

LA CREATIVIDAD EN ACCIÓN: TRIZ, SIX SIGMA Y RCM. ENTRE EL RETO INNOVADOR Y LA NECESIDAD INDUSTRIAL¹

LUIS FELIPE SEXTO

Management Consultant

Quality.Creation@gmail.com / <http://luisfelipesexto.blogia.com>

El artículo propone un acercamiento a la satisfacción de las necesidades de mantenimiento en la industria, a través de la conjunción de la Teoría de Problemas de Inventiva (TRIZ) y Six Sigma, como parte de un proceso de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM). Propone abrir el horizonte más allá de los esquemas hasta ahora trabajados para ser consecuentes con el principio de mejora continua como necesidad y condición para la innovación y el progreso organizacional y la responsabilidad social.

La Teoría de Resolución de Problemas de Inventiva (**TRIZ**), Six Sigma (**6σ**) y el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (**RCM**) son también tecnologías capaces de ofrecer, en su conjunto, una promesa de desarrollo, pero no capacidad de decisión, ni creatividad, ni iniciativa, ni confiabilidad, ni menos aún asegurar la competitividad. El hecho de que se utilicen teorías, métodos y estrategias no significa que seamos capaces de obtener un resultado aceptable al hacer el balance para nuestros fines. Todavía menos, si dichas tecnologías se convierten en un fin en sí mismas y las estrategias bien estructuradas, pero desenfocadas, se conciben para un corto plazo. Consideremos que las tecnologías aportan ingredientes vitales, necesarios pero no suficientes.

En el mundo de la ingeniería y la gestión empresarial se tratan de resolver problemas constantemente –con malos, regulares y buenos resultados– sean tanto de índole puramente técnica como gerencial. Esto se hace con el sentido de hacer la empresa sostenible, productiva, competitiva con procesos más **eficientes** y **eficaces**, o simplemente para sobrevivir, todo lo que confiere un carácter de exigencia innovadora a la actividad empresarial. En este sentido las organizaciones que entran el selecto grupo que de las calificadas como “**que aprenden**” son una mezcla *estructura-capital humano* con un enfoque marcadamente creativo, apoyado por la aplicación de principios, actitudes y aptitudes y valores necesarios para primero llegar a *identificar* los problemas y luego a intentar *solucionarlos* con aceptables probabilidades de éxito.

En este contexto se presenta y desarrolla la Teoría de Resolución de Problemas de Inventiva (**TRIZ**) derivada de las generalizaciones del estudio de millones de patentes e inventos que han conducido a la enunciación de una serie de regularidades manifiestas en casos diferentes y que se han sintetizado en forma de principios y normas aplicables a procesos de creación –no importa si de elementos físicos concretos o flujos ideacionales para la gestión.

En este trabajo se intentará relacionar los principios de **inversión**, **segmentación**, y **acción anterior** de **TRIZ** con las prácticas cotidianas del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (Reliability Centered Maintenance, **RCM** según su sigla en inglés).

El principio de **segmentación** (segmentation) como su nombre indica es la separación, repetición de pequeñas partes que cumplen la función de una sola gran parte, pero como es de esperar con una mayor capacidad de compartimentación y flexibilidad, lo que confiere a la aplicación específica atributos adicionales. Por su parte el principio de **acción anterior** (*prior action*) recomienda realizar una acción requerida (parcialmente o completamente) de antemano, con el fin que pueda entrar en acción desde la posición más ventajosa y sin retrasos. En el avance del trabajo se irán explicando ejemplos de aplicación y analogías de estos principios vistas desde el **RCM**.

El principio de **inversión** (inversion) se destaca por el hecho de hacer algo opuesto a lo que se hace para obtener un resultado con atributos equivalentes o diferentes con alguna ventaja manifiesta y deseada, según sea la necesidad y/o la intención. En esencia el **ciclo de la calidad** es un exponente del *principio de inversión* en la práctica gerencial. El **ciclo de la calidad**, basado en las ideas de Taylor, esbozado por Shewhart, atribuido a Deming y modificado finalmente por Ishikawa en seis pasos, continua siendo el esquema básico para proceder en pos del control y la mejora de la calidad y es referenciado como “*ciclo Deming*” en las normas de gestión de la calidad de la familia ISO 9000: 2000. En opinión del autor, Deming amerita ser aquel que más lo difundió, pero no sería exacto ni justo atribuírselo por esa razón.

