos de fallar. Es decir con el fallo, la avería, el defecto en si mismo. Dado que sabían que un equipo podía fallar de muchas formas para dejar de hacer una función, de aquí que lo nombraran como "modo de fallo".
- ❖ Cambio: en una modificación de 1983, MIL STD 1629A, es por primera vez donde aparecen relacionados RCM y FMECA, en el texto de 1980 no se menciona al RCM. Se menciona que el RCM de la norma MIL-HDBK-266 utiliza el FMECA. También menciona que otros procesos de mantenimiento vigentes en esa época como el Maintenance Planning Analysis (MPA) utilizan la metodología FMECA. Si se observa la figura 103.1 de la norma de 1983 se observa como el significado de modo de fallo sufre el cambio al observar el formato tabla de toma datos. El modo de fallo original del FMEA pasa a ser llamado causa del fallo funcional tal y como se hacia en el RCM. Es decir cambian de usar esta notación de modo de fallo originaria del AMFE y pasan a utilizarlo como Nowlan y Heap, creadores del RCM, lo hacen.

En la norma 1629 A podemos observar el siguiente formato como modo de fallo y causas son dos conceptos, que son la forma de fallar y su causa.

FAILURE MODE EFFECTS AND CRITICALITY ANALYSIS
MAINTAINABILITY INFORMATION

SYSTEM _____	DATE _____
INDENTURE LEVEL _____	SHEET _____ OF _____
REFERENCE DRAWING _____	COMPILED BY _____
MISSION _____	APPROVED BY _____

IDENTIFICATION NUMBER	ITEM/FUNCTIONAL IDENTIFICATION (NOMENCLATURE)	FUNCTION	FAILURE MODES AND CAUSES	FAILURE EFFECTS			SEVERITY CLASS.	FAILURE PREDICTABILITY	FAILURE DETECTION MEANS	BASIC MAINTENANCE ACTIONS	REMARKS
				LOCAL EFFECTS	NEXT HIGHER LEVEL	END EFFECTS					

V6291-CL5-11H

Figure 103.1 Example of FMECA-maintainability information worksheet format

Este mismo formato en la modificación de 1983, queda como sigue, apareciendo el concepto de fallo funcional y conservándose el de modo de fallo pero con el significado de causa.

FAILURE MODE EFFECTS AND CRITICALITY ANALYSIS - MAINTAINABILITY INFORMATION												
SYSTEM/SUBSYSTEM NOMENCLATURE			SYSTEM IDENTIFICATION NUMBER			DATE:		PREPARED BY:				
INDENTURE LEVEL		REFERENCE DRAWING		MISSION		SHEET ___ OF ___		APPROVED BY:				
SYSTEM/SUBSYSTEM DESCRIPTION						COMPENSATING PROVISIONS						
ITEM IDENT NO.	ITEM NOMENCLATURE	FUNCTION NO.	FUNCTIONAL FAILURE LTR	ENGINEERING FAILURE MODE NO.	MISSION PHASE	FAILURE EFFECTS			FAILURE DETECTION METHOD	SEVERITY CLASS	HINDRAN EQUIPMENT LIST	ENGINEERING FAILURE MODE NTRF AND REMARKS
						LOCAL EFFECTS	NEXT HIGHER LEVEL	END EFFECTS				

FIGURE 103.1 Example of FMECA - maintainability information worksheet format.

Esto inclusive se puede observar en otras aplicaciones donde entre paréntesis escriben "causa", para evitar errores de confusión.

SISTEMA ACTIVO: Transportador			
SUB-SISTEMA/COMPONENTE:			
FUNCION	FALLO FUNCIONAL (Pérdida de función)	MODO DE FALLO (Causa del fallo)	EFEECTO DEL FALLO (Qué sucede cuando se produce el fallo)
1 Transferir material desde el depósito al silo a un ritmo mínimo de 40t/hora	A Incapaz de transferir material	1 Obstrucción de la salida de la tolva por objetos extraños	Se para el flujo de material hacia la tolva. La alarma sonará cuando el nivel en la tolva esté por debajo de la línea de eliminación de la obstrucción puede causar hasta 4 horas de parada.

