

## ERRORES Y OMISIONES AL APLICAR RCM: UNA VISIÓN CON APEGO METODOLÓGICO

---

AUTORES: CARLOS MARIO PÉREZ JARAMILLO  
LAURA CÓRDOBA URIBE

**PARTES 6 Y 7**  
**ESTRATEGIAS DE MANEJO DE FALLAS**

## ERRORES Y OMISIONES AL APLICAR RCM: UNA VISIÓN CON APEGO METODOLÓGICO

En la entrega número 5 de esta serie de artículos, fue explicado el proceso de evaluación de consecuencias que propone esta metodología y cómo este entendimiento es el fundamento para establecer qué tanto importa una falla y analizar si las tareas posibles para su manejo merecen la pena.

La evaluación de las consecuencias se realiza de manera ordenada respondiendo a las preguntas que plantea el diagrama de decisión, y de esta forma se descartan o confirman las posibles tareas para cada uno de los modos de falla identificados en el análisis de modos de falla y efectos – AMFE.

### PARTE 6 Y 7: ESTRATEGIAS DE MANEJO DE FALLAS

Si se ha dado respuesta a las primeras 5 preguntas del proceso, el grupo de análisis en este punto ha logrado determinar las funciones, las fallas funcionales, los modos de falla, los efectos y ha evaluado las consecuencias; la siguiente fase corresponde a las dos últimas preguntas que buscan utilizar toda la información recopilada hasta este punto para establecer las estrategias más adecuadas en dos grupos:

- **Pregunta 6:** ¿Puede hacerse algo para predecir o prevenir la falla?
- **Pregunta 7:** ¿Qué hacer si no se puede predecir ni prevenir la falla?

Los criterios para definir cuándo escoger una acción proactiva están definidos en la norma en el punto 5.7 como se presenta en la imagen a continuación:

<p><b>5.7 Failure Management Policies—Scheduled Tasks</b></p> <p><b>5.7.1 All scheduled tasks shall comply with the following criteria:</b></p> <p><b>5.7.1.1</b> In the case of an evident failure mode that has safety or environmental consequences, the task shall reduce the probability of the failure mode to a level that is tolerable to the owner or user of the asset.</p> <p><b>5.7.1.2</b> In the case of a hidden failure mode where the associated multiple failure has safety or environmental consequences, the task shall reduce the probability of the hidden failure mode to an extent which reduces the probability of the associated multiple failure to a level that is tolerable to the owner or user of the asset.</p> <p><b>5.7.1.3</b> In the case of an evident failure mode that does not have safety or environmental consequences, the direct and indirect costs of doing the task shall be less than the direct and indirect costs of the failure mode when measured over comparable periods of time.</p> <p><b>5.7.1.4</b> In the case of a hidden failure mode where the associated multiple failure does not have safety or environmental consequences, the direct and indirect costs of doing the task shall be less than the direct and indirect costs of the multiple failure plus the cost of repairing the hidden failure mode when measured over comparable periods of time.</p>
---

Específicamente, las tareas proactivas (que responden a la pregunta 6) están enmarcadas en el diagrama de decisión de RCM2 en los tres primeros niveles. Bajo esta metodología, las tareas proactivas se clasifican de la siguiente forma y se analizan en este mismo orden presentado:

- **Tareas basadas en condición:**

En el diagrama, la respuesta a las preguntas de primer nivel lleva a determinar si chequeando que un activo, componente o elemento está fallando se reduce el riesgo de la falla a un nivel aceptable.

La norma SAE JA1011 en el punto 5.7.2 lista las condiciones requeridas para seleccionar una tarea de este tipo y que incluyen:

- Que exista una falla potencial claramente definida y un intervalo P-F claramente identificable.
- Que la tarea se realice a una frecuencia menor que el intervalo P-F más corto

- **Tareas de reacondicionamiento cíclico y tareas de sustitución cíclica**

Estas tareas se agrupan a su vez en la categoría de preventivas, e incluyen las acciones en las cuales los equipos son reparados o sus componentes reemplazados a frecuencias determinadas, independientemente de su estado en ese momento. En el diagrama de decisión corresponden al segundo y tercer nivel respectivamente.

