





Tendencias actuales en mantenimiento productivo total

Current trends in total productive maintenance and its adaptation

Jorge Luis, Valencia Jarama  ; Víctor Hugo, Ortiz Moscoso ; Ricardo, Rashuaman Flores 

Universidad Nacional del Callao, Bellavista – Callao, Perú.

Resumen

El Mantenimiento Productivo Total (TPM) como estrategia integral ha demostrado reducir los costos de mantenimiento, aumentar la disponibilidad de equipos y mejorar la calidad. Sin embargo, su adopción global ha sido desigual: algunas regiones lideran su implementación, mientras que otras enfrentan desafíos como la falta de compromiso de la alta dirección, resistencia al cambio y capacitación insuficiente del personal. La tecnología IoT ha sido fundamental en la evolución del TPM, permitiendo la recopilación de datos en tiempo real que facilita el mantenimiento predictivo, mejora la eficiencia general de los equipos y permite la detección temprana de problemas. Además, el desarrollo de software de gestión de mantenimiento (CMMS) también ha sido clave, ya que permite a las empresas gestionar de manera más eficiente las actividades de mantenimiento. La integración del CMMS con otros sistemas empresariales ha mejorado la alineación con los objetivos generales. La estrategia de Mejora Continua (MC) es fundamental para maximizar la eficiencia y calidad en el contexto del TPM, ya que identifica y corrige fallas, facilita la participación de los operadores y crea un entorno de aprendizaje continuo. La aplicación de la MC en la gestión de calidad permite identificar y corregir defectos en los productos antes de su envío al cliente, mejorando la calidad y reduciendo costos. Las tendencias actuales resaltan la importancia de la estrategia integral del TPM, la tecnología IoT, los sistemas CMMS y la mejora continua para lograr una mayor eficiencia, confiabilidad y productividad, aunque aún persisten desafíos en la adaptación a diferentes contextos geográficos.

Palabras clave: TPM, IoT, CMMS, Mejora Continua, Calidad.

Abstract

Total Productive Maintenance (TPM) as a comprehensive strategy has been proven to reduce maintenance costs, increase equipment availability, and improve quality. However, its global adoption has been uneven: some regions lead its implementation, while others face challenges such as lack of senior management commitment, resistance to change, and insufficient staff training. IoT technology has been instrumental in the evolution of TPM, enabling real-time data collection that facilitates predictive maintenance, improves overall equipment efficiency, and allows for early problem detection. In addition, the development of computer maintenance management software (CMMS) has also been key, as it allows companies to more efficiently manage maintenance activities. Integrating CMMS with other business systems has improved alignment with overall goals. The Continuous Improvement (CI) strategy is critical to maximizing efficiency and quality in the context of TPM, as it identifies and corrects faults, facilitates operator engagement, and creates a continuous learning environment. The application of MC in quality management allows for the identification and correction of defects in products before they are sent to the customer, improving quality and reducing costs. Current trends highlight the importance of a comprehensive TPM strategy, IoT technology, CMMS systems and continuous improvement to achieve greater efficiency, reliability and productivity, although challenges remain in adapting to different geographical contexts.

Keywords: TPM, IoT, CMMS, Continuous Improvement, Quality.

Recibido/Received	2024-07-15	Aprobado/Approved	2024-08-05	Publicado/Published	2024-08-06
-------------------	------------	-------------------	------------	---------------------	------------

Introducción

El Mantenimiento Productivo Total (TPM) es una estrategia de gestión integral que tiene como objetivo maximizar la eficiencia de los equipos y los procesos de producción mediante la participación activa de todos los empleados (Pomorski, 2004). Sus principios incluyen el mantenimiento preventivo, la mejora continua y la responsabilidad de los operarios en el mantenimiento y reparación de los equipos. A nivel internacional, el TPM se ha consolidado como una estrategia clave para mejorar la eficiencia y la competitividad de las empresas manufactureras (Ahuja & Khamba, 2008). Diversos estudios han demostrado que la implementación exitosa del TPM puede llevar a una reducción significativa de los costos de mantenimiento, un aumento en la disponibilidad de los equipos y una mejora en la calidad de los productos (Brah & Chong, 2004). Sin embargo, la adopción global del TPM ha sido desigual, con algunas regiones liderando su implementación mientras que otras aún enfrentan desafíos en su adaptación (Attri *et al.*, 2013).

A nivel nacional, la implementación del TPM ha ganado relevancia en los últimos años, especialmente en sectores industriales clave como el automotriz y de bienes de capital (Belekoukias *et al.*, 2014). Las empresas que han adoptado el TPM han mejorado su productividad, reducir los tiempos de inactividad de los equipos y aumentar la satisfacción de los clientes (Ahuja & Khamba, 2008). No obstante, aún existen barreras y desafíos que deben superarse para una adopción más generalizada del TPM a nivel nacional.