Las diferentes definiciones que aparecen en diversos documentos y normativa acerca del concepto "modo de fallo" son:

- MIL-STD-721C: "Failure Mode: the consequence of the mechanism through which the failure occurs, i.e, short, open, fracture, excessive wear".
- MIL-STD-1629: "Failure Mode: The manner by which a failure is observed. Generally describes the way the failure occurs and its impact on equipment operation". La norma deja claro que el modo de fallo tiene asociado una causa. En la página 101-4 aparece "Since a failure mode may have more than one cause". Pero en la modificación de 1983 ya comienza a usarse la terminología RCM para el modo de fallo. Para ello el DOD emite una aclaración al tema, "MIL-STD-1629 A notice 1.
- MIL-STD-2173(AS), 1986: "Failure Mode: The manner by which a failure is observed. Generally describes the way the failure occurs and its impact on equipment operation". Esta norma aun en vigencia utiliza la nomenclatura previa al cambio.
- SAE JA 1011 en la pregunta 3 donde se define los modos de fallo usa el termino "causa de cada fallo".
- "MIL-STD-3034: Failure mode: The specific condition causing a functional failure (often best described by material condition at the point of failure)".
- NAVAIR 00-25-403: "A failure mode is a specific physical condition that can result in a functional failure. The failure modes have the potential to cause each functional failure".
- Handbook S9081-AB-GIB-010: "A failure mode is a specific condition causing a functional failure, including such modes as a leaking seal, broken shaft, or seized bearing".
- RCM 2: Moubray define modo de fallo como: "the next (referentes a la 3ª y 4ª pregunta del método) two questions seek to identify the failure modes which are reasonably likely to cause each functional failure, and to ascertain the failure effects associated with each

failure mode. This is done by performing a failure modes and effects analysis FMEA for each functional failure, "A failure mode could be defined as any event which is likely to cause an asset (or system or process) to fail", "a failure mode is any event which causes a functional failure". Se observa perfectamente como el modo de fallo está relacionado con la causa del fallo. Moubray incluso utiliza el concepto modo de fallo conjuntamente al de causa raíz.

- UNE 20 812:1995. En esta norma lo define como: "Un modo de fallo es el efecto por el que se observa un fallo en un elemento de un sistema". Es el enfoque clásico en el análisis de averías, cuyo uso lleva a resultados inferiores que si se usa lo estipulado por el RCM.

Causa del fallo.

Ya hemos visto que RCM lo denomina "modo de fallo". Para evitar la confusión con el "modo de fallo" del AMFE, a veces se nota como: "Failure Mode, cause of failure, root cause". Y es cualquier evento que causa un fallo funcional. Su descripción deber facilitar la posterior elección de la tarea de mantenimiento a aplicar. El éxito de un plan de mantenimiento está en conocer todo los modos de fallo mas probables. No es sencillo conocerlos todos por lo que hay que usar la información de históricos, la experiencia de los operarios y mandos, y al fabricante.

Tener diferentes clasificaciones de causas, puede ser de ayuda en el momento de la aplicación real. Se muestran a continuación dos clasificaciones diferentes:

1. Deterioro, debido al envejecimiento, condiciones de stress físico o químico.
2. Deterioro por mala lubricación o engrase.
3. Afectaciones por suciedad.
4. Desmontaje de componentes por mal apriete, soldaduras defectuosas, vibraciones, etc.
5. Mala conexión entre parte eléctricas.
6. Funcionamiento a baja capacidad debido al operador.

Alternativa a la anterior:

- Causas debidas al diseño, fabricación o construcción.
- Causas materiales:
 - Deterioro por desgaste: fatiga, corrosión, abrasión, erosión, etc.
 - Mala lubricación por falta de lubricante o por deterioro del mismo.
 - Suciedad, polvo, partículas, etc.
- Instalación/puesta en marcha defectuoso.
- Condiciones de servicio anómalas:
 - Funcionamiento a capacidad elevada, que genere un aumento del deterioro, una aceleración del envejecimiento o una sollicitación elevada y superior a la diseñada por soportar esfuerzos mecánicos, eléctricos elevados.
 - Funcionamiento a baja capacidad.
- Operaciones de Mantenimiento deficiente, mala calidad.
- Mala operación/uso, por error humano.

