

AL DÍA CON ACIMA



ING. OSCAR MEZA GUZMÁN
PRESIDENTE ACIMA

La ingeniería en mantenimiento industrial ha experimentado una evolución significativa en las últimas décadas, transitando desde un enfoque meramente reactivo hacia una gestión altamente estratégica, fundamentada en la confiabilidad, la gestión integral de activos y la optimización del desempeño organizacional. En un entorno globalizado, competitivo y tecnológicamente dinámico, el mantenimiento deja de concebirse como una función de soporte para consolidarse como un pilar esencial de la sostenibilidad operativa y la rentabilidad empresarial.

Desde la perspectiva de la Asociación Costarricense de Ingeniería en Mantenimiento (ACIMA), el mantenimiento industrial constituye una disciplina clave para el desarrollo productivo del país, dado su impacto directo en la continuidad operativa, la seguridad laboral, la eficiencia energética y la competitividad organizacional. En Costa Rica, donde sectores como la manufactura avanzada, la industria alimentaria, la energía y los servicios técnicos desempeñan un rol estratégico, el mantenimiento adquiere una relevancia aún más crítica.

En este contexto, la denominada Industria 4.0 emerge como un cambio paradigmático que redefine la gestión de los procesos productivos y de los activos físicos. Tecnologías como el Internet de las Cosas (IoT), el análisis de datos (Big Data), la inteligencia artificial, la computación en la nube y los sistemas ciberfísicos están transformando profundamente las prácticas de mantenimiento, impulsando modelos predictivos y prescriptivos que permiten anticipar fallas, optimizar recursos y fortalecer la toma de decisiones.

1. Evolución del mantenimiento industrial

Tradicionalmente, el mantenimiento se concebía como una actividad correctiva, orientada a la reparación de equipos una vez ocurrida la falla. Este enfoque, conocido como mantenimiento reactivo, generaba elevados costos operativos, tiempos de inactividad prolongados y riesgos importantes en materia de seguridad.

Con el tiempo, surgieron estrategias más avanzadas, como el mantenimiento preventivo, basado en intervenciones programadas, y posteriormente el mantenimiento predictivo, apoyado en el monitoreo de condiciones y el análisis de datos. Estas metodologías han permitido mejorar la confiabilidad de los equipos y optimizar la planificación de recursos.

En la actualidad, el mantenimiento se integra en modelos más sofisticados como el mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) y la gestión de activos físicos bajo estándares como ISO 55000, orientados a maximizar el valor de los activos a lo largo de su ciclo de vida, considerando dimensiones técnicas, económicas y organizacionales.

2. Importancia estratégica del mantenimiento

El mantenimiento industrial trasciende la simple operatividad de los equipos, influyendo directamente en variables críticas como la calidad del producto, la seguridad ocupacional, el cumplimiento normativo y la sostenibilidad ambiental.

Una gestión eficiente del mantenimiento permite:

- Reducir costos operativos
- Minimizar tiempos de inactividad
- Extender la vida útil de los activos
- Mejorar la eficiencia energética
- Garantizar la seguridad de los trabajadores

En el contexto costarricense, donde muchas organizaciones operan bajo estándares internacionales, el mantenimiento se posiciona como un factor diferenciador que contribuye a la competitividad y a la atracción de inversión extranjera.

3. Industria 4.0 y su impacto en el mantenimiento

La Industria 4.0 se caracteriza por la integración de tecnologías digitales en los procesos industriales. En el ámbito del mantenimiento, esto se traduce en la implementación de soluciones inteligentes que permiten monitorear, analizar y optimizar el desempeño de los activos en tiempo real.

Entre las principales tecnologías destacan:

- Internet de las Cosas (IoT)** Permite la interconexión de sensores y dispositivos que recopilan datos en tiempo real sobre variables críticas como temperatura, vibración, presión y consumo energético.
- Big Data y analítica avanzada** Facilitan el procesamiento de grandes volúmenes de información para identificar patrones y anticipar fallas.
- Inteligencia artificial** Mediante algoritmos de aprendizaje automático, posibilita el desarrollo de modelos predictivos y prescriptivos que optimizan la toma de decisiones.

- d. **Computación en la nube** Permite el acceso remoto a la información, mejorando la gestión, la trazabilidad y la colaboración.
- e. **Gemelos digitales** Representaciones virtuales de activos físicos que permiten simular su comportamiento y anticipar posibles fallas.

