

# Total productive maintenance in the manufacturing sector. A systematic literature review

Balcázar-Hidalgo Paulo Joaquin, Estudiante de Ingeniería Industrial<sup>1</sup>, Dr. Chávez-Romero Zaida Brenilda<sup>1</sup> y Mg. Torres-Mírez Karl Friederick<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Tecnológica del Perú, Perú, 1611866@utp.edu.pe, zchavez@utp.edu.pe y C19718@utp.edu.pe

*Abstract– This systematic literature review arises from the need to maintain high productivity in manufacturing companies. Its general objective is to identify TPM strategies that increase OEE in the manufacturing sector. The methodology used is quantitative and descriptive, 24 scientific articles of utmost importance for the research were considered, where only articles in English and Spanish were considered, with initial date in 2018.*

*During the analysis of selected articles, it is considered necessary to mention the indicators that are part of the OEE and are related to productivity in the organization. It is also revealed that a large part of the factors affecting productivity in the manufacturing sector are linked to machinery, highlighting the 6 main failures. In turn, autonomous maintenance was considered as an essential pillar of TPM, promoting the participation of all employees from activities that ensure the proper functioning of the machinery. In addition, tools are determined for the identification of problems and to sustain the implementation of the methodology, mentioning the top management as an important role to increase the OEE. Finally, results are shown where the increase of OEE through a correct implementation of TPM is proved.*

*Keywords-- Total Productive Maintenance, Overall Equipment Effectiveness, Quality, Productivity, Maintenance*

**Digital Object Identifier:** (only for full papers, inserted by LEIRD).  
**ISSN, ISBN:** (to be inserted by LEIRD).  
**DO NOT REMOVE**

# Mantenimiento productivo total en el sector manufacturero. Una revisión sistemática de literatura

Balcázar-Hidalgo Paulo Joaquin, Estudiante de Ingeniería Industrial<sup>1</sup>, Dr. Chávez-Romero Zaida Brenilda<sup>1</sup> y Mg. Torres-Mírez Karl Friederick<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Tecnológica del Perú, Perú, 1611866@utp.edu.pe, zchavez@utp.edu.pe y C19718@utp.edu.pe

*Resumen- Esta revisión sistemática de la literatura surge de la necesidad de mantener una alta productividad en las empresas manufactureras. Su objetivo general identificar las estrategias del TPM que incrementan el OEE en el sector manufacturero. La metodología utilizada es cuantitativa y descriptiva, se consideraron 24 artículos científicos de suma importancia para la investigación, donde solo se consideraron artículos en inglés y español, con fecha inicial en 2018.*

*Durante el análisis de los artículos seleccionados, se considera necesario mencionar los indicadores que forman parte de la OEE y que están relacionados con la productividad en la organización. También se revela que gran parte de los factores que afectan la productividad en el sector manufacturero están vinculados a la maquinaria, destacando las 6 principales fallas. A su vez, el mantenimiento autónomo fue considerado como un pilar esencial del TPM, promoviendo la participación de todos los empleados a partir de actividades que garanticen el buen funcionamiento de la maquinaria. Además, se determinan herramientas para la identificación de problemas y para sostener la implementación de la metodología, mencionando a la alta dirección como un papel importante para incrementar el OEE. Finalmente, se muestran resultados donde se comprueba el incremento del OEE a través de una correcta implementación del TPM.*

*Palabras clave—Mantenimiento Productivo Total, Eficacia Global de los Equipos, Calidad, Productividad, Mantenimiento.*

## I. INTRODUCCIÓN

El Mantenimiento Productivo Total (TPM) es un modelo de gestión que engloba términos como calidad, productividad, eficacia, disponibilidad de máquinas, entre otros. El TPM es considerado como un plan de mejora basado en un sistema integral de mantenimiento productivo a lo largo de toda la vida útil del equipo, comprendiendo todos los campos y contando con la participación de todos los colaboradores, buscando fomentar el mantenimiento productivo a través de la motivación o de las actividades voluntarias en equipo [1].

En la actualidad las industrias presentan máquinas y equipos en casi todos los procesos de producción. Las empresas que más afrontan problemas en mantener el rendimiento de las máquinas y equipos son las que pertenecen al sector manufacturero, las cuales buscan incrementar el rendimiento de la producción para mantenerse en un entorno

competitivo [2]. Por esta razón, están más expuestas a problemas de inoperatividad por fallas o averías.

Para entender el crecimiento a nivel mundial relacionado con el sector manufacturero, el incremento del PBI fue el factor principal para el crecimiento mundial. Durante el 2021 se presentó un aumento de 5.8%, destacando un alza en los sectores de construcción, transporte, comercio, manufactura y comunicaciones [3].

En base al incremento del sector manufactura, se observa una recuperación nacional durante el 2021, donde la industria manufacturera presentó un crecimiento del 17.8%, siendo el segundo sector, solo por detrás de construcción con 34.5% [3].

Desafortunadamente en nuestro país, el número de empresas nacionales que aplican el TPM es muy bajo, más aún en un sector como el manufacturero, el cual se considera sumamente importante e indispensable en la economía peruana. El alto nivel de maquinarias y la dependencia de estas para el proceso productivo ocasionan un alto nivel de incertidumbre en cuando a la producción, sin embargo, no se toman cartas al asunto para evitar futuros inconvenientes.