El uso de listas de categorías de causas, pueden ayudar a la hora de utilizar el método, pues es fácil caer en el error de anotar como causas efectos.

Efectos de los fallos. (effect of the failure, that happens)

Un efecto de fallo responde ¿qué ocurre?, mientras que una consecuencia responde a ¿qué importancia tiene?. En metodología AMFEC el concepto "efecto" es similar al concepto "consecuencia" del RCM. En RCM "efecto del fallo" es la descripción de lo que ocurre si tiene lugar el fallo al haberse producido un modo de fallo (causa), es la evidencia de la ocurrencia de

la avería o fallo. Su descripción debe incluir toda la información necesaria para ayudar a determinar como se puede detectar el fallo y que sirva de base para evaluar las consecuencias. En la descripción se debe hacer constancia si el fallo será evidente al personal de operación o de mantenimiento. Por ejemplo: se debería incluir si el fallo provoca la aparición de alarmas luminosas, sonoras o digitales. También podría incluirse si las evidencias son captadas con los sentidos: ruidos, humo, fugas de vapor, fugas de aceite, olores, etc.

En la normativa militar consultada (S9081-AB-GIB-010, MIL-STD-1629A entre otras) al igual que se define en el FMEA original se utilizan tres niveles de afectación: nivel local o de componente, nivel subsistema y nivel final o de sistema. Aunque bien es cierto que por ejemplo en la NAVAIR 00-25-403 indica que es optativo incluir esta parte en un análisis RCM. Por ejemplo:

- Efecto local: bomba pierde líquido hidráulico.
- Efecto en subsistema: la presión del sistema hidráulico por debajo de los 1000 psi.
- Efecto en el sistema: el sistema de control de vuelo no es operativo.

Consecuencia de los fallos (consequences, severity classification)

El impacto del fallo depende del contexto operacional del equipo, de los parámetros de funcionamiento y de los efectos físicos de cada modo de fallo. Esta combinación significa que cada fallo tiene un conjunto de consecuencias específicas asociadas a él. Si las consecuencias son importantes, ya sea por posibles daños físicos, personales, medioambientales o de producción se deberán hacer importantes esfuerzos para prevenir el fallo o como mínimo para ser capaces de anticiparse y así reducir o eliminar sus consecuencias. Una evaluación de las consecuencias nos permitirá determinar las acciones más correctas a adoptar en el mantenimiento de un activo y más concretamente en el mantenimiento de sus funciones. Pudiendo ser estas: acciones proactivas que intentan evitar que se produzcan las causas de fallo o no hacer nada y esperar al fallo.

La importancia de cada consecuencia se puede evaluar mediante la criticidad que se le asigne a cada modo de fallo. Por ello es muy utilizada la metodología AMFEC, ya que esta contiene una parte dedicada al cálculo cuantitativo del riesgo, a través del llamado IPR, Índice de Prioridad del Riesgo o también Índice de Ponderación del Riesgo que es el resultado de multiplicar tres factores: Índice de gravedad, Índice de ocurrencia, índice de detección. Para el cálculo del índice de gravedad se mide el impacto en cuanto a: seguridad, medio ambiente, coste, afectación a la operación, es de tipo cualitativo. El índice de detección no es utilizado en muchas ocasiones y el de ocurrencia es una evaluación de la probabilidad.

Las consecuencias pueden ser de diversa índole. RCM "clásico", clasifica las consecuencias de los fallos como sigue:

- I. Consecuencias ocultas o no evidentes. Son las consecuencias asociadas a fallos ocultos. Exponen a las instalaciones a otros fallos cuyas consecuencias son importantes. **Todos los equipos que funcionan en casos de emergencia con funciones de seguridad sus fallos tienen consecuencias ocultas, ya que solamente cuando tienen que funcionar se presenciara la consecuencia.**
- II. Consecuencias evidentes; pudiendo ser:
 - Consecuencias para la seguridad y el medio ambiente.
 - Consecuencias operacionales: Un fallo tiene consecuencias operacionales si afecta a la operación del activo en cuanto a capacidad, calidad o costes. Incluyendo aquellas consecuencias que tienen repercusiones económicas de otra índole como indemnizaciones, multas, etc,
 - Consecuencias no operacionales. Su único gasto directo es la reparación. Evaluando este coste de reparación y el de aplicar una política de mantenimiento preventivo, podrá tomarse la opción menos costosa.