La norma SAE establece los criterios para este grupo de tareas en los numerales 5.7.3 y 5.7.4 y considera que se tengan en cuenta:

- Debe ser posible definir claramente una edad en la que hay un incremento en la probabilidad condicional de falla para el modo de falla analizado.
- Una cantidad significativa de fallas (del modo de falla analizado) debe ocurrir después de esta edad para lograr reducir la probabilidad de falla a un nivel tolerable.

Este orden implica que para llegar a una tarea de sustitución cíclica primero debe demostrarse que no es posible encontrar una tarea adecuada de tipo basado en condición ni de reacondicionamiento cíclico; este enfoque está basado en el entendimiento de que la mayoría de las fallas, de la mayoría de los activos, componentes y elementos son de tipo aleatorio; y por lo tanto muchas tareas cíclicas no son correspondientes con este comportamiento.

Una gran ventaja de RCM2 es el modo en que provee criterios simples, precisos y fáciles de comprender para decidir (si hiciera falta) qué tarea sistemática es técnicamente posible en cualquier contexto, y si fuera así para decidir la frecuencia con la que se debe ejecutar y quien debe de hacerlo.

Si las tareas hasta el nivel 3 no son técnicamente factibles, entonces se debe tomar una “acción a falta de” apropiada y que en RCM pueden ser:

- **Tareas de búsqueda de fallas:**

Consisten en comprobar las funciones no evidentes de forma periódica para determinar si ya han fallado. También se conocen como tareas detectivas y aplican para funciones de protección. Aunque no consideran tareas proactivas si son periódicas pues se aplican con una frecuencia definida por la tolerabilidad al riesgo de falla del dispositivo de protección.

La norma SAE JA1011 presenta los siguientes criterios a cumplir para este tipo de tareas en el numeral 5.7.5.

5.7.5	FAILURE-FINDING TASKS—Any failure-finding task that is selected shall satisfy the following additional criteria (failure-finding does not apply to evident failure modes):
5.7.5.1	The basis upon which the task interval is selected shall take into account the need to reduce the probability of the multiple failure of the associated protected system to a level that is tolerable to the owner or user of the asset.
5.7.5.2	The task shall confirm that all components covered by the failure mode description are functional.
5.7.5.3	The failure-finding task and associated interval selection process should take into account any probability that the task itself might leave the hidden function in a failed state.
5.7.5.4	It shall be physically possible to do the task at the specified intervals.

Si no se puede encontrar una tarea de búsqueda de fallas que reduzca el riesgo de falla a un nivel bajo aceptable, entonces la acción “a falta de” secundaria sería que el activo o los procesos deben **rediseñarse**. En la norma SAE JA1011 esta categoría se denomina cambios de única ejecución y su decisión depende del tipo de consecuencia.

Finalmente, se presenta en el último nivel la opción de **ningún mantenimiento periódico** y que aplica para aquellas causas de falla que no son prevenibles, predecibles o detectables, sino que requieren acciones de mitigación de consecuencias. Este resultado no significa que no se realizará nada, implica que no son tareas a incluir en el plan de mantenimiento, sino que el modo de falla será gestionado a través de acciones como entrenamientos, procedimientos o repuestos.

El diagrama de decisión y el orden lógico de análisis es uno de los grandes aportes de la metodología, pues permite construir planes de mantenimiento responsables, defendibles y auditables, al contar con un soporte para sustentar el origen de cada tarea, que va más allá de la experiencia o de la opinión.

Para ilustrar cómo debe llevarse a cabo este proceso, se continuará con el caso analizado; el problema con el enfoque utilizado es la inadecuada definición de los modos de falla, en algunos casos se mezclan dos o varios en uno solo pero que tienen diferentes comportamientos y así mismo requieren estrategias independientes.