La gestión de la calidad exige a las organizaciones un proceso que se rija por el tránsito de los viejos paradigmas a los nuevos a través de la **inversión**, al demandar prácticas, pensamientos y actitudes diferentes y en muchos casos contrarias a las impuestas por la tradición y las prácticas cotidianas, ver **figura 1**. Evidentemente, este tránsito se presenta hartamente complejo cuando se trata de modificar el pensamiento y comportamiento de la personalidad colectiva de una organización.

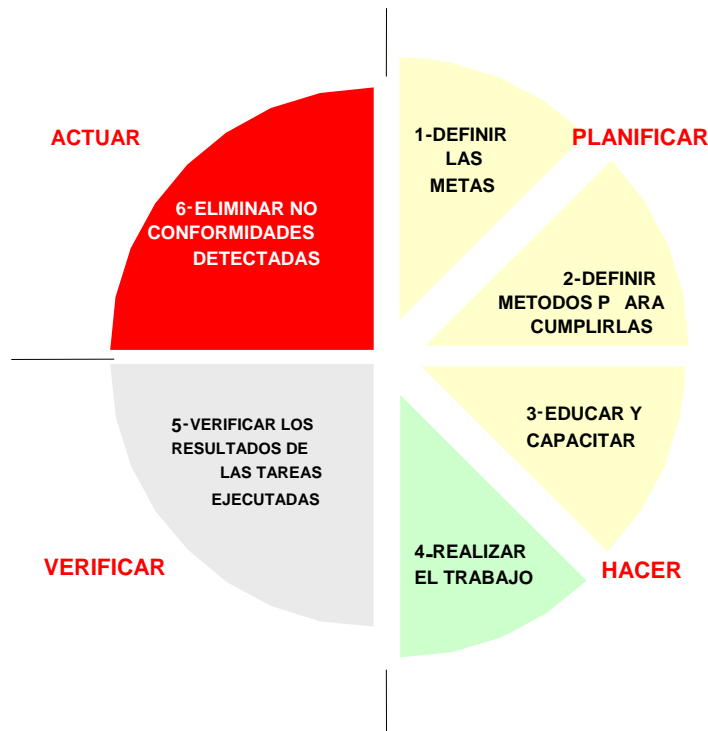


Figura 1. El ciclo de la calidad, un ejemplo de aplicación de la inversión en la gestión.

En particular, el autor quisiera resaltar la vinculación existente entre la metodología **TRIZ** y aquella del **RCM**. Este último de aparición en los años 60, casi una década posterior a los inicios de **TRIZ**. Sin embargo, la tecnología del **RCM** requiere esencialmente la creatividad y la innovación para aportar sus resultados en la compleja misión de mantener haciendo lo que se quiere que hagan los diferentes actores de los escenarios industriales (procesos, sistemas, máquinas, herramientas, componentes, dispositivos de seguridad). Para ello, se vale del conocimiento y la capacidad innovadora que pueda ser extraída y gestionada de las personas que están vinculadas al lugar y campo donde se aplique.

EL PROCESO RCM

El objetivo supremo de un proceso de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad es mantener las **funciones** de los sistemas al nivel de rendimiento deseado, dado un determinado **contexto operacional**. En este caso lo que se denomina *contexto operacional* constituye una fuente de variación de las condiciones reales de operación que puede llegar a ser altamente variable e imprevisible para los que diseñan y fabrican los sistemas, por tanto la mayor responsabilidad se deja a los que operan y mantienen los activos industriales. El contexto operacional es una variable que puede superar con creces el **uso previsto** y aún así el **RCM** tendría el sentido y la misión de garantizar el cumplimiento de las funciones reestructurando el campo de operación de sus activos en una organización y condiciones dadas.