Las consecuencias no tienen por que ser solamente en el medio propio del equipo analizado sino que puede afectar a otros sistemas, medio o personas diferentes. Esto a veces se llama daños secundarios.

El forzar un examen estructurado de las consecuencias de cada modo de fallo focaliza la atención sobre las actividades de mantenimiento que mitigan las consecuencias que tienen efecto sobre la organización, eliminando así aquellas actividades de mantenimiento que tienen poco o ningún efecto sobre alguna consecuencia. Durante esta evaluación de cada modo de fallo se debería poder responder al menos a estas tres preguntas:

- ¿Qué puede pasar si ocurre el evento, "modo de fallo"?
- ¿Qué probabilidad hay de que ocurra?
- ¿Es tolerable el riesgo?

La norma UNE 200001-3-11, utiliza el nombre "efecto" para referirse a este concepto. También ocurre lo mismo con el RCM utilizado en la Armada Americana:

- MIL-STD-1843 USAF: "Failure effect: the consequence(s) a failure mode has in the operation, function, or status of an item. Failure effects are classified as local effects, next higher level, and end effects."
- MIL-STD-3034: "Failure effects: Failure effects describe what happens when a failure mode occurs if no other action is taken to otherwise address the failure".
- NAVAIR 00-25-403: "it is the impact that a functional failure has on the item under analysis, the surrounding environment, include the personnel and equipment, and the functional capability of the end item."

La clasificación utilizada por la UNE 200001-3-11, es la siguiente:

- Efectos evidentes:
 - Afectación a la seguridad.
 - Afectación a la operación.
 - Afectaciones económicas.
- Efectos ocultos:
 - Afectación a la seguridad.
 - No afectación a la seguridad.

Queda patente que está hablando de lo que el RCM clásico define como consecuencias.

Estrategias de mantenimiento en RCM "clásico"

RCM cataloga las acciones de mantenimiento en 2 tipos: acciones proactivas y acciones "a falta de". Cada uno de estos dos tipos se divide en diferentes estrategias hasta tener un total de cinco. Las definiciones de los tipos de mantenimiento son muy variables según el texto consultado. La presentada aquí pretende aclarar este aspecto.

TECNICAS DE MANTENIMIENTO EN RCM

ACTIVIDADES DE MTO PROACTIVO: evitar la aparición de modos de fallo.

✓Preventivo

-*Sistemático:*

reacondicionamiento cíclico.

sustitución cíclica.

-*A condición: condicional y predictivo*

ACTIVIDADES "A FALTA DE": para modos de falla que no pueden ser evitados.

✓Búsqueda de fallos (inspección, revisión)

✓Rediseño (mto mejorativo)

✓Operación hasta el fallo: mto correctivo.

Las tareas proactivas se realizan antes de que ocurra el fallo, con el objeto de prevenir que el equipo deje de cumplir su función. En este tipo tenemos los mantenimientos de tipo "sistemático" y "a condición". El primero consiste en que de forma rutinaria, según tiempo o parámetros de funcionamiento (horas, kilómetros, etc), se realicen actividades de: cambio de elementos, limpiezas o engrases. El segundo consiste en realizar estas mismas actividades solamente en función del estado del equipo, que puede evaluarse de forma sensorial (vista, oído) o mediante la medida de valores en determinadas variables de funcionamiento, teniendo en cuenta su valor actual o su evolución en el tiempo. Las tareas sistemáticas incluyen trabajos que independientemente del estado se realizan programadamente cambio de elementos y/o componentes o reparaciones de puesta a punto o a "cero", que son los mantenimiento "overhaul", "hard time" o de sustitución cíclica como lo denomina el RCM clásico. Por otro lado tenemos los llamados reacondicionamientos cíclicos que son tareas de reparación, limpiezas y engrases principalmente. Dentro de la estrategia de mantenimiento preventivo basado en el tiempo, el reacondicionamiento cíclico es menos conservador que la sustitución cíclica dado que supone ajustar o limpiar equipos en vez de cambiarlos por completo. Este tipo de mantenimiento preventivo es el más utilizado. Su inconveniente está en la dificultad para determinar las frecuencias tanto en el sistemático como en el condicional.