4. Mantenimiento predictivo y prescriptivo

El mantenimiento predictivo se basa en el análisis de datos históricos y en tiempo real para anticipar fallas antes de que ocurran. Por su parte, el mantenimiento prescriptivo va más allá, al recomendar acciones específicas para evitar dichas fallas.

Estos enfoques permiten:

- Reducir costos de mantenimiento
- Optimizar la disponibilidad de los equipos
- Incrementar la seguridad operativa

5. Desafíos para la implementación

A pesar de sus múltiples beneficios, la adopción de tecnologías asociadas a la Industria 4.0 presenta desafíos relevantes, entre los que destacan:

- Alta inversión inicial
- Escasez de talento especializado
- Resistencia al cambio organizacional
- Dificultad en la integración de sistemas existentes

En Costa Rica, estos retos se ven acentuados por la brecha tecnológica y la necesidad de fortalecer la formación técnica y universitaria.

6. Rol del ingeniero en mantenimiento

El ingeniero en mantenimiento del futuro debe desarrollar competencias técnicas, analíticas y digitales, complementadas con habilidades blandas como liderazgo, comunicación y gestión del cambio.

Debe ser capaz de:

- Interpretar y analizar datos
- Implementar tecnologías emergentes
- Gestionar activos de manera estratégica
- Impulsar la innovación dentro de las organizaciones

La ingeniería en mantenimiento industrial se encuentra en un proceso de transformación profunda, impulsado por las tecnologías de la Industria 4.0. Este escenario representa una oportunidad estratégica para redefinir el rol del mantenimiento, posicionándolo como un elemento clave para la competitividad, la sostenibilidad y el desarrollo industrial del país.

Desde la perspectiva de ACIMA, resulta fundamental promover la formación continua, la adopción tecnológica y el fortalecimiento de la cultura organizacional. El mantenimiento no debe entenderse únicamente como una función técnica, sino como un compromiso integral con la excelencia operativa, la seguridad y el desarrollo sostenible de Costa Rica



ARTÍCULO**El diseño de planes de mantenimiento eficaces**

Mg. Ing. Carolina Altmann Macchio, CMRP, MLAI, CMVP.
Director Consultor ALTMANN & Asociados.
caltmann@altmann.com.uy

**1. Introducción**

Existen gran cantidad de mitos entorno al proceso de diseño de los Planes de Mantenimiento. Muchos de los cuales se encuentran fuertemente arraigados, y cuando eso sucede se autolimita la capacidad de desarrollar Planes de Mantenimiento eficaces.

Algunos de los falsos paradigmas que se han podido identificar a lo largo de los años, durante el desarrollo de nuestras actividades de Consultoría y Capacitación son los siguientes:

- Considerar que sólo el fabricante es quien conoce las tareas que se deben realizarse en el equipo que fabrica.
- Pensar que el diseño de los Planes de Mantenimiento consiste en tomar a rajatabla lo que indica el fabricante en su Manual.
- Que el Plan de Mantenimiento se elabora con el Historial del equipo.
- Subestimar las capacidades requeridas para desarrollar un Plan de Mantenimiento.
- Asumir que sólo el Mantenimiento Centrado en Confiabilidad – RCM2 va a generar el Plan de Mantenimiento adecuado.
- Dar por sentado que una vez que se dispone de un Plan de Mantenimiento, ya es el definitivo y final.

A su vez, el nivel de toma de conciencia observado sobre la relevancia del Plan de Mantenimiento y su impacto en el desempeño del equipamiento y en los resultados de la Organización, suele ser bajo.

Lamentablemente, los incidentes y accidentes que involucran a la Seguridad y que trascienden a la prensa, suelen evidenciar carencias y deficiencias en el Plan de Mantenimiento y/o la ejecución de este, y confirmar lo expuesto anteriormente.

Nota:

A lo largo del artículo se hará mención de Planes de Mantenimiento de equipos, ya que el Mantenimiento se aplica sobre elementos, equipos y sistemas, que pueden conformar o no Activos individuales o Sistemas de Activos de una Organización.

2. La importancia del Plan de Mantenimiento

Por más que parezca obvio el título del presente apartado, según expone Altmann Macchio (2022), no siempre existe una visión sistémica en la Organización, ni tampoco suficiente toma de conciencia sobre la importancia del Mantenimiento. Esto, tanto a nivel de Mantenimiento y más aún a nivel Operativo y de alta gerencia.

El Plan de Mantenimiento no es sólo un conjunto de tareas para realizar. Tampoco puede verse al Plan de Mantenimiento como una expresión de deseo, con tareas que se hacen si se puede y cuando se puede, y que no hay consecuencias ni riesgos en adoptar esa postura.

Un Plan de Mantenimiento engloba una serie de tareas necesarias que deben realizarse a tiempo y correctamente para evitar o minimizar las eventuales consecuencias de la falla, por ejemplo, en la seguridad de las personas, en la seguridad de los consumidores, en la operativa, en la entrega del producto a los clientes, en la calidad del producto, en la inocuidad del producto y la salud de los consumidores, en el medioambiente, en la comunidad, en la Huella de Carbono del producto, en la Huella Hídrica del producto, en los costos operativos, o si genera riesgos para la integridad de los equipos e instalaciones, riesgos para la zona aledaña, riesgos para la imagen del producto y/o de la organización, etc.

3. Los requisitos legales

Dependiendo del tipo de equipo y del país donde se encuentra la organización y rubro industrial, pueden existir requisitos legales aplicables al Mantenimiento de dicho equipo, los cuales deben ser, obligatoriamente, incorporados en los Planes de Mantenimiento.

Los requisitos legales constituyen una condición necesaria pero no suficiente para disponer de un Plan de Mantenimiento adecuado. Conforman un conjunto mínimo que seguramente necesitará complementarse para ser eficaz.

4. El Fabricante del equipo y sus recomendaciones de Mantenimiento

Las premisas bajo las cuales un fabricante crea el Plan de Mantenimiento para su equipo, pueden ser muy diferentes de las que necesita un propietario de un equipo. En muchas oportunidades el Plan de Mantenimiento del fabricante puede estar orientado a evitar eventuales reclamos durante el período de garantía.

El Fabricante no conoce todas las posibles condiciones y regímenes de operación del equipo que fabrica, establece una condición genérica que puede ser similar, más desfavorable, o no tan exigida como en la que trabaja el equipo en las instalaciones de la Organización propietaria del mismo. Esto, debería ser un disparador para obligar a revisar si el Plan de Mantenimiento sería adecuado o no.

Así mismo, el fabricante suele ser parte interesada, ya que comercializa repuestos y en algunos casos servicio técnico, también. Sin lugar a duda, esto influye en la óptica con que se desarrolla su Plan de Mantenimiento. Esta situación debería de alertar al propietario del equipo sobre el potencial de optimización de dicho Plan, tanto en lo concerniente a la eficacia como de su eficiencia.

Aquí, bajo ningún concepto se está planteando descartar las recomendaciones de los fabricantes, sino revisarlas con espíritu crítico, teniendo en cuenta las condiciones y régimen operativo, y sobre la base del conocimiento de las posibles tareas que se podrían implementar, adaptar las tareas sugeridas por el fabricante cuando se consideren las más adecuadas, eficaces y eficientes.

5. El diseño de Planes de Mantenimiento

No es suficiente con disponer de Planes de Mantenimiento, es necesario contar con Planes de Mantenimiento eficaces para sostener un desempeño operativo seguro, confiable y eficiente a lo largo del Ciclo de Vida del equipamiento e instalaciones.

El Plan de Mantenimiento debe ser eficaz, en la medida que anticipa las posibles fallas, de manera de evitar y minimizar los impactos y riesgos de las roturas.

Existen una serie de Metodologías estructuradas para diseño de Planes de Mantenimiento, algunas de ellas son:

- Mantenimiento Centrado en Confiabilidad – RCM según la Norma SAE JA 1012.
- Mantenimiento Centrado en Confiabilidad – RCM según la Norma EN 60300-3-11.
- El Análisis de Modos de Falla y sus Efectos – FMEA según Norma EN 60812.
- El Análisis de Modos de Fallas, sus Efectos y su Criticidad – FMECA según EN 60812.

En el listado anterior se consideran normas oficiales vigentes, no así otras variaciones del proceso de RCM que constituyen adaptaciones comerciales patentadas.