En la Provincia constitucional del Callao, la implementación del TPM ha sido más heterogénea, con algunas empresas líderes en la adopción de esta estrategia y otras que aún se encuentran en etapas iniciales. La falta de compromiso de la alta dirección, la resistencia al cambio y la insuficiente capacitación del personal son algunos de los principales obstáculos para una implementación exitosa del TPM (Pomorski, 2004; Attri *et al.*, 2013; Jain *et al.*, 2014). Además, se ha identificado la necesidad de adaptar los principios y herramientas del TPM a las particularidades de los contextos regionales (Brah & Chong, 2004). Cada región tiene su propia cultura organizacional, condiciones climáticas, disponibilidad de recursos y características específicas de su sistema productivo. Por lo tanto, es crucial ajustar las estrategias de TPM para abordar estos factores y garantizar una implementación efectiva.

Por otro lado, la tecnología IoT (Internet de las Cosas) ha desempeñado un papel fundamental en la evolución del TPM. Al integrar sensores y dispositivos conectados a la red, el IoT permite una recopilación de datos más precisa y en tiempo real sobre el estado y el rendimiento de los equipos (Jardine & Tsang, 2013). Esta información valiosa facilita la implementación de estrategias de mantenimiento predictivo, mejorando así la disponibilidad y la eficiencia general de los equipos (OEE) (Muchiri & Pintelon, 2008). Además, el uso de sensores inteligentes permite detectar problemas en etapas tempranas, reduciendo los tiempos de inactividad y aumentando la confiabilidad del sistema de producción (Mobley, 2002). Asimismo, la tecnología IoT posibilita la creación de alertas en tiempo real, lo que permite a los operadores tomar acciones correctivas rápidamente y reducir la probabilidad de fallas (Brah & Chong, 2004).

Otro aspecto relevante en la evolución del TPM es la integración y desarrollo de software de gestión de mantenimiento (CMMS). Estos sistemas permiten a las empresas rastrear y gestionar de manera más eficiente las actividades de mantenimiento, lo que resulta fundamental para alcanzar los objetivos de TPM (Pintelon & Parodi-Herz, 2008). Los CMMS ayudan a las organizaciones a planificar y programar el mantenimiento preventivo, realizar un seguimiento de los históricos de fallas y reparaciones, y generar informes clave sobre la eficiencia general de los equipos (OEE) (Swanson, 2001). La adopción de estos sistemas ha sido crucial para facilitar la implementación de TPM al proporcionar herramientas que permiten una gestión más efectiva de las actividades de mantenimiento.

La integración de los sistemas CMMS con otros sistemas empresariales, como la planificación de recursos empresariales (ERP) y la fabricación asistida por computadora (CAM), ha permitido una mayor visibilidad y una toma de decisiones basada en datos más sólida (Crespo & Gupta, 2006). Esta integración resulta crucial para alinear las actividades de mantenimiento con los objetivos generales de la empresa y

mejorar la eficiencia operativa. Además, permite obtener una visión integral de las operaciones y facilita la toma de decisiones estratégicas.

La estrategia de Mejora Continua (MC) es fundamental para maximizar la eficiencia y calidad de los procesos de producción. Se basa en identificar y corregir fallas y deficiencias en los procesos, lo que mejora la calidad y reduce costos (Pomorski, 2004). La implementación de la MC en el TPM ha demostrado resultados favorables en términos de OEE (Overall Equipment Effectiveness) y productividad (Bamber *et al.*, 2003). La MC se enfoca en identificar las causas raíz de los problemas y aplicar soluciones permanentes. Esto permite a los equipos de mantenimiento anticipar y prevenir problemas antes de que se conviertan en fallas, reduciendo los tiempos de inactividad y aumentando la confiabilidad del sistema de producción (Muchiri & Pintelon, 2008). Además, la MC fomenta la participación de los operadores en el proceso de mejora, promoviendo una mayor colaboración y una toma de decisiones más efectiva (Ahuja & Khamba, 2008).

Después de revisar los contextos previamente descritos, el propósito del presente artículo es analizar las tendencias actuales en el TPM y su adaptación en diferentes contextos geográficos, desde una perspectiva internacional hasta una regional. Dado que el TPM se ha consolidado como una estrategia clave para mejorar la eficiencia y competitividad de las empresas manufactureras a nivel global (Ahuja & Khamba, 2008), es fundamental comprender las particularidades de su implementación en distintas regiones y los desafíos en adaptar sus principios y herramientas a realidades específicas (Brah & Chong, 2004; Attri *et al.*, 2013). Este estudio tiene como objetivo avanzar en el conocimiento sobre el TPM mediante una revisión exhaustiva de la literatura académica, proporcionando una visión completa de las tendencias actuales y estrategias exitosas en TPM. La información recopilada será valiosa tanto para profesionales como para académicos interesados en mejorar los procesos de producción.

Materiales y métodos

Para el desarrollo de esta investigación se realizó una revisión sistemática de la literatura (RSL) para realizar un análisis exhaustivo y obtener respuestas a las preguntas de investigación establecidas . Además, se utilizaron estudios de mapeo sistemático para estructurar el tema de investigación.

Preguntas y objetivos de la investigación

Para iniciar la revisión sistemática es fundamental formular las preguntas de investigación, ya que éstas guían las etapas posteriores del proceso. La Tabla 1 presenta las preguntas de investigación (RQ) definidas junto con sus respectivos objetivos.

Tabla 1. Preguntas y objetivos de la investigación

Pregunta de investigación
RQ1: ¿Qué importancia tiene la adopción de TPM?
RQ2: ¿Cuál es la repercusión del manejo de software de gestión de mantenimiento (CMMS)?
RQ3: ¿Se considera fundamental la estrategia de Mejora Continua (MC)?

Fuentes de información y estrategia de búsqueda

Para la identificación de trabajos de investigación relevantes se consultó la fuente de información "SCOPUS", mediante la utilización la ecuación de búsqueda las palabras claves "Tendencias actuales, Mantenimiento productivo total, TPM, Adaptación, Innovaciones en mantenimiento, Mantenimiento"; resultando en 395 recuperaciones.

Selección y criterios de inclusión de estudios

A continuación se describen los pasos seguidos para la selección y filtrado de los 395 documentos identificados. Como resultado, se identificaron 17 artículos relevantes, como se ilustra en la Figura 1.

Criterios de inclusión

Estudios publicados entre 2019 y 2024.

Artículos en inglés y español.

Artículos de acceso abierto y de países latinoamericanos y Europa y Asia referidas a las palabras clave puestas en consideración.

Estudios que se centren en las tendencias actuales en mantenimiento productivo total, y su adaptación.

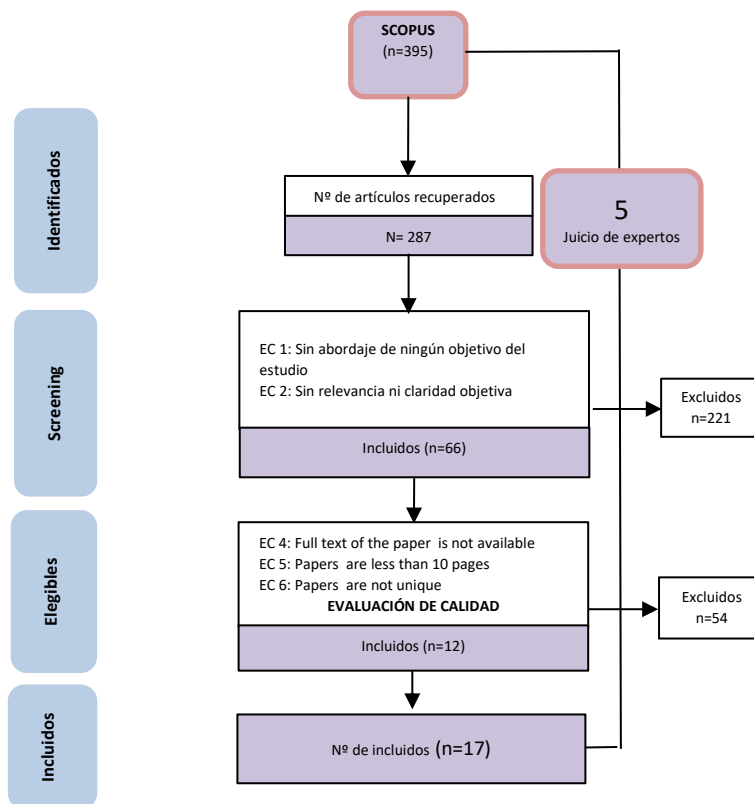


Figura 1. Metodología PRISMA

Evaluación de calidad

En esta fase se evaluó la calidad de los estudios que cumplieron con los criterios de inclusión, los artículos incluidos en la investigación se identificó aplicando seis criterios de evaluación de calidad (GC):

QA1: Objetivos claros y precisos.

QA2: Metodología descrita con referencias bibliográficas.

QA3: Hallazgos relevantes y acordes a los objetivos de este estudio.

QA4: Aportes específicos y sugerencias.

QA5: Uso adecuado del lenguaje técnico.

En esta fase se llevó a cabo una evaluación de calidad de los 66 estudios elegibles. Para determinar la relevancia de cada estudio, se realizó una evaluación individual basada en seis criterios de

evaluación de calidad. Todos los estudios primarios seleccionados, un total de 17, cumplieron satisfactoriamente con cada uno de los criterios de calidad (GC) establecidos.

Resultados

Se realizó un metaanálisis de artículos, obteniendo los siguientes resultados según lo vislumbrado en la tabla 2 y el diagrama mundial de las publicaciones (Figura 2). A nivel de liderazgo en investigaciones, se destacan los siguientes países en función del número de documentos: China (16,71%, n=66), Reino Unido (21,02%, n=38), Alemania (7,08%, n=28) y Estados Unidos (7,8%, n=28). Esto sugiere que estos países podrían ser los principales contribuyentes a la investigación en las áreas de Mantenimiento Productivo Total (TPM) y tendencias actuales en mantenimiento. En cuanto al impacto de las investigaciones y su trascendencia relevante en el mantenimiento, China lidera debido a su gran número de documentos. Además, el Reino Unido tiene el mayor número de citas (21,27%; 84/395), seguido por Alemania (18,99%; 75/395) y Estados Unidos (12,15%; 48/395).

A nivel de manejo de información, colaboración e interconexión, se observa que el Reino Unido lidera en la fuerza total de enlaces (8,89%; n=35), seguido de cerca por Alemania (21,02%, n=38), China (7,08%; n=26) y Francia (7,08%; n=26). Estos datos sugieren que estos países están más interconectados en sus investigaciones, posiblemente a través de colaboraciones internacionales o citas cruzadas en el campo del mantenimiento y el TPM. Además, se evidencia la presencia de países emergentes en investigación con tendencia al mantenimiento y al TPM en las regiones de Asia y África. Destacan Arabia Saudita, Egipto, Irán y Malasia, mostrando un creciente interés y desarrollo en la investigación sobre mantenimiento y TPM en esta región.

Tabla 1. Registro de publicaciones registradas por países en el mundo con tendencia y desarrollo del Mantenimiento productivo total (TPM)

Orden	Pais	Documentos	Citaciones	Fuerza Total de Enlace	Orden	Pais	Documentos	Citaciones	Fuerza Total de Enlace
1	united Kingdom	38	84	35	31	puerto rico	1	0	3
2	germany	28	75	28	32	romania	1	3	3
3	china	66	30	26	33	south africa	2	5	3
4	france	11	29	26	34	turkey	6	4	3
5	italy	15	21	19	35	united arab emirates	2	0	3
6	united states	28	48	16	36	brazil	3	0	2
7	australia	15	19	15	37	croatia	2	7	2
8	spain	13	36	15	38	czech republic	2	1	2
9	netherlands	13	29	14	39	el salvador	1	0	2
10	portugal	13	4	11	40	india	7	2	2
11	saudi arabia	10	13	11	41	mexico	1	0	2
12	denmark	5	25	9	42	nigeria	1	11	2
13	switzerland	5	12	9	43	taiwan	2	0	2
14	egypt	6	10	8	44	viet nam	1	0	2
15	ireland	4	1	7	45	amp	1	0	1
16	pakistan	2	2	7	46	colombia	1	0	1
17	austria	4	2	6	47	ethiopia	1	0	1
18	finland	3	2	6	48	greece	4	3	1
19	iran	5	4	6	49	hungary	2	0	1
20	malaysia	5	19	6	50	lebanon	1	7	1
21	japan	9	1	5	51	new zealand	1	0	1
22	south korea	8	8	5	52	qatar	1	0	1
23	bangladesh	3	0	4	53	singapore	1	25	1
24	canada	5	7	4	54	uganda	1	2	1
25	sweden	13	20	4	55	yemen	1	0	1
26	bahrain	3	1	3	56	argentina	1	0	0
27	belgium	3	18	3	57	israel	1	1	0
28	jordan	2	4	3	58	morocco	1	0	0
29	norway	7	15	3	59	poland	1	0	0
30	peru	1	0	3	60	slovenia	1	0	0

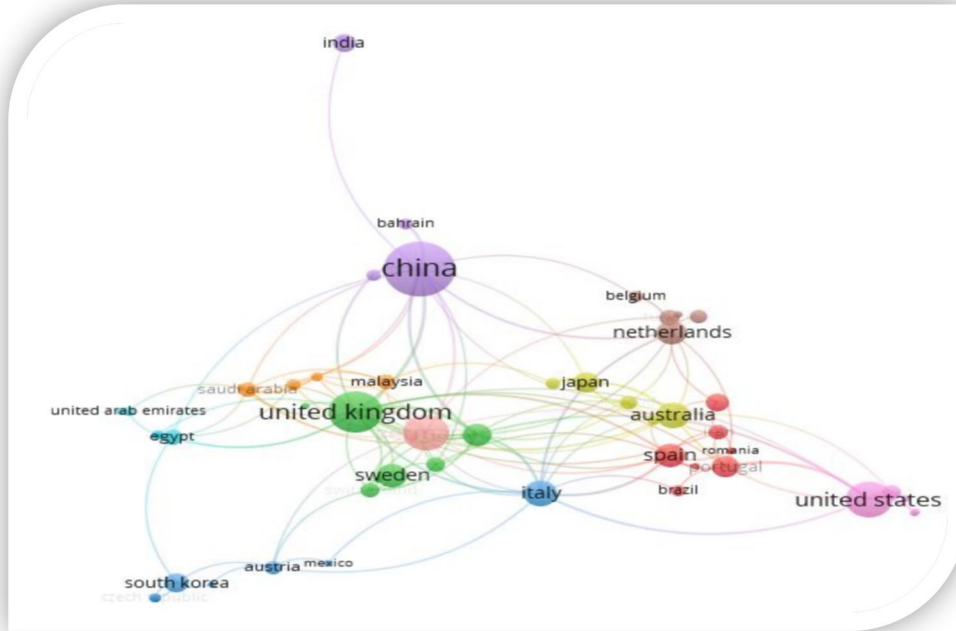


Figura 2. Diagrama de Distribución mundial de investigaciones referidas a tendencias actuales en el Mantenimiento Productivo Total

En la región sudamericana, se evidencian las tendencias actuales en investigaciones sobre mantenimiento. Según el número de documentos y la fuerza total de enlaces, los países representativos son Brasil, Perú, Colombia y Argentina. Además, en los inicios de investigaciones en mantenimiento, países de América Central y el Caribe, como México, Puerto Rico y El Salvador, también están involucrados. Por otro lado, la adaptación e innovación en el contenido de las investigaciones es evidente. La presencia de países con diferentes niveles de desarrollo industrial sugiere que podría haber una variedad de enfoques en la adaptación e innovación en mantenimiento, posiblemente reflejando diferentes contextos industriales y económicos.

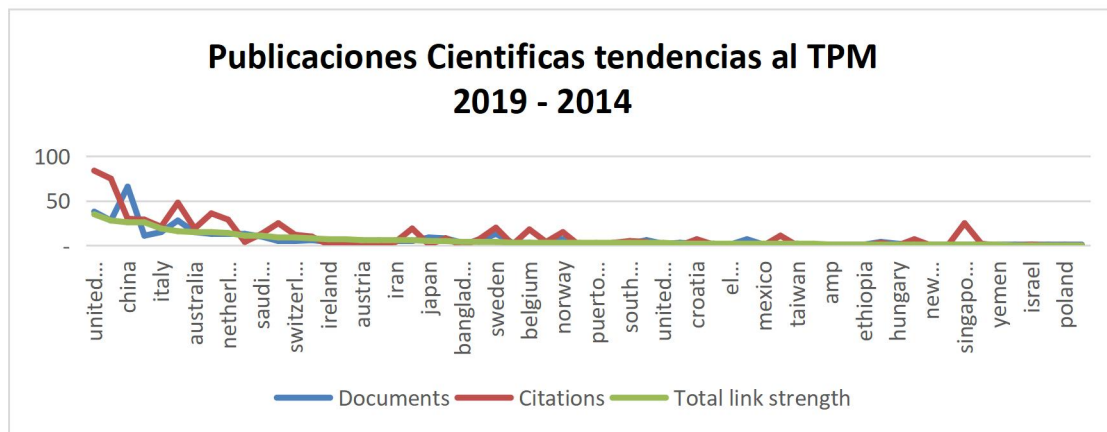


Figura 3. Distribución de publicaciones del TPM 2019- 2024

En los últimos 5 años (2019-2024), la investigación en TPM y mantenimiento ha estado liderada principalmente por Europa y Asia. En particular, el Reino Unido, Alemania y China se encuentran a la vanguardia en estas áreas. Estos continentes demuestran una fuerte colaboración interna y un enfoque constante en la innovación.

Norteamérica, con Estados Unidos como actor principal, mantiene una posición relevante con investigaciones de alto impacto. Por su parte, Oriente Medio está emergiendo como una región de creciente importancia, lo que refleja el desarrollo de sus sectores industriales.

Oceanía presenta una presencia más modesta en este ámbito, mientras que Sudamérica y África muestran una representación limitada. Esta distribución resalta oportunidades para expandir la investigación y la colaboración global en TPM y mantenimiento, fomentando un intercambio de conocimientos más amplio y diverso.

Discusión

Según la literatura académica, Europa y Asia lideran la investigación en Mantenimiento Productivo Total (TPM) y mantenimiento. Países como el Reino Unido, Alemania y China están a la vanguardia en términos de publicaciones y colaboración interna. Además, Norteamérica, especialmente Estados Unidos, también desempeña un papel relevante en investigaciones de alto impacto. Asimismo, Oriente Medio está emergiendo como una región importante en el campo del mantenimiento, una tendencia mundial que concuerda con las observaciones de Pomorski (2004) y Attri *et al.* (2013).

En contraste, Sudamérica y África muestran una representación más limitada en la investigación sobre TPM y mantenimiento. Sin embargo, esta distribución resalta oportunidades para expandir la investigación y la colaboración global en estas áreas, fomentando un intercambio de conocimientos más amplio y diverso.

La integración de tecnologías avanzadas como IoT, BIG DATA, y sistemas CMMS ha sido fundamental en la evolución del TPM, permitiendo el mantenimiento predictivo y mejorando la eficiencia general de los equipos (OEE). La literatura reciente enfatiza la importancia de estas innovaciones tecnológicas y su integración con conceptos de Industria 4.0, presentando áreas prometedoras para futuras investigaciones. Podemos decir entonces hasta este punto que la integración de la tecnología IoT con el Mantenimiento Productivo Total (TPM) ha sido fundamental para mejorar la eficiencia, la confiabilidad y la productividad de los sistemas de producción. Al proporcionar datos en tiempo real sobre el estado de los equipos, el IoT facilita la implementación de estrategias de mantenimiento predictivo y el mantenimiento autónomo, lo que se traduce en una mejora de la eficiencia general de los equipos (OEE) (Pomorski, 2004).

También facilita la participación de los operadores en el mantenimiento autónomo. Al tener acceso a información en tiempo real sobre el estado de los equipos, los operadores pueden realizar tareas de mantenimiento básicas y reportar problemas de manera oportuna, lo que mejora la eficiencia global de los equipos (OEE) (Bamber *et al.*, 2003). Esto fomenta una mayor colaboración y una mejor toma de decisiones, lo que se traduce en una mejora de la eficiencia y la productividad (Ahuja & Khamba, 2008). Además, la tecnología IoT permite la creación de un sistema de mantenimiento basado en la condición, lo que permite a los operadores realizar mantenimiento solo cuando es necesario, reduciendo así los costos de mantenimiento y mejorando la disponibilidad de los equipos (Brah & Chong, 2004).

Además, la tecnología IoT permite una mejor coordinación entre los departamentos de producción y mantenimiento, ya que ambos tienen acceso a los mismos datos en tiempo real (Brah & Chong, 2004). La recopilación y el análisis de datos a través de la tecnología IoT también pueden ayudar a identificar oportunidades de mejora en los procesos de producción y mantenimiento. Al analizar los patrones de rendimiento de los equipos, los equipos de TPM pueden implementar cambios para optimizar el uso de los recursos y reducir los desperdicios (Pomorski, 2004). La tecnología IoT también permite la creación de un sistema de alertas que alerta a los operadores cuando los niveles de recursos se están acercando a los límites, lo que permite a los operadores tomar acciones preventivas y reducir la probabilidad de fallas (Bamber *et al.*, 2003).

Podemos decir entonces hasta este punto que la integración de la tecnología IoT con el Mantenimiento Productivo Total (TPM) ha sido fundamental para mejorar la eficiencia, la confiabilidad y

la productividad de los sistemas de producción. Al proporcionar datos en tiempo real sobre el estado de los equipos, el IoT facilita la implementación de estrategias de mantenimiento predictivo y el mantenimiento autónomo, lo que se traduce en una mejora de la eficiencia general de los equipos (OEE) (Pomorski, 2004). Se da un proceso de evolución así los CMMS también han evolucionado para incluir funcionalidades avanzadas, como el mantenimiento predictivo basado en el análisis de datos de sensores (Jardine *et al.*, 2006). Estas nuevas capacidades han permitido a las empresas anticipar y prevenir fallas de los equipos, lo que contribuye a mejorar la confiabilidad y disponibilidad de los activos. La adopción de CMMS con funcionalidades avanzadas ha sido clave para facilitar la implementación de TPM (Ahuja & Khamba, 2008).

Se evidencia ante este escenario un proceso de participación y autonomía a medida que las empresas continúan adoptando enfoques de fabricación más avanzados, como la Industria 4.0, la integración de los CMMS con tecnologías emergentes, como el Internet de las Cosas (IoT) y el análisis de big data, se ha vuelto cada vez más importante (Lee *et al.*, 2014). Esto permite una mayor visibilidad y optimización de las actividades de mantenimiento, lo que a su vez respalda los objetivos de TPM de mejorar la confiabilidad y la eficiencia general de los equipos (Pomorski, 2004). La participación de los operadores en el mantenimiento a través de los CMMS ha sido fundamental para lograr los objetivos de TPM.

Se evidencia la mejora de eficiencia funcional, tal que la evolución de los CMMS ha sido fundamental para facilitar la implementación y el éxito de los programas de TPM en las empresas (Tsang, 2002). Estos sistemas han permitido una mejor planificación, seguimiento y análisis de las actividades de mantenimiento, lo que ha contribuido a mejorar la disponibilidad, la eficiencia y la calidad de los procesos de producción. La mejora de la eficiencia operativa ha sido un resultado clave de la adopción de los CMMS en el contexto de TPM.

La creciente importancia de los CMMS en el contexto de TPM se debe en gran medida a su capacidad para mejorar la eficiencia general de los equipos (OEE) – Overall Equipment Effectiveness (Muchiri & Pintelon, 2008). Al proporcionar herramientas para planificar, rastrear y analizar las actividades de mantenimiento, los CMMS ayudan a las empresas a identificar y abordar las principales fuentes de pérdida de eficiencia, como las fallas de los equipos, los tiempos de inactividad y los defectos de calidad. Esto, a su vez, respalda los esfuerzos de TPM para maximizar la disponibilidad, el rendimiento y la calidad de la producción. La influencia de los CMMS en la mejora de la OEE ha sido fundamental para el éxito de los programas de TPM.

La estrategia de Mejora Continua (MC) se destaca como un componente esencial del TPM, maximizando la eficiencia y calidad. Sin embargo, persisten desafíos en la implementación, incluyendo la falta de compromiso de la alta dirección, resistencia al cambio y capacitación insuficiente, los cuales son comunes en diversas regiones geográficas.

La MC también se puede aplicar en la gestión de la calidad, permitiendo la identificación y corrección de defectos en los productos antes de que se envíen al cliente. Esto se traduce en una mejora de la calidad del producto y una reducción de los costos de rechazo (Pomorski, 2004). Además, la MC permite la implementación de sistemas de control de calidad en tiempo real, lo que permite a los operadores tomar acciones correctivas rápidamente y reducir la probabilidad de fallas (Bamber *et al.*, 2003).

La MC también se puede aplicar en la gestión de los recursos, permitiendo la optimización del uso de los recursos y la reducción de los desperdicios. Al analizar los patrones de rendimiento de los equipos, los equipos de TPM pueden implementar cambios para optimizar el uso de los recursos y reducir los desperdicios (Muchiri & Pintelon, 2008). Esto se traduce en una mejora de la eficiencia y una reducción de los costos de mantenimiento (Jardine & Tsang, 2013).

En resumen, la estrategia de Mejora Continua (MC) es una herramienta fundamental para mejorar la eficiencia, la confiabilidad y la productividad de los sistemas de producción. Al proporcionar

datos en tiempo real sobre el estado de los equipos, la MC facilita la implementación de estrategias de mantenimiento predictivo y el mantenimiento autónomo, lo que se traduce en una mejora de la eficiencia general de los equipos (OEE) (Pomorski, 2004).

Consideraciones finales “El Futuro del Mantenimiento Productivo Total (TPM)”

El Mantenimiento Productivo Total (TPM) ha demostrado ser una estrategia integral con beneficios tangibles, aunque su adopción global aún presenta desigualdades. Europa y Asia lideran la investigación en este campo, con una colaboración internacional significativa. Sin embargo, Sudamérica y África están subrepresentadas, lo que abre oportunidades para expandir la investigación y adaptar el TPM a diversos contextos geográficos e industriales.

La integración de tecnologías avanzadas, como el Internet de las Cosas (IoT), el Big Data y los sistemas de gestión de mantenimiento (CMMS), ha sido fundamental en la evolución del TPM. Estas innovaciones permiten el mantenimiento predictivo y mejoran la eficiencia general de los equipos (OEE). Además, la literatura actual enfatiza su integración con conceptos de la Industria 4.0, lo que promete áreas de investigación futuras.

La estrategia de Mejora Continua (MC) sigue siendo esencial en el TPM, maximizando la eficiencia y la calidad. Sin embargo, persisten desafíos en su implementación, como la falta de compromiso de la alta dirección, la resistencia al cambio y la capacitación insuficiente. Estos obstáculos son comunes en diversas regiones geográficas.

Una tendencia emergente se observa en Oriente Medio, donde países como Arabia Saudita, Egipto e Irán están aumentando sus publicaciones sobre TPM. Esto refleja un creciente interés global en la adaptación y aplicación del TPM en diferentes contextos industriales y económicos.

La investigación en TPM está avanzando en accesibilidad y calidad, con un enfoque en publicaciones de acceso abierto y revisadas por pares. Sin embargo, el análisis bibliométrico destaca la necesidad de una mayor colaboración internacional y programas de capacitación adaptados a las particularidades regionales e industriales. Estas acciones son esenciales para impulsar la adopción global del TPM y compartir las mejores prácticas a lo largo del tiempo.

La investigación en TPM está experimentando avances significativos en accesibilidad y calidad, con un enfoque en publicaciones de acceso abierto y revisadas por pares, lo que facilita la difusión global del conocimiento y mantiene altos estándares; sin embargo, el análisis bibliométrico revela la necesidad de mayor colaboración internacional y desarrollo de programas de capacitación adaptables a las particularidades regionales e industriales, especialmente en áreas subrepresentadas, para impulsar la adopción global del TPM y compartir mejores prácticas en el tiempo.

Agradecimientos

A nuestra casa de estudio “Universidad Nacional del Callao”.

Conflicto de intereses

Sin conflicto de intereses.

Referencias

Ahuja, I., & Khamba, J. (2008). Total productive maintenance: Literature review and directions. *International Journal of Quality and Reliability Management*, 25(7), 709-756. <https://doi.org/10.1108/02656710810890890>

- Attri, R., Grover, S., Dev, N., & Kumar, D. (2013). Analysis of barriers of total productive maintenance (TPM). *International Journal of System Assurance Engineering and Management*, 4(4), 365-377. <https://doi.org/10.1007/s13198-012-0122-9>
- Bamber, C., Castka, P., Sharp, J., & Motara, Y. (2003). Cross-functional team working for overall equipment effectiveness (OEE). *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 9(3), 223-238. <https://doi.org/10.1108/13552510310493684>
- Belekoukias, I., Garza-Reyes, J. A., & Kumar, V. (2014). The impact of lean methods and tools on the operational performance of manufacturing organisations. *International Journal of Production Research*, 52(18), 5346-5366. <https://doi.org/10.1080/00207543.2014.903348>
- Brah, S. A., & Chong, W. K. (2004). Relationship between total productive maintenance and performance. *International Journal of Production Research*, 42(12), 2383-2401. <https://doi.org/10.1080/00207540410001661418>
- Crespo, A., & Gupta, J. N. D. (2006). Contemporary maintenance management: Process, framework and supporting pillars. *Omega*, 34(3), 313-326. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2004.11.003>
- Jain, A., Bhatti, R., & Singh, H. (2014). Total productive maintenance (TPM) implementation practice: a literature review and directions. *International Journal of Lean Six Sigma*, 5(3), 293-323. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-06-2013-0032>
- Jardine, A. K. S., & Tsang, A. H. C. (2013). *Maintenance, Replacement, and Reliability Theory and Applications*. <http://www.taylorandfrancis.com>
- Jardine, A., Lin, D., & Banjevic, D. (2006). A review on machinery diagnostics and prognostics implementing condition-based maintenance. En *Mechanical Systems and Signal Processing* (Vol. 20, Número 7, pp. 1483-1510). <https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2005.09.012>
- Lee, J., Kao, H. A., & Yang, S. (2014). Service innovation and smart analytics for Industry 4.0 and big data environment. *Procedia CIRP*, 16, 3-8. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.02.001>
- Mobley, R. K. (2002). *An introduction to predictive maintenance*. Butterworth-Heinemann.
- Muchiri, P., & Pintelon, L. (2008). Performance measurement using overall equipment effectiveness (OEE): Literature review and practical application discussion. *International Journal of Production Research*, 46(13), 3517-3535. <https://doi.org/10.1080/00207540601142645>
- Pintelon, L., & Parodi-Herz, A. (2008). Maintenance: An Evolutionary Perspective. En *Springer Series in Reliability Engineering* (Vol. 8, pp. 21-48). Springer London. https://doi.org/10.1007/978-1-84800-011-7_2
- Pomorski, T. R. (2004). *Total Productive Maintenance Concepts and Literature Review Total Productive Maintenance (TPM) Concepts and Literature Review*.

Swanson, L. (2001). Linking maintenance strategies to performance. En *Int. J. Production Economics* (Vol. 70).

Tsang, A. H. c. (2002). Strategic dimensions of maintenance management. En *Journal of Quality in Maintenance Engineering* (Vol. 8, Número 1, pp. 7-39).
<https://doi.org/10.1108/13552510210420577>