En el predictivo se detectan tendencias negativas y en el condicional estados actuales. Estos valores de "advertencia" o de "alarma" se conocen como fallos potenciales y se definen como las condiciones físicas identificables que indican que va a ocurrir un fallo funcional o que está en proceso de producirse.

Cuando no es posible realizar una tarea proactiva eficaz, el resto de acciones se engloban en aquellas que han de realizarse a falta de actividad proactiva. Se aplica a equipos que podríamos entender como de reserva o de sustitución o para mitigar lo que RCM llama fallos ocultos. Este tipo de mantenimiento abarca las restantes 3 estrategias: mantenimiento detectivo o de búsqueda de fallos, correctivo y de mejora. El primero de los tres es aquel que se aplica para fallos, modos y consecuencias ocultas, es realizado a intervalos regulares de tiempo para ver si el equipo ha fallado y en caso afirmativo ser reacondicionado. El correctivo consiste en el reacondicionamiento o sustitución de partes en un equipo una vez ha ocurrido el fallo. El mejorativo o de rediseño, no es una tarea de mantenimiento propiamente dicha si no que consiste en mejorar mediante modificaciones para evitar que se produzcan determinados modos de fallo.

Como comparación con lo que normalmente se entiende por tipos de mantenimiento, podemos destacar que RCM contempla el mantenimiento correctivo dentro del grupo de actividades que se realizan cuando no se pueden evitar los modos de fallo o no es rentable hacerlo. También destacar que una de las actividades más usuales en mantenimiento es el de la inspección y revisión. Esto engloba muy diferentes acciones que normalmente es entendido como un mantenimiento a condición, donde el operario revisa el estado de condición de un equipo y con ello determina si se le ha de aplicar alguna acción correctora del estado. Sin embargo RCM utiliza la nomenclatura de inspección a las actividades cuyo objetivo es determinar si el equipo ha fallado.

Estrategias de mantenimiento en el RCM “militar”.

El RCM estandarizado en las normas de la Armada norteamericana, difiere en algunos puntos del llamado “clasico”, que es el definido en los libros de Nowlan y Heap y posteriormente en el de Moubray. Según estas normas, las tareas (tasks types) de mantenimiento que se definen son:

- 1) Corrective Maintenance (CM), Unscheduled Maintenance, Reactive Maintenance.
- 2) Preventive maintenance (PM), Scheduled maintenance, Proactive maintenance.

Las actividades de mantenimiento preventivo que definen son:

- Servicing: *“The replenishment of consumable materials that are depleted during normal operations”*. Se refiere básicamente a cambios de aceites, fluidos hidráulicos, combustibles.
- Lubrication: *“The scheduled lubrication of a component (usually based on the manufacture’s recommendations) where the item’s design requires a non-permanent lubricant for proper operation”*. Estas tareas son las de engrases.
- On condition: *“Periodic or continuous inspection designed to detect a potential failure condition prior to functional failure”*. Este es el núcleo del RCM clásico, determinar variables medibles que puedan informarnos del estado del activo y si es posible, cuanto tiempo de vida le queda.
- Hard time: *“Scheduled removal of an item or a restorative action at some specified age limit to prevent its functional failure”*. Son las tareas mas costosas, consistente en cambiar elementos o equipos enteros, una vez se haya cumplido cierto tiempo de funcionamiento, independientemente de cual es su estado.
- Failure finding: *“A preventive maintenance task performed at a specified interval to determine whether a hidden functional failure has occurred”*. Se aplican a fallos funcionales que no son evidentes y que pueden afectar a la seguridad o al medio ambiente. Son inspecciones de comprobación de si un equipo o elemento de seguridad está en condiciones de funcionar cuando se le requiera.

