

SISTEMA DE GESTIÓN Y CONTROL DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL PARA LÍNEAS DE PRODUCCIÓN DE COJINETES ALTO VOLUMEN

INDUSTRIAL MAINTENANCE MANAGEMENT AND CONTROL SYSTEM FOR HIGH VOLUME BEARING PRODUCTION LINES

Susana Martínez Rabanales¹, Arturo Hernández Martínez², Ana María Sosa Pintle³,
Margarita Raquel García Sierra⁴, Martínez Ramírez Violeta⁵

<https://doi.org/10.61117/ipsumtec.v7i2.334>

¹Maestría en Docencia Universitaria. Tecnológico Nacional de México, Campus Instituto Tecnológico de Puebla. Departamento de Sistemas y Computación. Dirección susana.martinez@puebla.tecnm.mx, Av. Tecnológico 420 Col. Maravillas, C.P. 72220. Puebla, Puebla, México. <https://orcid.org/0009-0002-8510-5380>

²Estudiante del 11° semestre de la carrera en Ingeniería en Mecánica. Tecnológico Nacional de México, Campus Instituto Tecnológico de Puebla. Dirección. i14220832.05@puebla.tecnm.mx, Av. Tecnológico 420 Col. Maravillas, C.P. 72220. Puebla, Puebla, México, <https://orcid.org/0009-0007-2690-0858>

³Maestría en Sistemas Computacionales. Tecnológico Nacional de México, Campus Instituto Tecnológico de Puebla. Departamento de Sistemas y Computación. Dirección ana.sosa@puebla.tecnm.mx, Av. Tecnológico 420 Col. Maravillas, C.P. 72220. Puebla, Puebla, México. <https://orcid.org/0009-0000-6529-9793>

⁴Maestría en Ingeniería Administrativa. Tecnológico Nacional de México, Campus Instituto Tecnológico de Puebla. Departamento de Ciencias Básicas. Dirección: margaritaraquel.garcia@puebla.tecnm.mx, Av. Tecnológico 420 Col. Maravillas, C.P. 72220. Puebla, Puebla, México. <https://orcid.org/0000-0003-3965-0732>

⁵Doctorado en Educación. Tecnológico Nacional de México, Campus Instituto Tecnológico de Puebla. Departamento de Sistemas y Computación. Dirección violeta.martinez@puebla.tecnm.mx, Av. Tecnológico 420 Col. Maravillas, C.P. 72220. Puebla, Puebla, México. <https://orcid.org/0000-0003-1518-786X>

Resumen -- El proyecto se centra en la centralización del mantenimiento en las áreas de Cojinetes de Alto Volumen (C.A.V.) y Metalurgia, aplicando el Mantenimiento Productivo Total (TPM). El diagnóstico inicial mostró deficiencias en la planificación de mantenimiento, falta de un sistema centralizado y una alta dependencia de la producción, lo que generaba fallos frecuentes y tiempos de respuesta prolongados.

Se propuso implementar un sistema digital para la gestión del mantenimiento, mejorando la organización de calendarios preventivos, solicitudes de órdenes de trabajo, y control de inventarios de refacciones críticas. La metodología incluyó la creación de hojas de operación estándar (HOE) para supervisores y técnicos, así como el uso de cámaras termográficas para el mantenimiento predictivo.

Los resultados fueron notables. Se redujo el tiempo de respuesta de 9.5 a 3 minutos y se incrementó el cumplimiento de mantenimiento preventivo del 30% al 85%. También se logró atender el 100% de las órdenes de trabajo, mejorando la eficiencia operativa. El sistema permitió una centralización efectiva, lo que facilita el análisis de indicadores clave como MTBF y MTTR, optimizando la toma de decisiones en tiempo real.

En conclusión, el proyecto mejoró significativamente la gestión del mantenimiento, promoviendo la eficiencia y reduciendo los tiempos de inactividad. Se recomienda mantener el equipo de cómputo activo y supervisar el inventario y las órdenes de trabajo para asegurar el correcto funcionamiento del sistema implementado.

Palabras Clave: Centralización del mantenimiento, gestión del mantenimiento, mantenimiento preventivo, mantenimiento productivo total (TPM), órdenes de trabajo.

Abstract -- The project focuses on centralizing maintenance in the High Volume Bearings (H.V.B.) and Metallurgy areas, applying Total Productive Maintenance (TPM). The initial diagnosis revealed deficiencies in maintenance planning, the absence of a centralized system, and a high dependency on production, leading to frequent failures and prolonged response times.

A digital system was proposed for maintenance management, improving the organization of preventive maintenance schedules, work order requests, and critical spare parts inventory control. The methodology included the creation of standard operating procedures (SOP) for supervisors and technicians, as well as the use of thermographic cameras for predictive maintenance.

The results were significant. Response time was reduced from 9.5 to 3 minutes, and preventive maintenance compliance increased from 30% to 85%. Additionally, 100% of work orders were completed, enhancing operational efficiency. The system enabled effective centralization, facilitating the analysis of key indicators like MTBF and MTTR, optimizing real-time decision-making.

In conclusion, the project significantly improved maintenance management, promoting efficiency and reducing downtime. It is recommended to keep the computer equipment active and monitor the inventory and

work orders to ensure the correct operation of the implemented system.

Key words-- Centralized maintenance, maintenance management, preventive maintenance, total productive maintenance (TPM), work orders.

INTRODUCCIÓN

El mantenimiento industrial ha evolucionado significativamente a lo largo de los años, pasando de enfoques reactivos a estrategias más proactivas que buscan minimizar el tiempo de inactividad y maximizar la eficiencia operativa. A finales del siglo XIX, la mecanización de las industrias dio origen a la necesidad de mantener los equipos en condiciones óptimas, lo que llevó al desarrollo de conceptos como el mantenimiento preventivo. Sin embargo, a pesar de los avances en técnicas y herramientas, muchas empresas, como la planta de Federal Mogul Cojinetes, aún enfrentan desafíos significativos en la gestión del mantenimiento, particularmente en el contexto de equipos antiguos que han operado durante décadas. [1]

La planta Federal Mogul, con más de 50 años de operación, ha visto un deterioro gradual en el estado de sus equipos, lo que ha resultado en un alto número de fallas y paros de producción. Actualmente, el área de mantenimiento carece de un sistema centralizado que permita una gestión efectiva de los mantenimientos preventivos y correctivos. Las actividades se han realizado de manera desorganizada, y la dependencia del departamento de producción para programar las intervenciones de mantenimiento ha complicado aún más la situación. Esta falta de un enfoque sistemático ha generado pérdidas económicas significativas y una disminución en la eficiencia de la producción. [2]

El problema central de esta investigación radica en la ineficiencia del sistema de mantenimiento existente en la planta, que se traduce en un alto tiempo medio entre fallas (MTBF) y un tiempo medio de reparación (MTTR) inaceptablemente largo. La falta de un plan adecuado de Mantenimiento Productivo Total (TPM) ha impedido que el área de mantenimiento opere de manera efectiva, lo que ha llevado a una gestión reactiva y un aumento en los tiempos de inactividad de la producción. [3]

Los objetivos de este trabajo son claros: centralizar el mantenimiento de las áreas de Cojinetes de Alto Volumen (C.A.V.) y Metalurgia, implementando un sistema digital que facilite la gestión de los mantenimientos preventivos y correctivos, optimizando así la atención a las órdenes de trabajo y el control de inventarios de refacciones críticas. Se busca también incrementar el cumplimiento de los mantenimientos preventivos, reducir los tiempos de respuesta a fallas y, en última instancia, mejorar los indicadores de rendimiento del área de mantenimiento.

La justificación del presente proyecto se basa en la necesidad de transformar la gestión del mantenimiento en

la planta para asegurar su competitividad en el mercado. La implementación de un sistema centralizado y digitalizado no solo permitirá optimizar la eficiencia operativa, sino que también contribuirá a prolongar la vida útil de los equipos y mejorar la seguridad en las operaciones. Al adoptar un enfoque proactivo y sistemático, la planta podrá reducir los costos asociados con los tiempos de inactividad, mejorar la producción y, en última instancia, satisfacer las demandas del mercado de manera más efectiva. [4]

Este trabajo no solo aborda una necesidad inmediata en la planta, sino que también sienta las bases para futuras investigaciones en la gestión del mantenimiento, explorando cómo la tecnología y la digitalización pueden continuar transformando este campo en constante evolución.

DESARROLLO

En el desarrollo de este proyecto se implementaron métodos y pruebas enfocados en la centralización del mantenimiento en las áreas de Cojinetes de Alto Volumen (C.A.V.) y Metalurgia, basados en el Mantenimiento Productivo Total (TPM). La investigación buscó mejorar la eficiencia del sistema de gestión de mantenimiento mediante la automatización y digitalización de los procesos. A continuación, se detallan los métodos, cálculos, instrumentos, procedimientos y resultados obtenidos.

Participantes

Los participantes clave en el desarrollo del proyecto fueron los supervisores de mantenimiento, responsables de coordinar las actividades de mantenimiento preventivo, y los técnicos de mantenimiento, encargados de realizar el mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo en las líneas de producción. La gerencia de la planta también participó en la supervisión del proyecto, proporcionando apoyo en la implementación del sistema digital y la aprobación de recursos necesarios.

Diseño

El diseño del proyecto se basó en la integración de un sistema digital de gestión de mantenimiento, que permitió automatizar la programación de mantenimientos preventivos y el control de las órdenes de trabajo. Se utilizó un enfoque metodológico centrado en la recolección de datos históricos sobre los tiempos de inactividad y las fallas de los equipos. El sistema permitió generar de manera automática indicadores clave como el MTBF (Mean Time Between Failures) y el MTTR (Mean Time to Repair). [5]

Instrumentos utilizados

El principal instrumento utilizado fue un sistema digital de mantenimiento, desarrollado para automatizar las tareas administrativas y técnicas del área. Este sistema permitió registrar cada orden de trabajo generada, la cual

incluía detalles sobre la falla, el tiempo de inicio y fin del mantenimiento, y el equipo afectado.

También se emplearon hojas de operación estándar (HOE) para capacitar a los técnicos y supervisores en el uso del sistema y la correcta ejecución de los mantenimientos. Para el mantenimiento predictivo, se utilizaron cámaras termográficas que ayudaron a detectar fallas potenciales mediante el análisis de la temperatura en los equipos críticos. [6]

Procedimiento

1. Diagnóstico inicial: Se realizó un análisis de la situación actual del mantenimiento en la planta, identificando las principales fallas y puntos de mejora. Se recolectaron datos sobre tiempos de inactividad, órdenes de trabajo no atendidas y eficiencia del mantenimiento preventivo.

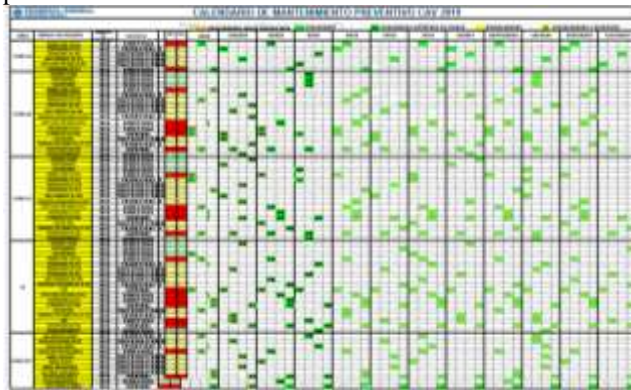


Figura 1. Calendario de mantenimiento.

2. Implementación del sistema digital: Se desarrolló e implementó el sistema de gestión de mantenimiento, el cual permitió centralizar las órdenes de trabajo, controlar inventarios de refacciones críticas y organizar los calendarios de mantenimiento preventivo.



Figura 2. Orden de trabajo anterior



Figura 3. Orden de trabajo en nuevo sistema de mantenimiento.

3. Capacitación del personal: Se diseñaron y entregaron hojas de operación estándar (HOE) para capacitar a supervisores y técnicos en el uso del nuevo sistema. Esta capacitación incluyó el manejo de cámaras termográficas para la realización de mantenimiento predictivo.

4. Cálculos y modelos matemáticos: Se utilizaron modelos matemáticos para calcular el MTBF y MTTR de cada línea de producción. Estos indicadores se obtuvieron mediante la fórmula:

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo total de operación}}{\text{Número de fallos}} \quad \text{Ec. (1)}$$

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de reparación}}{\text{Número de fallos}} \quad \text{Ec. (2)}$$

5. Monitoreo de resultados: A lo largo del proyecto, se monitorearon los indicadores de desempeño (MTBF, MTTR) y se realizaron ajustes al sistema en función de los resultados obtenidos.



Figura 4. Indicadores de desempeño.

DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

La implementación del sistema de gestión de mantenimiento en las áreas de Cojinetes de Alto Volumen (C.A.V.) y Metalurgia ha proporcionado resultados significativos en relación con los objetivos planteados. Este análisis se basa en los datos recolectados a lo largo del proyecto, enfocándose en la mejora de la eficiencia operativa y la reducción de tiempos de inactividad.

Tabla 1. Comparativa antes y después de implementación.

Actividad	Antes de la implementación	Después de la implementación
Recolección de datos por cada mantenimiento	5 minutos	30 segundos
Graficar resultados mensuales	8 horas	30 segundos
Aviso de fallas de acuerdo con criticidad	No implementado	30 segundos
Evaluación a técnicos	24 horas	30 segundos



Figura 5. Instalación de equipo para captura de datos.

Como mencionan los profesores de la Universidad Tecnológica de Pereira, el mantenimiento industrial es crucial para garantizar el correcto funcionamiento de los equipos y maximizar la producción, destacando su evolución desde enfoques correctivos hasta estrategias preventivas y predictivas.



Figura 6. Sistema de alerta de mantenimiento.

Aunque ellos abordan esta temática desde una perspectiva práctica y centrada en la implementación de sistemas digitales en una planta específica, podemos intuir que la combinación de planificación estructurada y tecnología avanzada es clave para mejorar la eficiencia operativa. Aprendemos que el mantenimiento no solo impacta la continuidad productiva, sino que también es un motor de innovación y competitividad en el ámbito industrial. [8]

Asimismo, desde la perspectiva del ingeniero Miguel Rivera, quien compara los sistemas de gestión del mantenimiento en nuestro país con los implementados en diversos países europeos, se identifican tanto similitudes como diferencias significativas. Estas comparaciones proporcionan una valiosa guía para los avances tecnológicos, normativos y sistémicos, permitiéndonos evaluar y contrastar los sistemas actualmente empleados en las grandes plantas industriales mexicanas. [9]

Como señala el ingeniero Raúl Yavarone en su documento '*La importancia del diagnóstico eficiente en el mantenimiento industrial*', en la industria de manufactura, la disponibilidad y confiabilidad de los medios productivos, como máquinas, dispositivos y automatismos, están estrechamente vinculadas al cumplimiento de los objetivos de producción. Por ello, la gestión del mantenimiento industrial se considera fundamental para garantizar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos industriales, lo cual se logra mediante el sistema descrito en este documento. [10]

Observaciones Importantes

Uno de los hallazgos más destacados fue la reducción en el tiempo de respuesta a fallas, que disminuyó de 9.5 minutos a 3 minutos, lo que representa una mejora del 68%. Esta mejora se alinea directamente con el objetivo de optimizar la atención a las órdenes de trabajo, asegurando que los equipos estén disponibles para la producción con mayor rapidez. Este resultado resalta la efectividad del nuevo sistema digital, que automatiza el proceso de generación y seguimiento de órdenes de trabajo.

Resultados de las Pruebas

Los cálculos de MTBF y MTTR mostraron una evolución favorable. El MTBF se incrementó significativamente, indicando una mayor fiabilidad de los equipos, lo que responde al objetivo de mejorar la planificación del mantenimiento preventivo. Este incremento es crucial en un entorno industrial donde la continuidad operativa es esencial para cumplir con la demanda de producción. [11]

Por otro lado, el MTTR se redujo gracias a la implementación de procedimientos estandarizados y el uso de herramientas como las cámaras termográficas, que permitieron la detección temprana de fallas. Este aspecto se traduce en menos paros no programados, lo que contribuye a un ambiente de producción más estable y eficiente. [12]

Discusión de Resultados

La centralización del mantenimiento ha permitido mejorar la gestión administrativa, haciendo que los calendarios de mantenimiento preventivo sean más accesibles y fáciles de seguir. Al aumentar el cumplimiento de los mantenimientos preventivos del 30% al 85%, se logró no solo mejorar la fiabilidad de los equipos, sino también establecer una cultura de mantenimiento proactivo dentro del área operativa. [13]

Es relevante mencionar que, aunque se observaron mejoras significativas en la eficiencia operativa, la resistencia al cambio por parte de algunos técnicos y supervisores fue un desafío. La capacitación continua y el refuerzo del uso del nuevo sistema son cruciales para mantener la sostenibilidad de estos resultados a largo plazo. [14]

CONCLUSIONES

El proyecto de centralización del mantenimiento en las áreas de Cojinetes de Alto Volumen (C.A.V.) y Metalurgia de la planta Federal Mogul ha cumplido satisfactoriamente con los objetivos establecidos, logrando mejoras significativas en la eficiencia operativa y en la gestión del mantenimiento. La implementación de un sistema digital ha facilitado la organización de calendarios de mantenimiento preventivo, la atención de órdenes de trabajo y el control de inventarios de refacciones críticas, transformando la manera en que se gestionan las actividades de mantenimiento en la planta. Uno de los logros más destacados ha sido la reducción del tiempo de respuesta ante fallas, que se ha disminuido de 9.5 minutos a 3 minutos, lo que representa una mejora del 68%. Este avance no solo ha optimizado la disponibilidad de los equipos, sino que también ha contribuido a la estabilidad de la producción, reduciendo los paros no programados. Además, el cumplimiento de los mantenimientos preventivos se incrementó del 30% al 85%, lo que refleja un cambio cultural hacia una gestión de mantenimiento más proactiva y organizada.

Los cálculos de indicadores clave como el tiempo medio entre fallas (MTBF) y el tiempo medio de reparación (MTTR) han demostrado la efectividad del sistema implementado. El aumento en el MTBF sugiere una mayor fiabilidad de los equipos, mientras que la reducción en el MTTR indica una mejora en la capacidad de respuesta del personal de mantenimiento. Estos resultados confirman que la centralización del mantenimiento y la automatización de procesos administrativos son estrategias efectivas para mejorar la operación de la planta. [15]

A pesar de los resultados positivos, se identificaron áreas de mejora que podrían explorarse en investigaciones futuras. Por ejemplo, la resistencia al cambio por parte de algunos técnicos y supervisores resaltó la importancia de implementar programas de capacitación continua y gestión del cambio. La investigación futura podría enfocarse en desarrollar estrategias de motivación y participación del personal en la adopción de nuevas tecnologías, así como en el análisis del impacto a largo plazo de la digitalización en el mantenimiento industrial. Otra línea de investigación podría explorar el uso de tecnologías avanzadas, como el Internet de las Cosas (IoT) y la inteligencia artificial (IA), para mejorar aún más la gestión del mantenimiento predictivo. Integrar estos sistemas podría permitir un análisis más profundo de los datos operativos, facilitando la detección temprana de fallas y optimizando la planificación del mantenimiento. [16]

Como se sabe, el avance tecnológico y la gestión de datos han demostrado ser factores de gran ayuda en diversos campos. En este contexto, la empresa CEGID, mediante el uso de IoT, presenta una visión prospectiva de cómo podría evolucionar la gestión del mantenimiento en los próximos diez años. [17]

Además, EMAINT presenta avances significativos en la recolección de datos y en la gestión de bases de datos enfocadas en el mantenimiento industrial. Sus equipos de recolección de datos, integrados en su software, prometen mejoras sin precedentes desde los inicios del TPM. Asimismo, su visión a cinco años apunta a establecerse como un estándar en la industria. [18]

En resumen, el proyecto no solo ha logrado cumplir con sus objetivos iniciales, sino que también ha sentado las bases para futuras investigaciones y mejoras en la gestión del mantenimiento industrial. La centralización y digitalización del mantenimiento se presentan como enfoques prometedores para incrementar la competitividad y eficiencia en el sector industrial.

AGRADECIMIENTOS

Agradecimiento al TecNM, Instituto Tecnológico de Puebla.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] González, F. J. (2018). *Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado* (1ª edición). Madrid: Fundación Confemetal.
- [2] Tenneco Inc. (2022). “Overview of Tenneco: History and Acquisitions”.
- [3] Crespo Márquez, A. (2017). *Ingeniería de mantenimiento. Técnicas y métodos de aplicación a la fase operativa de los equipos* (1ª edición). Madrid: AENOR.care
- [4] Dounce Villanueva, E. (2018). *Administración de Mantenimiento*.
- [5] García Garrido, S. (2019). *Organización y gestión integral de mantenimiento* (2ª edición). Madrid: Díaz de Santos.
- [6] López, M. (2020). *Mantenimiento Preventivo: Estrategias y Prácticas Efectivas* (1ª edición). México: Ed. Universitaria.
- [7] Alfonso, A. (2018). *Elementos de mantenimiento* (1ª edición). Ciudad de México: CENAPRO.
- [8] Olarte, W., Botero, M., & Cañon, B. (2010). Importancia del mantenimiento industrial dentro de los procesos de producción. *Scientia et technica*, 16(44), 354-356. Disponible en: <https://www.redalyc.org/>
- [9] Sosa, J. V. G., Quijada, J. L., Ontiveros, M. Á. L., Montoya, P. P., & Hernández, A. C. (2018). Mantenimiento industrial en máquinas herramientas por medio de AMFE. *Revista Ingeniería Industrial*, 17(3). Disponible en: <https://core.ac.uk/>
- [10] Yavarone, R. (2019). La importancia del diagnóstico eficiente en el mantenimiento industrial. *AADECA Revista*. Disponible en: https://editores-srl.com.ar/sites/default/files/aa11_yavarone_diagnostico_eficiente.pdf
- [11] Newbrough, E. T. (2016). *Administración del Mantenimiento Industrial* (1ª edición). México: DIANA.
- [12] Higgins, L. R. (2017). *Maintenance Engineering Handbook* (8ª edición). Nueva York, EE. UU.: McGraw Hill.
- [13] Piotrowski, J. (2019). *Shaft Alignment Handbook* (3ª edición). Nueva York, EE. UU.: CRS Press.
- [14] U.S. Department of Labor. (2021). “Industrial Maintenance and Repair: Best Practices”.
- [15] Silva, R. (2021). “Implementación de TPM en empresas manufactureras: Un estudio de caso”. *Revista de Mantenimiento y Gestión*, 12(2), 100-112.
- [16] Cárdenas, J. (2021). “Mantenimiento productivo total: Metodologías y beneficios”. En *Actas del Congreso Internacional de Ingeniería*, pp. 23-30. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- [17] CEGID (2024) “Software de gestión de mantenimiento industrial, España. Disponible en: <https://www.cegid.com/>
- [18] EMAINT (2024) “Equipos de recolección de datos industriales”, Estados Unidos de América. Disponible en: <https://www.emaint.com/>

ROLES DE CONTRIBUCIÓN

Rol	Autor (es)
Conceptualización	Ana María Sosa Pintle
Curación de datos	Arturo Hernández Martínez
Metodología	Susana Martínez Rabanales
Administración del proyecto	Susana Martínez Rabanales,
Recursos	Revisión y edición – Violeta Martínez Ramírez
Software	Arturo Hernández Martínez
Supervisión	Susana Martínez Rabanales
Validación	Margarita Raquel García Sierra
Visualización	Arturo Hernández Martínez
Redacción	Borrador original – Arturo Hernández Martínez
Redacción	Revisión y edición – Arturo Hernández Martínez



Esta obra está bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución 4.0.