También se identificó que se sugieren varias tareas para un solo modo de falla especialmente en las de tipo basado en condición; cómo se mencionó previamente, debe seleccionarse aquella que sea técnicamente factible, merezca la pena y que proporcione un intervalo P-F adecuado para intervenir oportunamente.

En otros casos se proponen tareas preventivas para fallas que no son cíclicas y por lo tanto representan un desperdicio de recursos. En la última columna de la tabla se sugieren las tareas que corresponden con el diagrama de decisión de acuerdo con la información disponible.

Modo de falla incorrecto	Evaluación de consecuencias incorrecto	Tarea a realizar incorrecta
Rodamientos de la cámara de empuje frenados	TC (CBM)	Monitoreo y análisis de Vibraciones Cámara de Empuje Inspección y Análisis de Termografía a Cámara de Empuje Frecuencia: Trimestral

Modo de falla correcto	Evaluación de consecuencias correcto		Tarea a realizar correcta
Rodamientos de la cámara de empuje gastados	¿Es evidente?	Si	Inspeccionar los rodamientos la cámara de empuje mediante análisis de vibraciones, si la vibración excede cualquiera de los valores permitidos en los espectros de frecuencias de los rodamientos, reportar para programar cambio Frecuencia: 84 días
	¿Afecta la seguridad?	No	
	¿Afecta el medio ambiente?	No	
	¿Afecta la capacidad operacional?	Si	
	¿Es técnicamente factible y merece la pena realizar una tarea a condición?	Si	

Modo de falla incorrecto	Evaluación de consecuencias incorrecto	Tarea a realizar incorrecta
Sello mecánico deteriorado / Desalineamiento de ejes	TC (CBM)	Monitoreo y análisis de Vibraciones Motor - Bomba. Frecuencia: Trimestral

Modo de falla correcto	Evaluación de consecuencias correcto		Tarea a realizar correcta
Sello mecánico de la bomba gastado	¿Es evidente?	Si	Inspeccionar las lecturas de las presiones en los manómetros de los lados de succión y descarga de la bomba, si el diferencial de presión es mayor a XX psi, reportar para programar revisión del sello mecánico. Frecuencia: 28 días
	¿Afecta la seguridad?	No	
	¿Afecta el medio ambiente?	No	
	¿Afecta la capacidad operacional?	Si	
	¿Es técnicamente factible y merece la pena realizar una tarea a condición?	Si	

Modo de falla incorrecto	Evaluación de consecuencias incorrecto	Tarea a realizar incorrecta
Sello mecánico deteriorado / Desalineamiento de ejes	TC (CBM)	Monitoreo y análisis de Vibraciones Motor - Bomba. Frecuencia: Trimestral

Modo de falla correcto	Evaluación de consecuencias correcto		Tarea a realizar correcta
Sello mecánico de la bomba mal instalado	¿Es evidente?	Si	Ningún mantenimiento periódico Rediseño: realizar procedimiento de instalación del sello mecánico de la bomba de inyección de agua tratada
	¿Afecta la seguridad?	No	
	¿Afecta el medio ambiente?	No	
	¿Afecta la capacidad operacional?	Si	
	¿Es técnicamente factible y merece la pena realizar una tarea a condición?	No	
	¿Es técnicamente factible y merece la pena realizar una tarea de reacondicionamiento cíclico?	No	
Línea de lubricación de las caras del sello mecánico obstruida por sólidos disueltos en el agua	¿Es evidente?	Si	Inspeccionar la cámara de sellado y sus líneas de lubricación mediante un análisis de termografía, si la temperatura de la cámara de sellado excede XX°C reportar para programar revisión del sello y revisión de las líneas de lubricación. Frecuencia: 28 días
	¿Afecta la seguridad?	No	
	¿Afecta el medio ambiente?	No	
	¿Afecta la capacidad operacional?	Si	
	¿Es técnicamente factible y merece la pena realizar una tarea a condición?	Si	