Aunque no es identificado como una tarea de mantenimiento preventivo, el RCM militar incluye las siguientes dos tareas:

- Other actions. Incluyen aquí tareas como la formación en el uso de nuevas tecnologías, formación en nuevos o mejorados procedimientos, mejora o adecuación de procedimientos y rediseños incluyendo los físicos como los de requerimientos para la compra.
- Age exploration. Aquí incluyen todas las actividades necesarias para mejorar el preventivo que conlleven estudios de modos de fallo específicos en los que se necesite ampliar información para su análisis. Por ejemplo podrían ser ensayos de vida para determinar en los casos donde se aplica “hard time” si es posible alargar la frecuencia de cambio. También estaría incluido la toma de datos específicos durante las tareas de preventivo, pruebas de laboratorio, informes específicos y/o tareas de similares características.

Estrategias de mantenimiento en RCM UNE

El método estandarizado en la norma UNE 20001-3-11:2003. *Gestión de la confiabilidad. Parte 3-11: Guía de aplicación. Mantenimiento centrado en la fiabilidad*, utiliza la siguiente clasificación.

- o Tareas programadas:
 - Lubricación.
 - Verificación operacional o visual. Para el caso de fallos ocultos, son las tareas para comprobación de que el activo sigue cumpliendo con su función prevista.
 - Inspección o vigilancia de la condición. Son comprobaciones cuantitativas para determinar si una o mas funciones de un activo se realizan dentro de los límites especificados mediante la medida de un conjunto de parámetros. Puede hacerse de forma continua o periódica.
 - Restauración. Sería similar al concepto de RCM clásico de "reacondicionamiento cíclico". Se refiere a los trabajos necesarios de realizar para devolver a un activo a un estado específico. Pudiendo ser limpiezas o sustitución de partes sencillas en desmontajes parciales o completos.
 - Eliminación. Se refiere a retirar el elemento del servicio.
 - Ninguna tarea. Mantenimiento correctivo.
- o Tareas no programadas:
 - Son las tareas resultantes de haber realizado las tareas programadas. Normalmente son las no conformidades, los mal funcionamientos, el mal estado, etc detectado en tareas de revisión programada.
 - Informes de malfuncionamiento. La norma no deja muy claro a que se refiere.

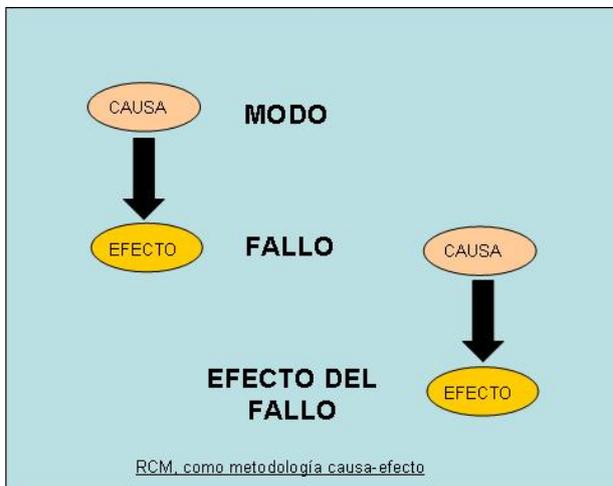
Relación del RCM con otras metodologías.

Son muchísimas las herramientas utilizadas en la gestión y administración de la producción y de la calidad. RCM no es una metodología extraña y las utiliza.

-Relaciones causa-efecto.

La metodología RCM como otras, se basa en la búsqueda del causa-efecto. Esta metodología de análisis es utilizada en diversidad de metodologías como el Causa-raíz, el BSC, etc.

En RCM esta relación se establece de la siguiente manera: el modo de fallo (paso 3) es la causa y el fallo (paso2) en sí el efecto del mismo. Por otro lado el fallo (paso2) es la causa del efecto del fallo (paso4). Esto lo podemos ver en la siguiente figura:



-AMFE.