Toda industria sin importar el sector al que pertenezca busca obtener una ventaja competitiva para poder diferenciarse de los demás. Dentro de los distintos puntos de vista para obtener cierta ventaja competitiva, el TPM se destaca por promover el mantenimiento autónomo. Investigaciones anteriores muestran cómo una instalación y correcta aplicación del TPM aumenta de manera significativa la Efectividad Global de los Equipos (OEE) en las áreas de trabajo, reduciendo a su vez paradas de máquinas y equipos [4]. Por esta razón, es recomendable poner atención al TPM para incrementar la productividad, logrando también una reducción de costos [5].

Cabe mencionar que la aplicación del TPM permitirá a las organizaciones una mejora no solo enfocada en un punto de vista en particular, sino alineada a distintas ramas que permitan un crecimiento sostenible en la organización, buscando incrementar la OEE. Según se indica, la eficacia global de los equipos evalúa el nivel con el que se realiza una operación de producción, expresada en términos de rendimiento, calidad y disponibilidad [4].

Por esta razón, se busca brindar un modelo de gestión de mantenimiento productivo total que demuestre su importancia en el sector manufacturero, con la finalidad de mejorar el OEE

y la productividad en la industria en base a reducción de paradas inesperadas en las maquinarias.

En ese sentido, se tiene como objetivo identificar las estrategias del TPM que incrementan el OEE en el sector manufacturero, través de una revisión sistemática de literatura (RSL); mediante los siguientes objetivos específicos: reconocer que problemas se pueden solucionar mediante la aplicación del TPM en el sector manufacturero, identificar las herramientas y pilares del TPM para incrementar los indicadores relacionados a producción y productividad, y determinar los resultados obtenidos al aplicar el TPM en el sector manufacturero.

De este modo, la presente investigación se organiza de la siguiente manera: para iniciar se describe la metodología empleada durante la RSL. Posteriormente, se presenta la combinación de resultados generada a partir de los criterios de búsqueda. Además, se muestra un resumen acerca de resultados cualitativos y cuantitativos basados en los objetivos específicos, generando un mayor entendimiento para una correcta aplicación del TPM. Finalmente se generan conclusiones, sirviendo de apoyo para futuras investigaciones.

## II. METODOLOGÍA

Durante la presente investigación se desarrolló una metodología basada en una “Revisión Sistemática de Literatura”. Cabe mencionar que la iniciativa para la presente investigación surgió con el objetivo de incrementar la OEE en el sector manufacturero, un sector sumamente importante para la economía peruana. Ante esta problemática se determinó la aplicación del TPM. Para la elaboración de la presente RSL se tuvo en cuenta la metodología descrita en la tabla 1, la cual muestra un resumen de su aplicación. De esta manera se brindó una investigación organizada, minuciosa y replicable.

Para el proceso de búsqueda se consideraron artículos científicos y papers de conferencia publicados en revistas, de idioma inglés o español. Debido a la veracidad y calidad de información, se emplearon las siguientes bases de datos como motores de búsqueda: Scopus, Scielo, Ebsco y Web of Science. A su vez, han sido seleccionados los artículos de libre acceso.

Además, la información fue comprendida entre los años 2018 hasta 2023, la cual no solo asegura fuentes primarias actuales, sino también permita una gran cantidad de información ante el incremento de investigaciones científicas en los últimos años [6]. Las palabras claves también fueron combinadas para incrementar los resultados, esta combinación se usó en toda la base de datos considerada como motor de búsqueda, para la cual se aplicaron los operadores booleanos AND, OR. Además, se utilizaron símbolos de truncamiento (\*, “insert phrase”) que otorgan mejores resultados.

Mediante estos criterios establecidos se eliminaron los artículos duplicados, obteniendo finalmente resultados para

evaluación y selección. La tabla 1 describe en forma resumida la metodología considerada para la presente RSL.

TABLA I  
RESUMEN DE LA METODOLOGÍA EMPLEADA PARA LA BÚSQUEDA

Criterios de búsqueda	Parámetros para la búsqueda de información.			
Pregunta de investigación	¿Qué herramientas del TPM incrementan la Eficiencia Global de los equipos en el sector manufacturero?			
Palabras claves empleadas en la búsqueda	Total Productive Maintenance (TPM) Productivity. Autonomous maintenance. Maintenance.		Overall Equipment Effectiveness (OEE) Quality. Availability. Performance.	
Base de datos	Scopus.	Scielo.	Ebsco.	Wos.
Periodo de selección	2018 – 2023.			
Idioma	Inglés.		Español.	
Tipo de documento	Artículo científico.		Papers de conferencia.	
Accesibilidad	Open Access.			
Criterio de selección	Proceso elaborado por 3 puntos principales, comprendida en 7 etapas (figura 1).			