El **RCM** es una metodología consistente que obtiene como resultado relevante las tareas de mantenimiento a nivel de **modo de fallo**, que aseguran el cumplimiento de las funciones de los sistemas, observese que deliradamente afirmo que se mantienen las **funciones** de los sistemas y no que se mantienen a los sistemas *per se*.

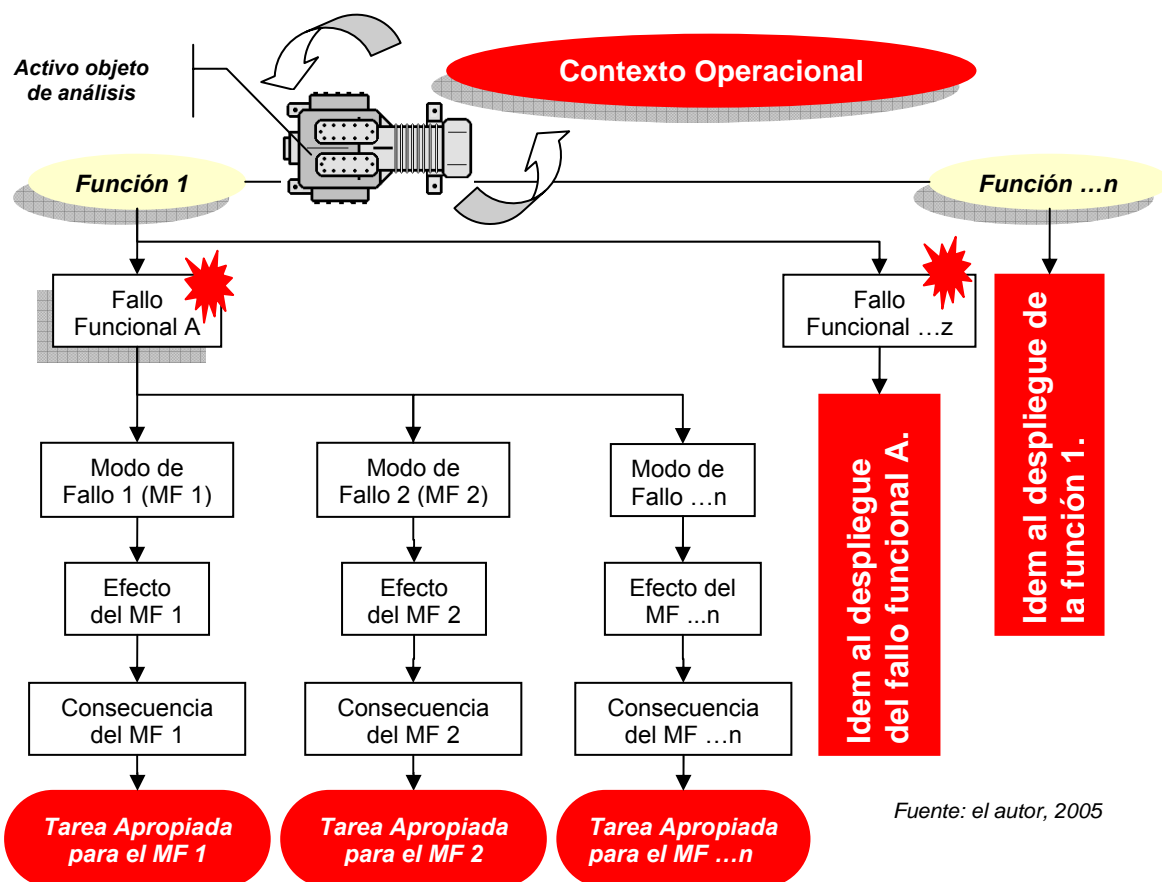
Los modos de fallos son aquellos eventos que se consideran las causas que desencadenan los fallos en las funciones de los activos (**fallos funcionales**), sistema o proceso que se analice. Es decir, las diferentes razones técnicas y humanas que pueden llevar a un estado de incumplimiento, ya sea total o parcial, de la misión deseada. De ahí la relevancia de su identificación y análisis.