Por otro lado las preguntas 2,3 y 4, pueden ser respondidas utilizando un AMFE, Análisis de modos de fallo y sus efectos. Esta metodología es ampliamente utilizada y en muchas ocasiones se amplía con análisis de criticidad pasándose a llamar FMECA, es lo mismo pero se

añaden criterios cuantitativos y cualitativos para determinar la criticidad o severidad asignada a cada modo de fallo. La determinación de la criticidad correspondería con el paso 5 del RCM.

-Causa raíz.

La búsqueda de los modos de fallo está relacionado con la metodología de la búsqueda de las causas raíz. Para encontrar los modos de fallo de un fallo se puede utilizar esta metodología entre 5 y 7 niveles de profundidad. Aunque no se debe profundizar en exceso pues podemos llegar a causas raíz poco útiles. Por ejemplo: un modo de fallo "bomba no funciona" buscando sucesivamente la causa podríamos llevar a sucesivos niveles:

Bomba no funciona → fallo impulsor → Impulsor desplazado → Tuerca sin ajustar → Tuerca mal colocada → error en montaje.

Profundizar mucho podría llevarnos a la causa raíz del modo "bomba no función" de que la causa del error de montaje es debido a que el mecánico tiene problemas familiares. Es obvio que no tiene sentido. Esta búsqueda de la causa raíz, también podría relacionarse con la metodología de los 5 por qué?.

Diagramas de decisión.

La última fase del método es que en los casos que se decida mantener preventivamente se han de escoger las tareas de mantenimiento óptimas para eliminar o mitigar las consecuencias de los fallos. Diversas variantes de RCM (el militar, y los normalizados en ISO, UNE y SAE), formulan un Diagrama de Decisión muy similar, en forma de diagrama lógico. La norma militar lo denomina como "logic tree", donde conjuntamente a cada fallo y su modo de fallo, o causa de fallo, se le aplican una serie de preguntas, que consisten básicamente en:

1. Determinar el tipo de fallo: oculto o evidente.
2. Determinar el efecto o consecuencia del fallo.
3. Para cada tipo de consecuencia cada método permite una serie de estrategias de mantenimiento. Sucesivamente se va preguntando si cada una de ellas es efectiva, es decir si mitiga o elimina la causa de fallo y/o sus efectos (consecuencias).

Versiones aceleradas de RCM.

La metodología del RCM estándar, es decir del normalizado en SAE-JA 1011, es resultado de muchos años de experiencia en su aplicación. Es habitual leer acerca de procesos RCM "racionalizados". Fue por esta causa por la que se estandarizó en la SAE-JA citada. Algunos posibles inconvenientes de usar estas versiones son los siguientes:

- En muchos casos se inicia el análisis a partir de los modos de fallo. Es totalmente necesario iniciar primeramente definiendo funciones, luego fallos funcionales y luego los modos de fallo. Pues esto nos ayudará a encontrar todos los modos existentes.
- Es habitual analizar el Plan de Mantenimiento actual y de ahí sacar los mods de fallo. Esto debe hacerse de forma complementaria para cerciorarse que no se deja ninguno en el tintero.
- Se suelen usar listados estándar de modos de fallo.

CONCLUSION

En varios manuales de la normativa militar se expresa lo siguiente: "*remember, one of the underlying tenets of RCM is that more maintenance does not guarantee better condition, and often the reverse occurs due to maintenance induced errors*". Significa que las políticas de mantenimiento deben ser mejoradas, pues es habitual que incluso las actuales puedan estar siendo perniciosas para nuestros activos y que por una falta de método no seamos conscientes de ello. Po esto, RCM es de vital utilidad, sobre todo en los tiempos actuales donde al menos deberíamos estar obligados a reducir los costes superfluos que no aportan valor a nuestra

actividad empresarial. En el caso de mantenimiento serian aquellas tareas de mantenimiento que:

- a) Son aplicadas a activos cuya avería genera una situación no perniciosa o asumible.
- b) Son aplicadas y realmente no eliminan o mitigan la consecuencia que se pretende no padecer al eliminar las causas de fallos.

Este artículo ha pretendido dar luz a los diferentes conceptos utilizados en el RCM para así procurar facilitar su estudio y evaluación. Esto queda resumido en el cuadro siguiente: