

# MODELO DE IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO ASISTIDO POR COMPUTADOR

Ing. MC José Sobrino Zimmermann  
Alpha Manufacturas SAC  
jose.sobrino@alphamanufacturas.com  
Lima-Perú

## Resumen

Este artículo presenta nuestra experiencia en el desarrollo de un software<sup>1</sup>, basado en el conocimiento adquirido en más de 20 años de trabajo en la gestión de mantenimiento. El resultado es una aplicación integral y flexible para una implementación exitosa de un programa de Gestión de Mantenimiento asistido por computadora que abrirá una ventana de oportunidades a las empresas que desean bajar costos a través de la estandarización de sus procesos, la confiabilidad de sus equipos y el crecimiento profesional de sus colaboradores.

## Antecedentes

Los CMMS acrónimo de *computerized maintenance management System* o en sus siglas en español GMAO acrónimo de *Gestión de mantenimiento asistido por ordenador*, es una herramienta de software que soporta los procesos de gestión de mantenimiento de un negocio o empresa.

Para empezar a hablar de los CMMS, veamos en qué etapa de la historia industrial aparecieron y cuáles fueron sus aportes, limitaciones y beneficios en cada etapa.

Los CMMS empezaron a desarrollarse en los años 60, cuando las computadoras aun eran “mainframe” y aun no aparecían las famosas PC, y desde el inicio se crearon para ayudar a documentar, estandarizar y controlar procesos de mantenimiento.

Los primeros sistemas CMMS aparecieron en 1965, y sólo eran utilizados por grandes empresas. Actualmente el CMMS se ha

expandido y cambiado dramáticamente debido al rápido crecimiento de la informática y el Internet, haciendo que el CMMS sea accesible a pequeñas y medianas empresas.

A través de la historia podemos identificar los avances más importantes que han posibilitado que los CMMS sean más accesible, económicos y fácil de usar.

Con las nuevas tecnologías, los CMMS se han desarrollado con gran rapidez que la actual oferta muestra muchos productos con características diferentes, lo que hace necesario que antes de su compra se evalúe el contexto de cada empresa para elegir el más adecuado a su necesidad.

A lo largo de más de 50 años de evolución de los CMMS han sido grande, desde el punto vista de sus funcionalidades, flexibilidad, velocidad procesamiento, seguridad, facilidad de uso e integración. Pero a pesar del tiempo transcurrido aun vemos muchas empresas pequeñas, medianas y hasta grandes empresas con problemas de implementación y de resultados que no justifican la inversión realizada en estas herramientas.

## Problema

Actualmente más del 80% (dato obtenido de nuestra experiencia como auditores de sistemas de gestión de mantenimiento durante 15 años) de las empresas que usan algún CMMS solo obtienen un rendimiento por debajo del 60% de lo que el proveedor de la aplicación le ofreció.

---

<sup>1</sup> AMSYS™ (Asset Management System)

A continuación, se enlistan el TOP 5 de los problemas más frecuentes en el uso y performance de un CMMS:

1. Funcionalidad inadecuada para soportar los procesos de gestión del mantenimiento.
2. Poca o ninguna funcionalidad de la herramienta para sostener procesos a nivel estratégico (Énfasis solo al nivel operativo).
3. Poca flexibilidad para adaptarse a los nuevos conceptos y normas de mantenimiento.
4. Información histórica de baja calidad en lo que corresponde a detalles de los trabajos realizados e historial de modos de falla.
5. Plataformas poco amigables y que toman mucho tiempo de adaptación para nuevos usuarios.

### **Modelo de Implementación**

La solución a este problema tiene dos aspectos:

- El referido al software y la tecnología empleada en su desarrollo, y
- La experiencia y conocimiento previo que el área posee en la gestión de mantenimiento

Lo novedoso de la solución propuesta es presentar un modelo de implementación que permita maximizar el resultado, no solo con el uso de nuestro software, sino que también se puede potenciar cualquier CMMS con el que la empresa ya cuenta.

El modelo de implementación tiene 8 pasos que se muestran en la Fig. N°1

El gráfico de la Fig. N°1 muestra el modelo estudiado y aplicado para la implementación y reestructuración de sistemas de mantenimiento asistido por computador.



Figura 1. Modelo de Implementación.

Como todo modelo actual, está basado en el ciclo PDCA, asegurando un ciclo de mejora continua que le permita sostenibilidad en el tiempo.

### **Paso 1 Auditoría**

El primer paso en el modelo es hacer un diagnóstico del estado actual del área de mantenimiento de la empresa a través de una auditoría.

Para aquellas empresas que requieran evaluar o mejorar su actual CMMS, la auditoría debe incluir la evaluación del desempeño de esta herramienta.

El proceso de implantación de una auditoría debe pasar por un conjunto de etapas siguiendo un orden lógico específico, en la Figura 2, se presenta un procedimiento básico de implantación de una auditoría [1].

Por limitaciones de espacio y tiempo, la auditoría solo se centrará en la evaluación del CMMS asumiendo que se trata de una empresa que ya cuenta con uno.

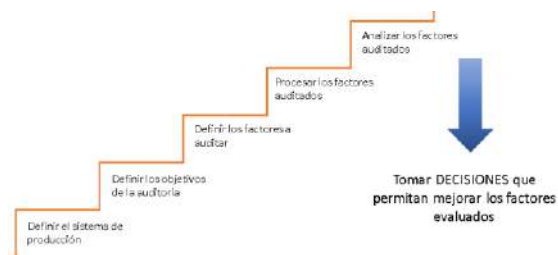


Figura 2. Modelo de auditoría.

**Definir el sistema de producción:** Par este caso especial la auditoria de enfocará solo en el CMMS o GMAO.

**Definir el objetivo de la auditoría:** El objetivo es evaluar la condición actual del software implementado e identificar las brechas funcionales y de uso que deben atacarse en un programa de reestructuración o implementación de otro software si la decisión final es reemplazarlo.

Los categorías o criterios que se plantean en la auditoria son:

**1. Funcionalidad:** Es el factor principal por el cual normalmente una empresa se interesa por comprar un producto. Debe ser evaluado directamente con las necesidades que parten de los flujos de procesos de mantenimiento o del modelo de gestión de mantenimiento implementado en la empresa.

C. Parra Márquez y A. Crespo Márquez en su libro [2], proponen un modelo de gestión del mantenimiento (MGM), el cual puede ser tomado como referencia para modelar las preguntas y procesar el factor de funcionalidad a evaluar.

Aunque lo ideal es evaluar la funcionalidad en contraste con modelo actual de gestión de mantenimiento que pueda tener el área, a falta de este modelo, podemos usar como guía el MGM de la Fig. 3.



Figura 3. Modelo del proceso de gestión del mantenimiento (MGM) (Crespo, 2007)

A continuación, se muestra un ejemplo de la evaluación de este factor en una empresa minera aurífera ubicada en la sierra del Perú.

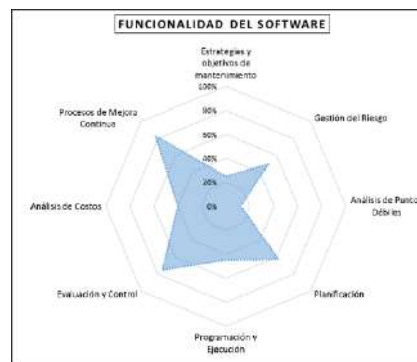


Figura 4. Gráfico tipo radar, que resultado de la evaluación del factor funcionalidad en una empresa de minería aurífera en Pataz-Perú.

**2. Flexibilidad:** Los actuales CMMS más competentes del mercado, ofrecen plataformas flexibles que se adaptan a los cambios generados por la organización de forma rápida y segura.

Los puntos evaluados en este factor se resumen en:

2.1 Soporte: Evalúa la posibilidad y la relación costo – beneficio de realizar cambios en la estructura del software, agregando funciones o mejorando algunas ya existentes.

2.2 Software: Evalúa la posibilidad de que exista una plataforma paralela a modo de prueba, donde se permita entrenar al personal o realizar pruebas de funcionamiento.

2.3 Hardware: Evalúa la posibilidad de operar el software en distintas plataformas tecnológicas de acuerdo a las necesidades del negocio. Podemos tomar como referencia los actuales perfiles de Industria 4.0.

**3. Facilidad de Uso:** Evalúa la facilidad con la que los usuarios navegan en la aplicación, realizando consultas en un tiempo optimo, evaluado por el número de transacciones totales que se pueden llegar a generar.

**4. Velocidad de Gestión de Datos:** Evalúa la capacidad de procesar grandes cantidades de datos, así como el soporte fuera del entorno local para consultas y uso por la internet

**5. Seguridad de Datos:** Preguntas relacionadas a los niveles de confianza en la adquisición y almacenamiento de datos en el sistema.

**6. Integración:** La integración del CMMS con otros módulos de la empresa que alimentan datos al sistema, como la logística, recursos humanos, contabilidad, finanzas, aplicaciones SCADA, etc.

Existen otras características que deben ser consideradas en la evaluación del CMMS, complementarias a las mostradas en este paso.