Por supuesto, las cosas no se quedan ahí. El proceso **RCM** exige describir los **efectos** de suceder cada uno de los **modos de fallos**. Posteriormente, se analiza la **importancia** de cada modo de fallo. Con esto finaliza la parte inicial del proceso **RCM** y se evalúan y proponen las tareas de mantenimiento, que deben ser posibles de realizar y que debe valer la pena hacerlas (hablamos de los criterios de **factibilidad técnica** y **sostenibilidad** de las tareas que se propongan que determinarán si se trata o no de una **tarea apropiada**).

RCM considera cuatro categorías de consecuencias de ocurrir un modo de fallo dado y de esa manera mide la importancia de los mismos. En orden de prioridad se identifican: consecuencias

para la seguridad, el medio ambiente, la operación y las denominadas consecuencias no operacionales (está última sólo se relaciona con el costo de reparación). En función de la consecuencia preponderante que pueda tener un modo de fallo, existirá un camino lógico para proponer la **tarea proactiva o alternativa** que lo gestione para intentar eliminar o minimizar dichas consecuencias. Una tarea de mantenimiento puede ser una *restauración*, una *sustitución*, una *inspección* o una *modificación*. Esta última es la tarea de mantenimiento que posee más probabilidades de ser, en sí misma, una innovación al sistema donde se aplique.

Cada modo de fallo considerado tendrá que tener una tarea para gestionarlo. Las tareas pueden incorporar elementos importantes derivados de los principios de *segmentación* (incorporación de redundancias), *acción anterior* (tareas preventivas) e *inversión* (aplicación de acciones opuestas a lo que impone la tradición o el pensamiento lineal). Las tareas se acompañan de una frecuencia inicial de ejecución y de la identificación del responsable (persona, área) de ejecutarla. En la **figura 2** se resume la lógica básica del análisis **RCM** una vez que se ha seleccionado un sistema, lo que supone un **análisis sistémico**, para identificar los elementos a analizar y un **análisis de criticidad** previo, para jerarquizarlos, según su importancia.



Fuente: el autor, 2005

Figura 2. Esquema elemental de análisis de un proceso RCM para activo o sistema elegido.

En la **figura 3** se expone la idea general del proceso **RCM** demostrando ser una metodología no sólo capaz de determinar prioridades y soluciones a los problemas derivados del mantenimiento de los procesos, sistemas, activos de la industria en general, sino que se presenta como capaz de identificar y caracterizar esos problemas para finalmente aportar a cada uno alguna respuesta que pueda eliminar, minimizar o aconseje incluso la ocurrencia de determinados modos de fallo, si fuera conveniente. En la norma SAE JA1011: 1999, como es conocido, se establecen una serie de criterios para tratar de uniformar lo que pudiera denominarse proceso RCM, donde quiera que se aplique y establecer una referencia que aporte luz ante la avalancha de procesos que se denominan RCM pero que en esencia no lo son.