Con el fin de detallar la búsqueda en los artículos de revisión, se desagregó la pregunta PICO. Esta descomposición sintetiza la información de manera mas clara. Las 3 preguntas formuladas de manera concisa se muestran en la tabla 2:

TABLA II  
ESTRUCTURA PICO

Estructura PICO	Pregunta
P	¿Qué problemas del sector manufacturero se podrían solucionar mediante la implementación del TPM?
I	¿Cuáles son las herramientas y pilares del TPM que buscan incrementar los indicadores relacionados a producción y productividad?
C	No aplica por ser un estudio de revisión.
O	¿Cuáles han sido los resultados específicos obtenidos al aplicar TPM en el sector manufacturero?

Al realizar la búsqueda con los criterios establecidos se determinó que Scielo y Web of Science no sean consideradas dentro de la base de datos, esto se debe a que la baja cantidad de artículos resultaron ser duplicados. Ante esta búsqueda se encontraron 396 resultados en Scopus y 9 en Ebsco. La combinación de palabras claves mediante operadores booleanos mostraron 23 artículos duplicados, los cuales se excluyeron para continuar con la selección. Según estos

critérios se consideraron 89 artículos como potenciales para la RSL, dejando 296 registros excluidos. Además, cabe mencionar que se realizó una búsqueda manual con la finalidad de encontrar artículos importantes para la revisión sistemática, obteniendo solo un resultado. La lectura de los resúmenes permitió destacar 24 artículos, las cuales serán de uso para los resultados de la presente revisión sistemática de literatura. La figura 1 muestra el diagrama de flujo PRISMA llevado a cabo para la selección de artículos científicos.

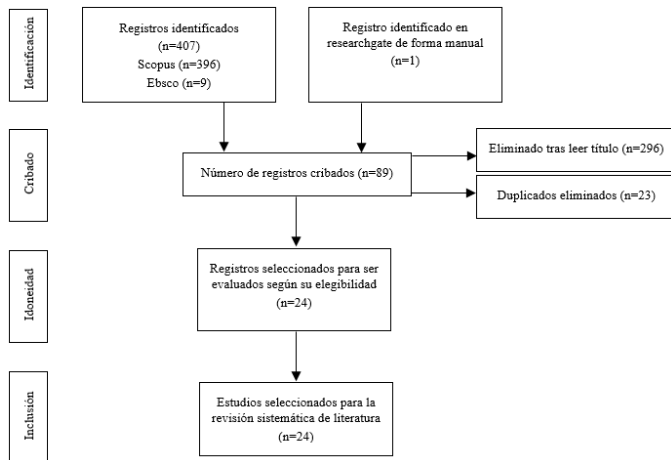


Figura 1. Diagrama de flujo PRISMA en cuatro niveles

En la siguiente sección se muestran los resultados obtenidos después de la lectura y posterior análisis de las investigaciones. Como primer punto se propone identificar las estrategias del TPM que incrementan el OEE en el sector manufacturero. Posteriormente se reconocen que problemas se pueden solucionar mediante la aplicación del TPM en el sector manufacturero. Además, se identifican las herramientas y pilares del TPM para incrementar indicadores relacionados a producción y productividad. Finalmente se determinan los resultados obtenidos al aplicar el TPM en el sector manufacturero.

### III. RESULTADOS

#### III.I. RESULTADOS BIBLIOMÉTRICOS

Para la presente investigación se organizaron los artículos según fecha de publicación y país de origen. En la figura 2 se puede ver que el año 2019 fue el de mayor aporte científico para nuestra investigación, contando con un total de 9 artículos, seguido del año 2018 con 7 artículos.

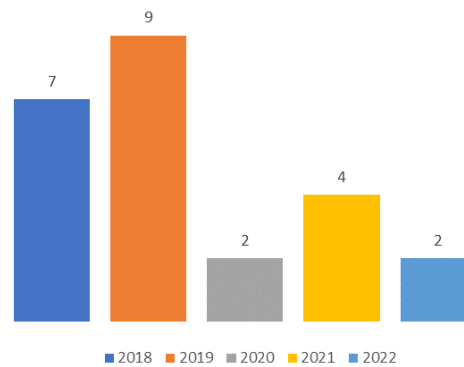


Figura 2. Artículos según año de publicación

Respecto al país de origen, la figura 3 muestra a India como el país con principal aporte de carácter científico, con una totalidad de 7 artículos considerados para esta investigación. Además, se consideraron 3 artículos publicados en Malasia.

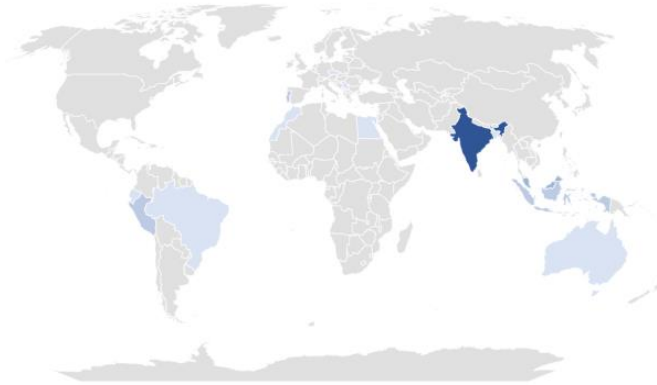


Figura 3. Artículos según país de origen

Cabe mencionar que los análisis de los resultados serán útiles para el entendimiento y respuesta de los objetivos presentes en la RSL, tanto general como específicos.

#### III.II. RESULTADOS DE INGENIERÍA

A continuación, se realiza una síntesis de la información obtenida en los 24 artículos considerados para la presente RSL, en función a las preguntas según la estructura PICO.

- a. *¿Qué problemas del sector manufacturero se podrían solucionar mediante la implementación del TPM?*

Para determinar que problemas afectan al OEE es necesario mencionar que es una herramienta usada para la medición de la productividad [7], el cual está basado en los indicadores de disponibilidad, rendimiento y disponibilidad

[4], [8]–[17]. Al hablar de problemas hay que tener en cuenta que el ser sector manufacturero, en su gran mayoría emplea el uso de maquinarias, por lo cual el OEE determina su estado actual y por donde comenzar el proceso de mejora [5].

Es importante recordar que el sector manufacturero es un sector en el cual se genera una inestabilidad en cuanto a la productividad y que afronta diversos problemas relacionados a la vida útil de las máquinas, entre los que destacan las 6 principales fallas [2]. Estas fallas suelen ser por avería, por preparación y ajuste, por inactividad y pérdidas menores, por velocidad reducida, por defecto de calidad y repetición de trabajos, y por puesta en marcha [5], [8]–[12], [16], [18]–[21].

La figura 4 indica que el 85% de los investigadores seleccionados consideran a las 6 fallas principales las causantes de los problemas relacionados a maquinarias. Mientras que el porcentaje restante menciona una mala estandarización e ineficiencia de mantenimientos [17], tiempo de procesamiento en pérdidas de producción normales y anormales [4].

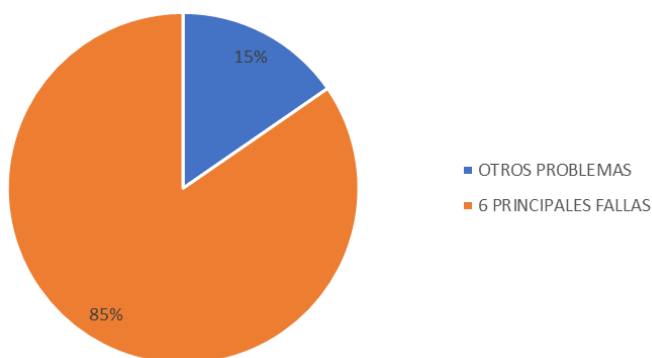


Figura 4. Autores que consideran a las 6 grandes fallas.

Por otro lado, esta información permitió entender que también existen otros problemas que afectan a la productividad en las industrias manufactureras, las cuales no se encuentran relacionados a maquinarias. Dentro de estos problemas se encuentran los tiempos de inactividad en actividades que no generan valor añadido o en simplemente tiempos donde el operario no tenga ninguna función específica a realizar [4], [5], [17]. La falta de repuestos es un problema relacionado al inventario, donde se considera tener lo necesario para evitar paradas inesperadas en la producción [2], [5], [17], [20]. La falta de personal calificado no solo alerta la producción ante una mala gestión del equipo, sino también, pone en riesgo la vida útil de la maquinaria [11], [13], [14], [17], [20]. La insuficiente capacidad de gestión y recursos financieros generan un alto grado de incertidumbre a dicho sector [21]. Se considera también al medio ambiente, aunque este factor sea anómalo e inesperado [11]. Finalmente, la falta de indicadores también es considerado como un problema en el sector manufacturero, el cual para hablar de productividad es indispensable el uso de estos [14]. En la figura 5 se detalla

de manera cuantitativa la presencia de cada problema en relación con los artículos revisados.

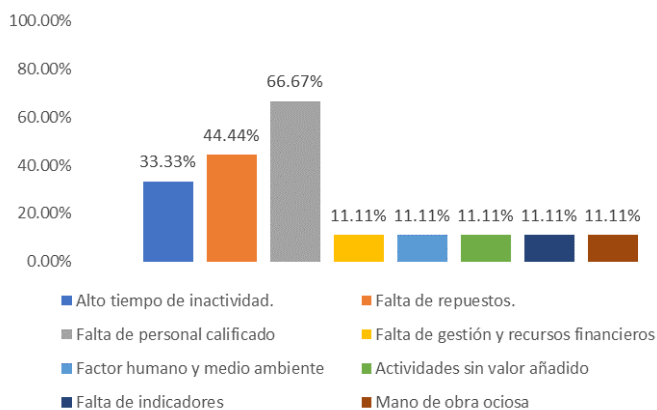


Figura 5. Otros problemas asociados a TPM en empresas de la industria manufacturera.

b. *¿Cuáles son las herramientas y pilares del TPM que buscan incrementar los indicadores relacionados a producción y productividad?*

El TPM se considera una filosofía que busca un alto rendimiento global de las máquinas en una organización. Basado en la participación y compromiso de todos los empleados, incluyendo la alta dirección. El principal objetivo del TPM es mejorar la eficiencia de los equipos. [13]

Las herramientas que se aplican durante el TPM facilitan la identificación de la problemática respecto a las maquinarias, además del cumplimiento y correcta ejecución de esta filosofía. Son 7 las herramientas mencionadas durante la lectura de artículos científicos, las cuales muestran su porcentaje de utilización en la figura 6.

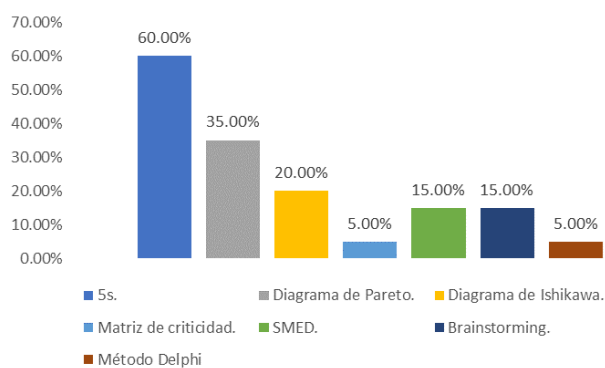


Figura 6. Herramientas aplicadas en el TPM en el sector de la industria manufacturera.

Dentro de las herramientas aplicadas, la herramienta 5s es la más destacada por los investigadores, basada en una etapa

que consta de 5 tareas básicas [5], [8], [12]–[20]. Esta herramienta permite la participación de todos los empleados para mantener una mejora continua, además de integrar una cultura corporativa [21]. El diagrama de Pareto, también conocido como el de 80, 20, permite reunir la totalidad de causas posibles que originan fallos en los equipos y ordenarlo según prioridad [12]–[16], [18], [25]. Mediante el diagrama de Ishikawa se puede reconocer las principales causas relacionadas a un problema de productividad, para buscar incrementar el OEE [8], [14]–[16]. SMED se enfoca en mejorar la gestión de los equipos, buscando la configuración constante de la máquina para optimizar tiempos [4], [17], [18]. Matriz de criticidad permitió establecer un orden de prioridad en las maquinarias a través de criterios de evaluación, a fin de priorizar equipos y velar por su cumplimiento. [16]. *Brainstorming*, permite recopilar información a fin de llegar a un consenso y evitar futuros problemas [4], [18], [25]. Finalmente, el método Delphi, permite determinar cuáles son los factores de éxito en la aplicación del TPM [2].

En cuanto a los pilares del TPM, la figura 7 muestra el porcentaje de los pilares aplicados en el sector manufacturero.

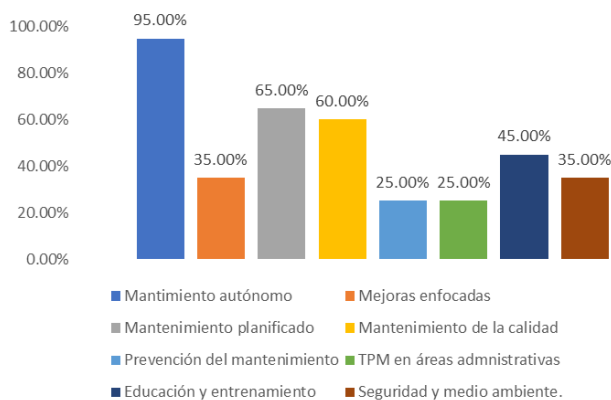


Figura 7 Pilares aplicados en el Sector Manufacturero

A partir de los resultados del análisis bibliométrico, se destaca al mantenimiento autónomo como el pilar más empleado en el sector manufacturero (95%), llegando a considerarse indispensable debido a que busca mejorar directamente la vida útil de los equipos, asegurando que funcione sin interrupciones [2], [4], [5], [7]–[9], [12]–[21], [23]–[25]. El mantenimiento planificado (65%) asegura un mejor rendimiento de las maquinarias en base a las actividades de mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo [4], [5], [7], [12], [14], [15], [17], [18], [20], [21], [23]–[25]. Mantenimiento de la calidad (60%) ofrece una reducción de defectos y de costos [1], [4], [5], [16]–[21], [24], [25]. Educación y Entrenamiento (45%) mejora las capacidades de los niveles de productividad a través la formación del trabajador. [4], [14], [15], [17], [18], [20], [24]. Mejoras enfocadas (35%) aumenta la eficiencia de equipos a través de la identificación de fallas [4], [5], [7], [14], [15], [18], [21],

[24]. Seguridad y medio ambiente (35%) aspira a mantener un espacio ideal de trabajo, cumpliendo con cero accidentes y enfermedades [4], [5], [14], [15], [17], [18], [20], [24]. Prevención del mantenimiento (25%) asegura una reducción de tiempos por preparación de equipos nuevos [4], [17], [18], [20], [21], [24]. Finalmente, TPM en áreas administrativas (25%), es considerada después de aplicar los pilares, cumple un rol la alta dirección [4], [17], [18], [20], [21], [24].

Cabe mencionar que el TPM involucra a todos los colaboradores de la organización. Sin embargo, autores explican la influencia que cumple la alta dirección. Estos se encargan de desarrollar un plan que involucre a todos los departamentos en base al compromiso, logrando un excelente desarrollo [5], [25]. Además, crean un comité directivo que diseña el plan maestro para iniciar la implementación del programa [16], [21], [26], ayudándolo a centrarse en las áreas de mejora del proceso de producción [20]. Otro rol importante es el de garantizar un óptimo desempeño ofreciendo recompensas y motivaciones [23], [24]. Finalmente velan por el correcto desarrollo del TPM, haciendo seguimientos constantes para cumpliendo la nueva gestión de mantenimiento [17].

Para la aplicación del TPM, se consideran prácticas que aseguren un correcto funcionamiento de actividades relacionadas a su ejecución. En la tabla 3 se muestran las más frecuentes según la consideración de cada autor.

TABLA III  
PRÁCTICAS ENFOCADAS AL TPM

Prácticas enfocadas al TPM	Referencias
Mantenimiento diario.	[2], [5], [8]
Actividades de limpieza.	[5], [8], [9], [12], [16], [17]
Actividades de ajuste.	[5], [8], [17]
Inspecciones frecuentes.	[2], [5], [8], [9], [17], [21]
Iniciativas de mejora.	[5]
Inventario de repuestos y herramientas.	[4], [13], [17]
Seguridad del lugar de trabajo.	[16], [23]
Mantenimiento de registros.	[4]

Actividades como inspecciones frecuentes, actividades de limpieza, mantenimiento diario, actividades de ajuste están relacionadas al pilar más empleado en el sector manufacturero, el mantenimiento autónomo, esto debido al compromiso que se crea entre operario y máquina, para mantenerla en buen estado [18]. Inventario de repuestos y herramientas e iniciativas de mejoras son parte de mejoras enfocadas, para la solución ante alguna falla es necesario dar iniciativas de mejora a fin de solucionar el problema y evitar que vuelva a

sucedir. Finalmente, seguridad del lugar de trabajo es parte de seguridad y medio ambiente, garantizando cero accidentes laborales y cero enfermedades [19].

La aplicación del TPM necesita mantenerse de manera constante en la organización, lo cual asegure el éxito en la industria a través del incremento en el OEE. Esto genera una reducción de costos y una ventaja competitiva respecto a los demás.

Ante la gran variedad de prácticas que permiten llevar por buen camino la metodología TPM, es necesario realizar ciertas actividades que aseguren y mantengan las buenas prácticas dentro de una organización.

Para lograr un cambio a una cultura positiva es necesario mantener la aplicación de la herramienta 5s y sus 5 pasos, logrando la mejora continua en la organización [2], [4], [5], [20], [21], [24], [25], [26]. En cuanto a la actividad de inspección es emplear el pilar de mantenimiento autónomo, garantizando un nivel de responsabilidad entre máquina y operario [5], [21]. Los planes de mantenimiento deben verse asociados al mantenimiento planificado, estos debido a que son realizados por personal calificado para el mantenimiento de ciertas maquinarias y garantizan una correcta ejecución [5], [18]. Capacitaciones constantes, motivación a los trabajadores y formación de empleados son actividades que se deben desarrollar en el pilar de educación y entrenamiento, buscando garantizar compromiso para realizar las tareas con eficacia [4], [7], [12], [13], [16], [18], [20], [21], [23], [26]. Finalmente, sesión de intercambio de ideas no es más que la herramienta *brainstorming*, donde con una lluvia de ideas se puede encontrar la mejor solución a un problema [21].

c. *¿Cuáles han sido los resultados específicos obtenidos al aplicar TPM en el sector manufacturero?*

En cuanto a los incrementos obtenidos mediante la aplicación del TPM, la figura 8 detalla los siguientes resultados.

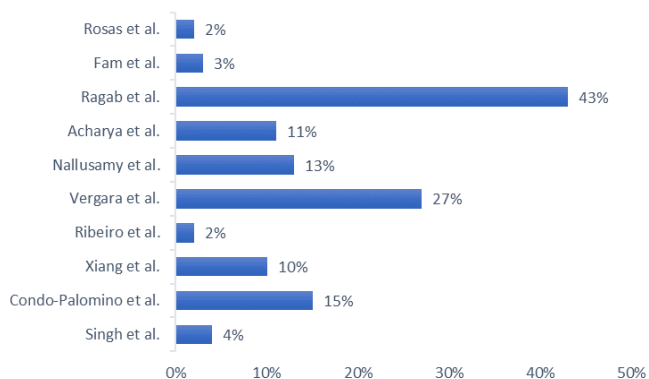


Figura 8 Incremento del OEE mediante la aplicación del TPM en las industrias manufactureras.

Mediante el TPM, se ha mejorado la Eficiencia Global de los Equipos. En cuanto a Perú, se ha analizado la implementación de TPM en empresas.

Una empresa del sector molinero ha visto un incremento del OEE, donde la implementación del TPM tiene una inversión de S/67,500.00 nuevos soles y genera un ahorro anual de S/350,000.00 nuevos soles [14]. Por otro lado, una empresa agroindustrial de conservas de pollo muestra un incremento del OEE en 15%, destacando principalmente una mejora en la velocidad de producción, con un aumento del 12% en el rendimiento [17].