- Plataforma Web: sin duda una ventaja para ejecutar la aplicación desde cualquier parte del mundo en cualquier dispositivo móvil, sin necesidad de instalar.
- Modalidad multi usuarios: Hoy en día las organizaciones tienen sistemas de alto costo por licencia y usuario, lo que impide realizar una trazabilidad real de las acciones realizadas en el software.

- Seguridad: Sin duda una característica que todo sistema informático debería tener y certificarse para su venta.
- Fácil navegación: esta característica define la facilidad del usuario para realizar consultas básicas y personalizadas en la base de datos del sistema. Es muy común utilizar el sistema para recolectar y realizar búsquedas de información de mantenimiento y confiabilidad.

## **Paso 2. Mapa y caracterización de procesos**

Este paso está relacionado con la construcción o mejora de los flujos de procesos para la gestión del mantenimiento.

Tomando como referencia el modelo de gestión de mantenimiento de la figura 3 [2].

**Estrategias:** El plan de mantenimiento de los activos en la empresa debe estar alineado con su plan estratégico de gestión de activos y este a su vez alineado con cada una de las acciones propuestas en el plan estratégicos de la empresa.

Tal como lo define en la norma europea UNE-EN 16646 2015

**Gestión del Riesgo:** Hoy en día una de las mejores prácticas en la toma de decisiones, es evaluar el riesgo involucrado en ella. Es un enfoque estructurado para manejar la incertidumbre relativa a una amenaza, a través de una secuencia de actividades humanas que incluyen evaluación de riesgo, estrategias de desarrollo para manejarlo y mitigación utilizando herramientas adecuadas.

**Análisis de Puntos Débiles:** Como resultado de la demanda en constante crecimiento, se han desarrollado varias técnicas para analizar los problemas, siendo los objetivos principales de estas técnicas: minimizar las consecuencias de los eventos de falla sobre la seguridad, el

ambiente y las operaciones; y asegurar la mayor confiabilidad operacional.

Dentro de este contexto, se pueden usar herramientas como RCA, FMEA, FMECA, entre otras.

**Planificación del Mantenimiento:** Los procesos de planificación del mantenimiento y su estandarización son importantes para una gestión de clase mundial. En este punto se pueden aplicar diferentes técnicas de planificación como las más conocidas: RCM, RBI, PMO, entre otras.

**Programación y Ejecución:** El panorama actual que nos plantea el rápido ingreso a la Industria 4.0, nos sugiere metas cada vez más ambiciosas que exigen además de un programador experimentado contar con herramientas tecnológicas capaz de procesar estadísticamente grandes volúmenes de datos que nos permitan ser competitivos en un mercado globalizado, esto incluye una activa participación del personal técnico, que hasta ahora (en la mayoría de los casos) se ha mantenido al margen del uso de los CMMS

**Procesos de Control y Análisis de indicadores:** “Lo que no se mide, no se controla, y lo que no se controla no se puede mejorar”. Frase propuesta por: William Thomson Kelvin (Lord Kelvin), muy difundida hoy en día en la industria, no está al margen de la gestión de mantenimiento. Los sistemas de indicadores claves del mantenimiento se han convertido en el complemento perfecto para alinear los objetivos del plan estratégico de mantenimiento con los objetivos organizacionales.

**Procesos de Análisis de Costos:** No olvidemos que la principal razón por la que hacemos todo esto, es hacer más rentable la actividad empresarial en la que estamos inmersos, un sistema de gestión que no incluya la gestión de costos directos e indirectos, a través de todo el ciclo de vida de un activo, es un sistema inútil que fracasara tarde o temprano.

**Procesos de Mejora Continua:** Normalmente es la última fase que cierra un proceso que mejora continuamente. Todo sistema debe ser revisado periódicamente para tomar acciones de corrección que eviten el desenfoque con el plan estratégico trazado por la empresa.

Todos estos procesos deben al final de este paso quedar mapeados y caracterizados.