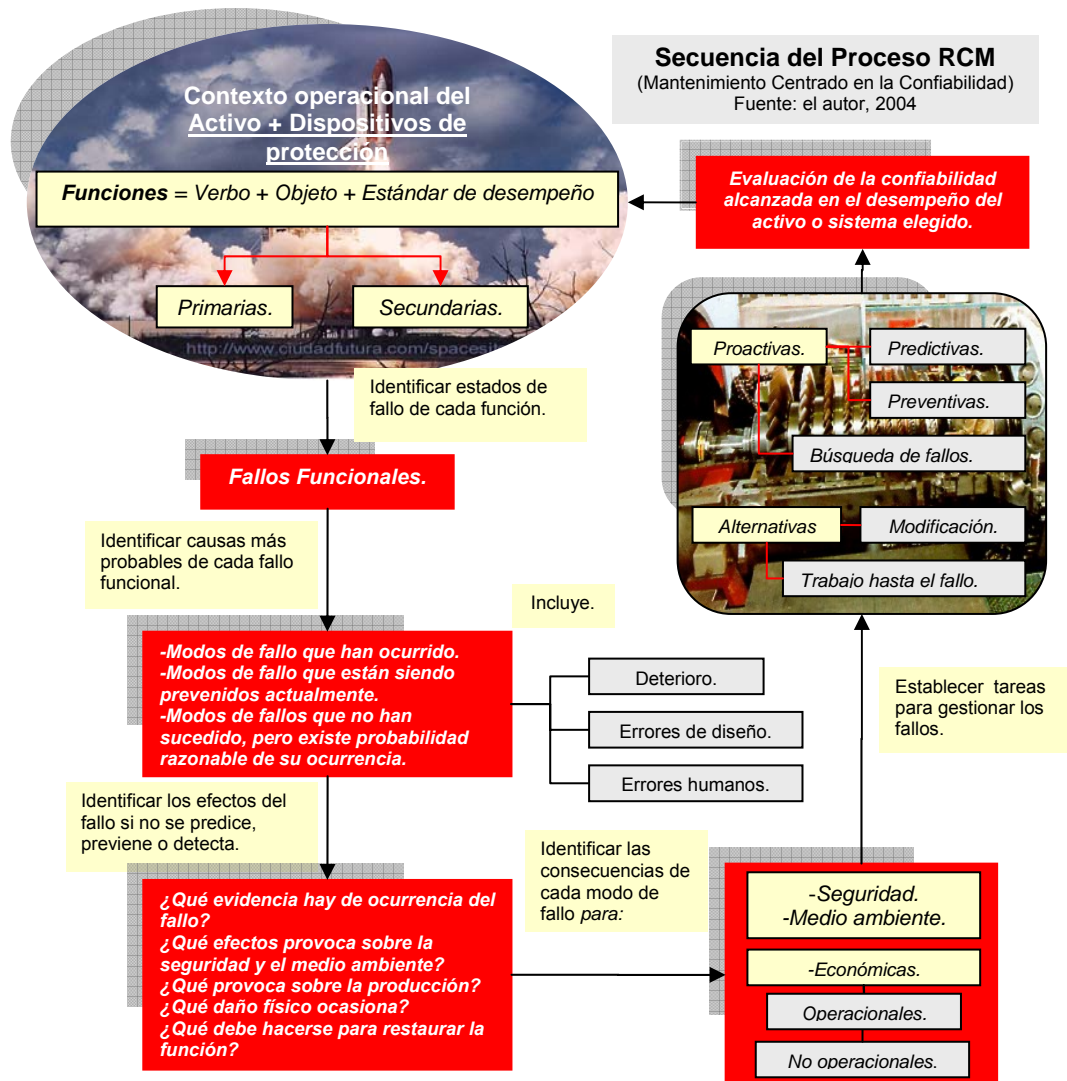


Figura 3. Flujo general del RCM. Metodología para la identificación, prevención y corrección de problemas, fallos y errores humanos.

Preciso es reconocer que una **reparación**, una **sustitución** o una **modificación** no tienen que necesariamente devolver al activo o sistema, un nivel de confiabilidad igual, o presumiblemente superior, al que tenía cuando nuevo. Existen diferentes estados en que puede quedar un activo (hablamos de su capacidad de cumplir con su función) después de labores preventivas o correcciones. Estos estados son:

1. Tan bueno como nuevo.
2. Mejor que antes de fallar, pero peor que nuevo.
3. Mejor que nuevo.
4. Tan malo como antes de fallar.
5. Peor que antes de fallar.

Corresponderá determinar objetivamente en qué situación ha quedado el activo objeto de intervención, luego de haber restaurado nuevamente su función. De la seriedad de este análisis dependerá la evaluación precisa de la **confiabilidad en el contexto** sin la creación de falsas expectativas de desempeño. Un proceso de aplicación de **TRIZ** (o **Six Sigma**), combinado con **RCM** deberá caracterizar el nuevo estado en que presenta al sistema luego de haber realizado modificaciones sobre él.