Adicionalmente, se ha visto un incremento del 2%, relacionado a la producción de automóviles [13]. Un 3% en la fabricación de placas electrónicas [7]. Un 4% en la industria metalúrgica [5]. Un 10% en una pequeña empresa manufacturera dedicada a la fabricación de piezas hidráulicas [21]. Un 11% en la producción de automóviles de dos ruedas [9]. Un 13% en industrias de mediana escala [8]. Un 27% en una empresa productora de alimentos balanceados [22]. Finalmente, un 43% es el incremento más elevado, el cual se encuentra en una empresa de la industria alimentaria [20].

## V. CONCLUSIONES

La correcta aplicación de la herramienta TPM en el sector manufacturero se encarga de mejorar los indicadores relacionados al OEE. Además, busca obtener una ventaja competitiva que permita reducir costos e incrementar la productividad en la organización con el apoyo de todos los colaboradores. En base a los artículos científicos considerados, la OEE incrementa cuando se aplica el TPM en el sector manufacturero, el rango de incremento varió entre 2% y 43%, mostrando un aumento relativamente en los indicadores de rendimiento, calidad y disponibilidad.

Se identifica que la gran utilización de máquinas genera que la productividad se vea afectada en su mayoría por las 6 principales fallas. Sin embargo, no todos los problemas están relacionados a maquinarias, la falta de personal calificado, falta de repuestos y el alto tiempo de inactividad también ponen en riesgo a la productividad. Además, el pilar más empleado en el sector manufacturero es el mantenimiento autónomo, el cual genera una responsabilidad entre máquina y operario.

Durante la recopilación de resultados se comprende que no es necesario utilizar los 8 pilares de manera simultánea en la aplicación del TPM. Sin embargo, tener el concepto claro permitirá emplear uno o más pilares utilizando los recursos con los que cuenta la organización. Por esta razón es importante destacar el uso de herramientas, las cuales no solo facilitan la implementación y correcta ejecución del TPM, sino también ayudan en la identificación de problemas. Existe también una herramienta muy utilizada en la metodología TPM, la cual permite establecer un orden de importancia en

las máquinas del proceso productivo, conocida como matriz de criticidad.

Se determina que el desarrollo de prácticas para el cumplimiento del TPM no sería viable sin el rol que cumple la alta dirección, quienes se encargan de asegurar el compromiso de todos los trabajadores dentro de la organización. Dentro de las prácticas más destacadas es importante mencionar las tareas de limpieza y ajuste de las máquinas. Además, el cambio a una cultura positiva es una de las principales actividades que aseguran una buena implementación del TPM.

## REFERENCIAS

[1] S. Sahoo y S. Yadav, «Influences of TPM and TQM Practices on Performance of Engineering Product and Component Manufacturers», en *Procedia Manufacturing*, Elsevier B.V., 2020, pp. 728-735. doi: 10.1016/j.promfg.2020.02.111.

[2] T. Ahmed y C. Karmaker, «A critical success factors model for total productive maintenance in manufacturing industry», oct. 2019. [En línea]. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/338968250>

[3] Ministerio de la Producción, «LAS MIPYME EN CIFRAS 2021», 2021.

[4] V. Chundhoo, G. Chattopadhyay, I. Gunawan, y M. Y. Ibrahim, «OEE improvement of thermoforming machines through application of TPM at Tibaldi Australasia», en *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, IEEE Computer Society, feb. 2018, pp. 929-933. doi: 10.1109/IEEM.2017.8290028.

[5] S. Singh, A. Agrawal, D. Sharma, V. Saini, A. Kumar, y S. Praveenkumar, «Implementation of Total Productive Maintenance Approach: Improving Overall Equipment Efficiency of a Metal Industry», *Inventions*, vol. 7, n.o 4, dic. 2022, doi: 10.3390/inventions7040119.

[6] G. Mendoza-Chuctaya et al., «Análisis de producción, impacto y redes de colaboración en investigaciones científicas en Scopus en Perú de 2000 a 2019», *Medwave*, vol. 21, n.o 2, p. e8121, mar. 2021, doi: 10.5867/medwave.2021.02.8121.

[7] S. F. Fam, S. L. Loh, M. Haslinda, H. Yanto, L. Mei Sui Khoo, y Di. Hwa Yieng Yong, «Overall Equipment Efficiency (OEE) Enhancement in Manufacture of Electronic Components & Boards Industry through Total Productive Maintenance Practices», en *MATEC Web of Conferences*, EDP Sciences, feb. 2018. doi: 10.1051/mateconf/201815005037.

[8] S. Nallusamy, V. Kumar, V. Yadav, U. Kumar Prasad, y S. K. Suman, «IMPLEMENTATION OF TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE TO ENHANCE THE OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS IN MEDIUM SCALE INDUSTRIES», 2018. [En línea]. Disponible en: [www.tjprc.org](http://www.tjprc.org)

[9] A. Acharya, D. Garg, N. Singh, y U. Gahlaut, «PLANT EFFECTIVENESS IMPROVEMENT OF OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS USING AUTONOMOUS MAINTENANCE TRAINING:-A CASE STUDY», 2019. [En línea]. Disponible en: [www.tjprc.org](http://www.tjprc.org)

[10] U. Mardono, E. Rimawan, T. Pratondo, y I. Saraswati, «AN ANALYSIS OF THE EFFECT OF ELIMINATION OF SIX BIG LOSSES ON INCREASING PROFITABILITY IN STEEL ROLLING MILL COMPANIES», 2019. [En línea]. Disponible en: [www.tjprc.org](http://www.tjprc.org)

[11] M. Sayuti, Juliananda, Syarifuddin, y Fatimah, «Analysis of the Overall Equipment Effectiveness (OEE) to Minimize Six Big Losses of Pulp machine: A Case Study in Pulp and Paper Industries», en *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Institute of Physics Publishing, 2019. doi: 10.1088/1757-899X/536/1/012136.