### **Paso 3. Soporte Funcional**

Los procesos que han sido identificados y caracterizados en el paso anterior, deben “traducirse” en términos de la aplicación CMMS, es decir mostrar en un documento la funcionalidad que el sistema nos entrega para desarrollar este proceso, para este fin será de mucha ayuda mostrar las pantallas y reportes que la aplicación tiene (en el SAP<sup>2</sup> se le denomina BBPs -Business blueprint-). Con estos documentos y los obtenidos en el paso 2, podemos contrastar nuestro CMMS y hallar las brechas que presenta y finalmente se aprobará la funcionalidad o se propondrán acciones correctivas

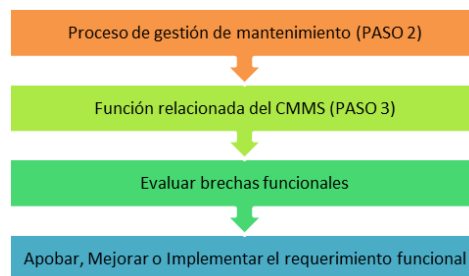


Fig.4 Procesos de evaluación del requerimiento funcional

<sup>2</sup> SAP, empresa multinacional alemana dedicada al diseño y comercialización sistemas ERP

Aspectos relevantes:

- La función requerida debe ser aprobada por el usuario responsable del proceso evaluado.
- La función requerida no debe demandar mucho tiempo de procesamiento en el CMMS.
- La función requerida debe ser de fácil uso

Aquellos requerimientos funcionales que no puedan ser implementados o mejorados por el CMMS existente, deben ser evaluados económicamente frente al proveedor del software. En el caso que esto no se pueda lograr o sea muy costoso, siempre se tendrá la opción de buscar un CMMS alternativo.

#### **Paso 4. Fase de Ingeniería**

De acuerdo al modelo de implementación, de los ocho pasos, este está relacionado a la construcción de documentos de ingeniería que soportarán la configuración de los datos maestros del software a implementar o mejorar.

Los documentos de ingeniería son elaborados en grupos y sesiones de trabajo donde participan los miembros consultores en gestión de activos y los responsables de la gestión de mantenimiento de la organización.

Ejemplo: Casi todos los CMMS contemplan un campo en los equipos o ubicaciones que identifican los niveles de jerarquía o índices de criticidad.

Podemos llenar este campo de manera aproximada, sin embargo, este no es recomendable, se necesita un procedimiento documentado que respalde esta decisión, esto se puede sustentar con una matriz de criticidad, la documentación formal del uso de esta matriz, será el documento de ingeniería que respalda esta este dato.

Es importante que cada dato configurado en el software tenga un sustento teórico y práctico documentado, con esto evitamos errores de configuración en la medida que cada dato se trabaja con un sustento teórico y con la participación de todos los involucrados.

Algunas referencias para el soporte de cada fase del Modelo de Gestión de la figura 3 son:

#### **Estrategias:**

Contexto operacional propuesto en RCM II (Jhon Moubray)

#### **Gestión del Riesgo:**

- Técnicas de Jerarquización de activos [3]
- Arquitectura jerárquica de codificación, descripción y datos de equipos (ISO 14224:2016)

#### **Análisis de Puntos Débiles:**

- Estructura de adquisición de Datos de confiabilidad (ISO 14224:2016)

#### **Planificación del Mantenimiento:**

- Planes de Mantenimiento
- SAE JA1011, Evaluation Criteria for Reliability-Centered Maintenance (RCM Processes).
- Jhon Moubray, RCM II – Mantenimiento centrado en Confiabilidad.
- Risk Based Inspection – API RP 580.

#### **Programación y Ejecución**

- Estructura de Datos de la Orden de Trabajo (ISO 14224:2016).

#### **Procesos de Control y Análisis de Indicadores:**

- Modelo de Indicadores Claves del mantenimiento.
- UNE-EN 15341 – Indicadores claves del desempeño del mantenimiento.
- SMRP – Best Practice Metrics.
- Modelo de Análisis de Fallas (ACR – Análisis Causa Raíz, Diagrama de Pareto, Diagrama Jackknife, Curva de Weibull, entre otras).

## **Procesos de Análisis de Costos**

- Análisis del Ciclo de Vida (Modelo de ACCV de Woodward)

## **Gestión de la mejora continua**

- Procesos de Mejora continua (QC Story)

### **Paso 5. Recolección de Datos**

Este paso es tan extenso como el anterior y se recomienda desarrollarlo en paralelo al paso anterior.

El modelo contempla formar equipos de trabajo encargados de recolectar los datos bajo los estándares formalizados en los documentos de ingeniería.

Algunos datos estándares de recolección:

- Inventario de Equipos
- Inventario de Ubicaciones
- Inventario de Materiales y Repuestos
- Información Técnica (P&ID, Flowsheets, Manuales, etc)
- Planes de Mantenimiento
- Historial de datos de mantenimiento
- Historial de datos de confiabilidad (fallas)

Al igual que los documentos de ingeniería, cada documento físico o virtual recolectado en ese paso, debe ser evaluado y validado por los grupos responsables del programa de implementación.