A continuación se presenta un *simplificado* ejemplo de la primera fase del proceso **RCM** realizado a un **sistema de Gas-Recirculación** de una empresa procesadora de níquel. Como se puede ver en la **tabla 1** se analiza sólo el primer modo de fallo (1A1) perteneciente al **fallo funcional A** de la función principal (**función 1**) identificada que debe cumplir el sistema. En el caso del ejemplo descrito, se podrían agregar y completar otras dos funciones como: 2-Mantener la

hermeticidad del sistema y 3-Proteger al sistema contra “xyz”...Está misma lógica habría que aplicarla para cada una de las funciones que se determinen.

Tabla 1. Mini ejemplo de la Hoja de Información de un proceso RCM.

Funciones	Fallos Funcionales	Modos de Fallo	Efectos	Consecuencia
1-Recircular gases combustibles de salida, desde la parte superior del horno vertical hasta la parte intermedia del horno, asegurando la mezcla adecuada de aire fresco (12000 SCFM) y una temperatura tolerada de los gases que oscila entre 240 °C y 280 °C.	A-No recirculan los gases.	1-Fallo en el sistema de control de válvulas.	Las válvulas no responden. El operador se da cuenta que no hay flujo y cuenta con tres minutos para apagar el horno. De no actuar, una vez pasado ese tiempo, el sistema automático desconecta el horno vertical. La parada del horno es de una hora. El tiempo promedio de la reparación es de media hora. Puede provocar una pérdida operacional ascendente a 2000 U\$/h. El costo de reparación es de aproximadamente U\$D 50.	Operacionales preponderantemente.

INTEGRANDO SIX SIGMA AL RCM

Por otra parte, la implementación de **Six Sigma** con la preparación de Master Black Belt, Black Belt, Brown belt, green belt Plus, potencia enormemente la capacidad de realización de mejoras y proyectos de modificación dentro de un enfoque de **RCM**. Con el arsenal de **Six Sigma** es posible realizar modificaciones en los sistemas y procesos impactando su **confiabilidad inherente** y que esto se traduzca en el desempeño deseado a nivel de **confiabilidad en el contexto**. En la **figura 4**, empleando información de un proyecto **six sigma**, se desarrolla a modo de brindar sólo la idea que domina el enfoque del **RCM**.

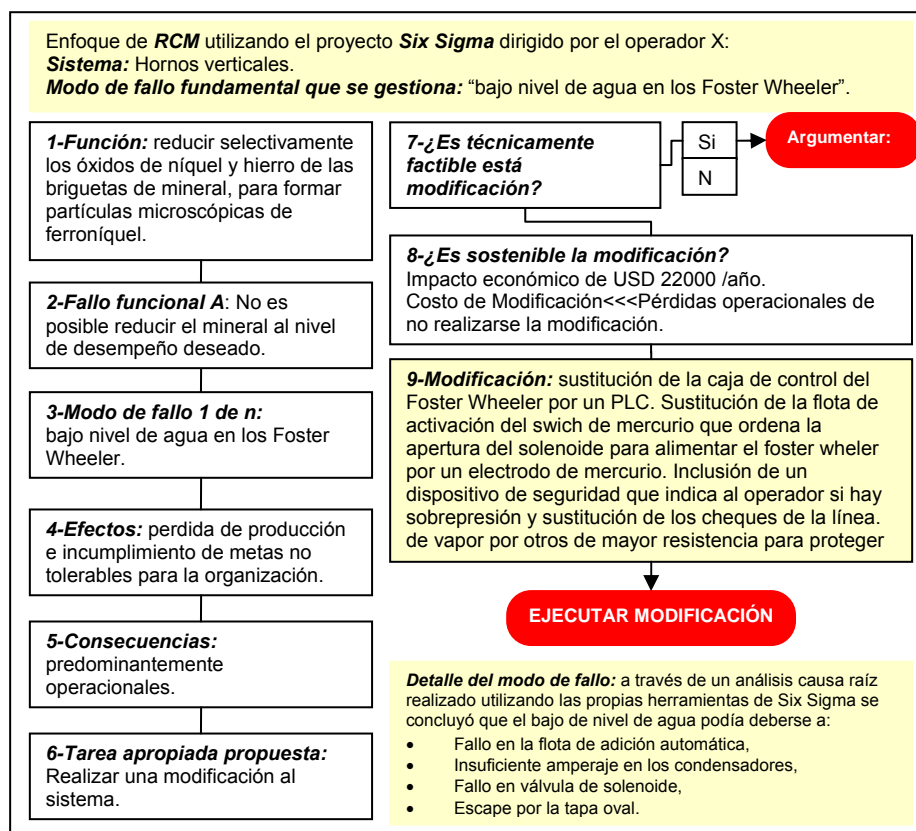


Figura 4. Enfoque desde el RCM partiendo de un proyecto Six Sigma.

Como detalle relevante, se debe observar la eficacia del proyecto bajo el enfoque de **six sigma** y también que se trata de la solución para gestionar **un sólo modo de fallo** desde el punto de vista

se reflejará explícitamente en las **tecnologías** que se utilicen que den cada vez más espacio a los procesos creativos que lleven a *la identificación y solución de problemas* y, más que todo, a *la prevención de problemas*. Si importantes son los **expertos en resolver problemas**, a juicio del autor, más importante son los **expertos en anticiparse, prevenir, predecir los problemas** y sus respectivas consecuencias.

CONCLUSIONES

El proceso de **RCM** no sólo representa la plataforma que aporta las soluciones técnicas para determinar los requerimientos de mantenimiento de los sistemas tecnológicos, para que continúen o mejoren las funciones que se desea y se necesita sean cumplidas, sino que identifica y jerarquiza los problemas según su importancia, facilitando el proceso de sus posibles variantes de solución.

También, y no menos importante, el **RCM** aporta los elementos para decidir cuáles problemas es más conveniente permitir que ocurran y no evitarlos, dado que acepta y propone la idea que para determinadas condiciones y contextos operacionales, no siempre resulta apropiada la solución de algunos problemas que se presentan, aún existiendo soluciones para enfrentarlos.

No es posible el éxito del **RCM**, ni de ninguna estrategia de desarrollo que tribute a la calidad, sin una dirección que prevea la conservación y el crecimiento del conocimiento de la organización.

Es perfectamente posible aplicar otras tecnologías de desarrollo creativo en combinación con **RCM**, tales son los casos comentados de **TRIZ** y **Six Sigma**, que constituyen herramientas del pensamiento que promueven el pensamiento creativo y la innovación. Ah, innovación, ¡cuanto te necesitamos! ▲

BIBLIOGRAFÍA

1. Sexto, Luis F.: *Nivel de calidad Seis Sigma: paradigma del mantenimiento a sistemas críticos*. **Proceedings** del 4. Congreso Peruano de Ingeniería de Mantenimiento. Lima, Perú, 2004.
2. Sexto, Luis F.: *Estrategias y métodos hacia un mantenimiento de clase mundial*. **Proceedings** del seminario internacional de mantenimiento. Arequipa, Perú, 23-25 de febrero de 2005.
3. Sexto, Luis Felipe. *La creatividad en acción, TRIZ y RCM entre el reto innovador y la necesidad industrial*. **Proceedings** del Primer Congreso Iberoamericano de Innovación Tecnológica, Puebla, México (4 al 7 de septiembre, 2006).
4. Sexto, Luis Felipe. *Elementos de la aplicación piloto de los principios del RCM. Un caso de estudio*. **Proceedings** del IV congreso cubano de Ingeniería de Mantenimiento, La Habana, Cuba (28 nov al 1 diciembre de 2006).
5. SAE JA 1011: 1999. *Evaluation criteria for Reliability Centered Maintenance (RCM) Processes*.

¹ Una versión de este artículo ha sido publicada por la Revista **MANTENIMIENTO**, revista de la Asociación Española de Mantenimiento (AEM), noviembre de 2007, número. 209 (ISSN-0214-4344).