No se debe caer en el error de que el sólo hecho de emplear una determinada Metodología de Diseño de Planes de Mantenimiento es garantía de los mejores resultados.

Las Metodologías aportan un marco para la preparación del análisis y el propio desarrollo del análisis, además de recomendaciones para el abordaje del estudio y las calificaciones necesarias de quienes participan de dicho estudio. Hay que señalar que sin esa preparación previa del proceso, y sin el conocimiento técnico no será posible elaborar un Plan de Mantenimiento eficaz.

Para el caso de equipos complejos y de alta criticidad, la Metodología FMECA, es la opción más potente, aunque no la más conocida. El FMECA favorece un análisis más completo y profundo, analizando la capacidad de detección de las fallas e integrando una evaluación de riesgos. Esto, tiene el beneficio adicional de fomentar la toma de conciencia en la organización.

En definitiva, aún aplicando Metodologías estructuradas de Diseño de Planes de Mantenimiento, el grado de eficacia de dichos planes que se generen dependerá de los siguientes factores, como también se muestra en la figura más abajo:

- De la preparación realizada: diagrama de bloques, análisis funcional, y desglose del equipo.
- Del grado de profundidad que se ha establecido para el análisis.
- Del conocimiento específico del equipamiento que poseen quienes realizan el Estudio.
- Del conocimiento de la realidad y el régimen operativos.
- De la comprensión de los impactos de las fallas en la Organización y partes interesadas.
- Del conocimiento de las posibles tareas de Mantenimiento a utilizarse.
- De que exista un conocimiento profundo de las distintas Técnicas de Monitoreo que podrían aplicarse a cada elemento y correspondiente capacidad de detección, en línea con la Norma 17359.
- De que se conozca las eventuales referencias normativas que emplearse a los elementos que conforman el equipo, o al equipo mismo.
- De la existencia de datos completos y fidedignos, que permitan la utilización de Modelos de Ingeniería de Fiabilidad para estimar las frecuencias de recambio preventivo.