[12] S. Annamalai y D. Suresh, «Implementation of total productive maintenance for overall equipment effectiveness improvement in machine shop», *International Journal of Recent Technology and Engineering*, vol. 8, n.o 3, pp. 7686-7691, sep. 2019, doi: 10.35940/ijrte.C6212.098319.

[13] I. M. Ribeiro, R. Godina, C. Pimentel, F. J. G. Silva, y J. C. O. Matias, «Implementing TPM supported by 5S to improve the availability of an

automotive production line», en *Procedia Manufacturing*, Elsevier B.V., 2019, pp. 1574-1581. doi: 10.1016/j.promfg.2020.01.128.

[14] Rosas J.L.A et al., «Proposal for improvement through the application of the Total Productive Maintenance methodology to the maintenance services of the SAG Mills», en *Proceedings of the LACCEI international Multi-conference for Engineering, Education and Technology*, Latin American and Caribbean Consortium of Engineering Institutions, 2021. doi: 10.18687/LEIRD2021.1.1.30.

[15] P. Marinho, D. Pimentel, R. Casais, F. J. G. Silva, J. C. Sá, y L. P. Ferreira, «Selecting the best tools and framework to evaluate equipment malfunctions and improve the OEE in the cork industry», *International Journal of Industrial Engineering and Management*, vol. 12, n.o 4, pp. 286-298, 2021, doi: 10.24867/IJIEEM-2021-4-295.

[16] M. Guedesa, P. S. Figueiredo, C. S. Pereira-Guizoa, y E. Loiolab, «The role of motivation in the results of total productive maintenance», *Production*, vol. 31, pp. 1-14, 2021, doi: 10.1590/0103-6513.20200057.

[17] R. Condo-Palomino, L. Cruz-Barreto, y J. Quiroz-Flores, «Increased equipment performance in agro-industrial companies through a maintenance model based on the TPM approach», en *Proceedings of the LACCEI international Multi-conference for Engineering, Education and Technology*, Latin American and Caribbean Consortium of Engineering Institutions, 2022. doi: 10.18687/LACCEI2022.1.1.77.

[18] M. Zlatić, «TPM-TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE», 2019.

[19] E. Y. T. Adesta, H. A. Prabowo, y D. Agusman, «Evaluating 8 pillars of Total Productive Maintenance (TPM) implementation and their contribution to manufacturing performance», en *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Institute of Physics Publishing, ene. 2018. doi: 10.1088/1757-899X/290/1/012024.

[20] R. Eid Ragab, S. A. Abdelwahab, G. HShehata, N. El Samed Curricula Dep, S. Kaytbay, y M. Al -Kubra Walid Mahmoud Elnahas, «Application and Performance Measurement of Total Productive Maintenance: Case study of a Food Industries Company in Egypt», 2018.

[21] Z. T. Xiang y C. J. Feng, «Implementing total productive maintenance in a manufacturing small or medium-sized enterprise», *Journal of Industrial Engineering and Management*, vol. 14, n.o 2, pp. 152-175, 2021, doi: 10.3926/ijem.3286.

[22] F. Vergara, X. Mancheno, K. Escobar-Segovia, y K. Barcia-Villacreses, «Improvement of the calculation of the overall equipment efficiency indicator (OEE) using the six sigma methodology, in a balanced food production plant in Durán - Ecuador», en *Proceedings of the LACCEI international Multi-conference for Engineering, Education and Technology*, Latin American and Caribbean Consortium of Engineering Institutions, 2019. doi: 10.18687/LACCEI2019.1.1.291.

[23] L. Necas, «Training and practice to ensure implementation of the TPM system», *MM Science Journal*, vol. 2020, n.o November, pp. 4124-4127, nov. 2020, doi: 10.17973/MMSJ.2020\_11\_2020043.

[24] M. Prashanth Pai, C. G. Ramachandra, T. R. Srinivas, y M. J. Raghavendra, «A Study on Usage of Total Productive Maintenance (TPM) in Selected SMEs», en *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Institute of Physics Publishing, jun. 2018. doi: 10.1088/1757-899X/376/1/012117.

[25] B. Elwardi, Anwar Meddaoui, Ahmed Mouchtachi, y Ahmed En-nhaili, «New Maturity model of industrial performance for SMEs: A case study of TPM implementation in a Moroccan industrial SME», 2018. [En línea]. Disponible en: <https://ssrn.com/abstract=3186313>

[26] S. Sridhar y V. M. Ponniah, «Role model tool towards cross training in improving team performance», *International Journal of Recent Technology and Engineering*, vol. 8, n.o 2 Special Issue 6, pp. 756-764, jul. 2019, doi: 10.35940/ijrte.B1142.0782S619.