Modo de falla incorrecto	Evaluación de consecuencias incorrecto	Tarea a realizar incorrecta
Sello mecánico deteriorado / Desalineamiento de ejes	TC (CBM)	Monitoreo y análisis de Vibraciones Motor - Bomba. Frecuencia: Trimestral

Modo de falla correcto	Evaluación de consecuencias correcto		Tarea a realizar correcta
Ejes mal alineados	¿Es evidente?	Si	Ningún mantenimiento periódico Rediseño: realizar procedimiento de alineación de la bomba de inyección de agua tratada
	¿Afecta la seguridad?	No	
	¿Afecta el medio ambiente?	No	
	¿Afecta la capacidad operacional?	Si	
	¿Es técnicamente factible y merece la pena realizar una tarea a condición?	No	
	¿Es técnicamente factible y merece la pena realizar una tarea de reacondicionamiento cíclico?	No	
Pernos de sujeción de la bomba flojos	¿Es evidente?	Si	Inspeccionar la bomba mediante análisis de vibraciones, si la vibración excede cualquiera de los valores permitidos en los espectros de frecuencias, reportar para diagnosticar el problema y programar revisión de la alineación radial ya axial de la bomba y el motor. Frecuencia: 84 días
	¿Afecta la seguridad?	No	
	¿Afecta el medio ambiente?	No	
	¿Afecta la capacidad operacional?	Si	
	¿Es técnicamente factible y merece la pena realizar una tarea a condición?	Si	

Modo de falla incorrecto	Evaluación de consecuencias incorrecto	Tarea a realizar incorrecta	Modo de falla correcto	Evaluación de consecuencias correcto		Tarea a realizar correcta
Radiador fisurado o con incrustaciones internas	SC (PVO)	Limpieza general del radiador Verificación de puntos de fuga en el radiador (accesorios, mangueras y estructura). Frecuencia: Trimestral	Radiador fatigado	¿Es evidente?	Si	Inspeccionar la estanqueidad del radiador con un kit de pruebas de presión de radiadores, si se encuentran perdidas de hermeticidad o fugas reportar para cambiar el radiador Frecuencia: 84 días
				¿Afecta la seguridad?	No	
				¿Afecta el medio ambiente?	Si	
				¿Es técnicamente factible y merece la pena realizar una tarea a condición?	Si	
			Conexiones de las mangueras y accesorios del radiador flojas	¿Es evidente?	Si	Inspeccionar visualmente el área de los radiadores, mangueras, conexiones y accesorios, si se encuentran fugas externas reportar para programar la corrección Frecuencia: 28 días
				¿Afecta la seguridad?	No	
				¿Afecta el medio ambiente?	Si	
				¿Es técnicamente factible y merece la pena realizar una tarea a condición?	Si	
			Radiador obstruido con incrustaciones internas	¿Es evidente?	Si	Limpiar externa e internamente el radiador con desincrustante Frecuencia: 84 días
				¿Afecta la seguridad?	No	
				¿Afecta el medio ambiente?	No	
				¿Afecta la capacidad operacional?	Si	
¿Es técnicamente factible y merece la pena realizar una tarea a condición?	No					
¿Es técnicamente factible y merece la pena realizar una tarea de reacondicionamiento cíclico?	Si					

Modo de falla incorrecto	Evaluación de consecuencias incorrecto	Tarea a realizar incorrecta
Daño en componentes internos (condensadores / IGBT, etc)	TC (CBM)	Análisis e Inspección de termografía del Variador de Frecuencia.