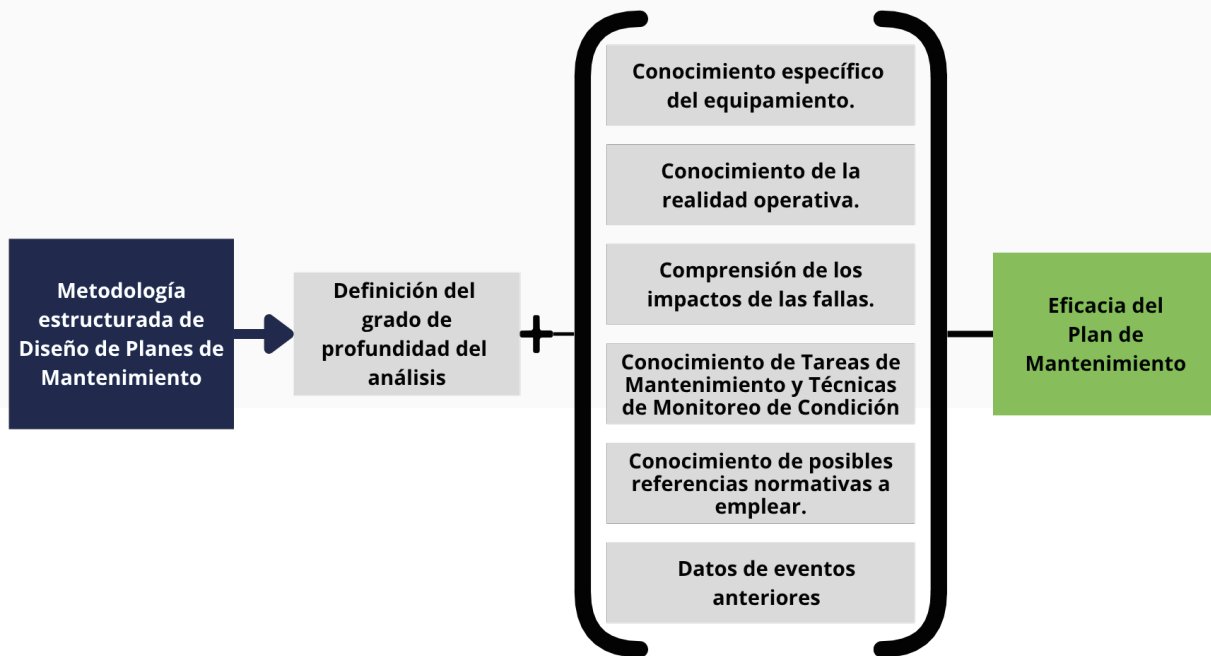


Figura 1: Los factores que determinan la eficacia del Plan de Mantenimiento

Por otra parte, hay que indicar que cuando existe experiencia previa con equipos iguales o similares, ese conocimiento puede nutrir al nuevo Plan de Mantenimiento, aunque, se debe visualizar que lo acontecido anteriormente es tan sólo una parte de las posibles fallas que podrían suceder.

6. La mejora continua del Plan de Mantenimiento

El Plan de Mantenimiento no debe ser un documento escrito en piedra, al contrario, debe ser un documento sujeto a revisión y actualización periódica. Es decir, un documento en que se debe aplicar la mejora continua, en base a la evaluación periódica de los resultados de Mantenimiento y del análisis de las ocurrencias.

7. Conclusiones

En suma, es clave romper y dejar de lado los mitos que limitan el buen diseño de Planes de Mantenimiento, para así poder abordar el desarrollo de Planes de Mantenimiento eficaces.

Las Metodologías estructuradas bien aplicadas son imprescindibles para lograr Planes de Mantenimiento adecuados y eficaces que contemplen todas las situaciones que pueden generar impactos y riesgos en la organización de modo de evitar y minimizar dichas consecuencias.

Bibliografía

- Altmann Macchio, C. (2020). Curso de Diseño de Planes de Mantenimiento, utilizando Análisis de Modos de Falla, sus Efectos, y su Criticidad – FMECA.
- Altmann Macchio, C. (2025). Curso de Diseño de Planes de Mantenimiento utilizando la Metodología de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad - RCM según SAE JA1012.
- Altmann Macchio, C. (2025). Curso de Diseño de Planes de Mantenimiento utilizando la Metodología de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad - RCM según EN60300-3-11.
- Altmann Macchio, C. (2022). Visión integral para una gestión industrial eficaz y eficiente. Claves para maximizar los beneficios. Ediciones ALTMANN & Asociados.
- Norma EN 60300-3-11:2013: Gestión de la confiabilidad. Parte 3-11: Guía de aplicación. Mantenimiento centrado en la fiabilidad.
- Norma EN 60812: 2018: Análisis de los modos de fallo y de sus efectos.
- Norma ISO 17359:2018: Condition monitoring and diagnostics of machines — General guidelines.
- Norma SAE JA1012:2011: A Guide to the Reliability-Centered Maintenance (RCM) Standard.

La Autora: Mg. Ing. Carolina Altmann Macchio, CMRP, MLA II, CMVP © 2026 Copyright por Carolina Altmann Macchio. Todos los derechos reservados.

Experta con amplia trayectoria industrial de más de 28 años, en las áreas de Dirección General, Ingeniería y Gestión de Mantenimiento, Eficiencia Energética y Gestión de la Energía, Mejora de Procesos y Gestión de Activos.

Más de 18 años de experiencia, como Autora e Instructora de Cursos Técnicos.

Autora del Libro: Visión integral para una gestión industrial eficaz y eficiente. Claves para maximizar los beneficios.

Es Profesor colaborador del Máster de Eficiencia Energética 4.0 y Emergencia Climática de la UB de España. Fue Profesor colaborador del Máster Internacional de Confiabilidad y Riesgos de la ULPGC de España.

En los últimos 21 años, ha participado como conferencista en decenas de Congresos de Ingeniería de Mantenimiento en Argentina, Chile, Colombia, Costa Rica, República Dominicana, España, Perú, Puerto Rico y Uruguay.

Ex Vice Chair de SMRP-LATAM. Ex Coordinadora Regional del COPIMAN. Ex Comisión Directiva de URUMAN.



Director:

Julio Carvajal Brenes

Consejo Editorial:

Luis Gómez Gutiérrez

José Guillermo Marín Rosales

Gabriela Mora Delgado

Pablo Salas Cerdas

Toda reproducción debe citar la fuente. Los autores de los artículos, los entrevistados y los anunciantes son los responsables de sus opiniones.

San José, Costa Rica