### **Paso 6 Capacitación y Pruebas**

Es importante que las capacitaciones sean con soporte audio visual, para que el usuario pueda consultar y repasar el uso correcto del CMMS según lo requiera.

Otro aspecto importante es que las capacitaciones sean realizadas por profesionales expertos en mantenimiento. Es un error muy frecuente emplear para esta capacitación profesionales en informática que conocen muy

bien su producto (CMMS) pero no son especialistas en mantenimiento esto genera un problema muy conocido donde el *usuario tiene que adaptarse al CMMS* y no al revés (que es el caso ideal) es decir el *CMMS se debe adaptar al usuario*, solo así se convertirá en una herramienta de apoyo a su trabajo.

Un punto clave en este paso, es contar con un ambiente de prueba o entrenamiento proporcionado por el CMMS. No sólo para las pruebas de rendimiento del sistema, si no para las futuras capacitaciones de nuevos usuarios que se incorporen a la organización.

Las pruebas funcionales, son el punto de partida de la configuración alineada a los documentos de ingeniería, las cuales alimentan los datos maestros al CMMS.

Las pruebas de rendimiento deben estar certificadas por los usuarios competentes y responsables de cada función requerida por el sistema, de esta manera se logra involucrar a toda la organización en la aprobación final del CMMS implementado.

### **Paso 7. Carga Final**

Es paso del modelo de implementación, donde se realiza la carga final de todos los datos recolectados en el paso 5 alineados a la estructura de datos maestros del sistema.

Además, algunas brechas identificadas en el paso anterior, se superan aquí, siendo esta el paso del sistema en la fase de pruebas hacia una fase productiva, plataforma final donde los usuarios realizarán el uso diario del sistema.

Es indispensable que el software implementado tenga modalidades masivas de carga de datos para facilitar la actualización de datos y/o reestructuración del sistema en un futuro.

De igual manera, los documentos estándares que definen los datos cargados en el sistema, deben quedar plasmados en las plantillas de carga masiva, revisadas y validadas por los responsables de cada grupo del programa de implementación.

### **Paso 8 Puesta en Producción y Seguimiento**

Este paso involucra el cambio del sistema de la fase de pruebas a una fase productiva.

Se recomienda, el seguimiento y control del CMMS de los consultores responsables por periodo no menor a 3 meses de uso.

### **Reflexiones Finales**

Este modelo de implementación se ha construido a lo largo de diez años de experiencia implementando softwares y realizando auditorias en sistemas de gestión de mantenimiento.

El artículo no detalla a profundidad todos los temas, pero intenta enfocar los puntos más importantes para una implementación exitosa.

La tecnología avanza a pasos agigantados en la industria, de la misma forma deberían actualizarse CMMS y EAMs que ofrece el mercado.

Los mejores softwares no son los más costosos del mercado, son aquellos que cumplan las expectativas de uso operacional, táctico y estratégico.

### **Bibliografía**

[1] C.P. Márquez y A.C Márquez, Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad Aplicada en la Gestión de Activos, Primera Edición, Capítulo IV, Sevilla. Julio 2012.

[2] C.P. Márquez y A.C Márquez, Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad Aplicada en la

Gestión de Activos, Primera Edición, Capítulo I, Sevilla. Julio 2012.

[3] C.P. Márquez y A.C Márquez, Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad Aplicada en la Gestión de Activos, Primera Edición, Capítulo V, Sevilla. Julio 2012.

### **Hoja de vida del autor**

Ingeniero Electricista colegiado CIP 107292 de la Universidad Nacional del Callao, MBA en el Instituto de Estudios Bursátiles de Madrid España, Maestro en Ciencia con mención en Ingeniería de Sistemas en la Universidad Nacional de Ingeniería, Diplomado en 5S Kaizen en Osaka Japón, gerencia de la Calidad en Yokohama Japón y facilitador de 5S Osaka Japón, además:

- Gerente general en Alpha Manufacturas SAC
- Profesor de la maestría de Operaciones y logística en la UPC (Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas)
- Profesor de post grado en la PUCP (Pontificia Universidad Católica del Perú)
- Profesor de pre grado de la facultad de Ingeniería Industrial de la PUCP
- Evaluador del premio nacional de la calidad de la Sociedad Nacional de Industrias
- Formador de auditores del premio nacional de 5S Auspiciado por la embajada de Japón, JICA, JETRO, CCPJ, APJ y HIDA-AOTS Perú
- Facilitador certificado de RCM
- Auditor ISO 9000 y 14000
- Profesor cursos de especialización y diplomados en Tecsup
- Consultor y auditor en procesos industriales.
- Director en AOTS Perú.