Modo de falla correcto	Evaluación de consecuencias correcto		Tarea a realizar correcta
Variador de frecuencia falla	¿Es evidente?	Si	Ningún mantenimiento periódico Rediseño: mantener en almacén variador de frecuencia XX, NP: XXXXXXXX
	¿Afecta la seguridad?	No	
	¿Afecta el medio ambiente?	No	
	¿Afecta la capacidad operacional?	Si	
	¿Es técnicamente factible y merece la pena realizar una tarea a condición?	No	
	¿Es técnicamente factible y merece la pena realizar una tarea de reacondicionamiento cíclico?	No	
Conexiones del variador de frecuencia flojas	¿Es técnicamente factible y merece la pena realizar una tarea de sustitución cíclica?	No	Inspeccionar el variador de frecuencia mediante análisis termográfico, si la temperatura es mayor a XX°C, reportar para programar revisión de las conexiones y del variador
	¿Es evidente?	Si	
	¿Afecta la seguridad?	No	
	¿Afecta el medio ambiente?	No	
	¿Afecta la capacidad operacional?	Si	
	¿Es técnicamente factible y merece la pena realizar una tarea a condición?	Si	

Modo de falla incorrecto	Evaluación de consecuencias incorrecto	Tarea a realizar incorrecta	Modo de falla correcto	Evaluación de consecuencias correcto		Tarea a realizar correcta
Daño en componentes internos (condensadores / IGBT, etc)	TC (CBM)	Análisis e Inspección de termografía del Variador de Frecuencia.	Conexiones del variador de frecuencia mal apretadas	¿Es evidente?	Si	Ningún mantenimiento periódico
				¿Afecta la seguridad?	No	
				¿Afecta el medio ambiente?	No	
				¿Afecta la capacidad operacional?	Si	
				¿Es técnicamente factible y merece la pena realizar una tarea a condición?	No	
				¿Es técnicamente factible y merece la pena realizar una tarea de reacondicionamiento cíclico?	No	
				¿Es técnicamente factible y merece la pena realizar una tarea de sustitución cíclica?	No	

Cómo se demostró a lo largo de todas las entregas de este artículo, el proceso de RCM sigue un orden claramente establecido y que necesita ser aplicado en su totalidad para poder alcanzar los objetivos; no debería ser negociable saltarse pasos o abreviar con el afán de acelerar los resultados. Cada vez que se hace esto se aumenta el riesgo y se reducen las probabilidades de estar mejor preparados.

## BIBLIOGRAFÍA

---

JA1011\_199908: Evaluation criteria for Reliability-Centered Maintenance (RCM) processes - SAE international. (s/f). Sae.org, de [https://www.sae.org/standards/content/ja1011\\_199908/](https://www.sae.org/standards/content/ja1011_199908/)

JA1012\_201108: A Guide to the Reliability-Centered Maintenance (RCM) Standard - SAE international. (s/f). Sae.org, de [https://www.sae.org/standards/content/ja1012\\_201108/](https://www.sae.org/standards/content/ja1012_201108/)

Moubray, J. (2004). Reliability Centered Maintenance (2a ed.). Aladon.

Pérez J, Carlos. (2020). Recomendaciones para la aplicación de RCM2. Soporte y Compañía S.A.S.

*Todos los derechos de autor reservados corresponden a Soporte y Compañía S.A.S. Ninguna parte de este artículo se puede reproducir, traducir, transmitir, distribuir, exhibir, divulgar, almacenar o explorar en un sistema de recuperación para cualquier propósito, en cualquier forma, o por ningún medio, electrónico o mecánico, incluyendo la fotocopia y la registración, sin el permiso escrito expreso de Soporte y Compañía S.A.S. La infracción de dichos derechos puede constituir un delito contra la propiedad intelectual.*

**SI DESEA CONOCER MÁS INFORMACIÓN SOBRE CÓMO  
APLICAR CORRECTAMENTE ESTA METODOLOGÍA Y OBTENER  
BUENOS RESULTADOS, LO INVITAMOS A VISITAR NUESTRA  
PÁGINA WEB:**

**[WWW.SOPORTEYCIA.COM](http://WWW.SOPORTEYCIA.COM)**