

Total Productive Maintenance to avoid downtime and high costs in textile companies: a systematic literature review.

Emily G. Avila, Bach.¹, William C. Algoner, PhD.² 

^{1,2} Universidad Tecnológica del Perú. Lima, Perú, ¹ U20223772@utp.edu.pe, ² walgoner@utp.edu.pe

Abstract – The purpose of the study is to understand how the implementation of Total Productive Maintenance (TPM) prevents high costs from being generated in the repair of failures that occur in a textile company, as well as how it can deal with low productivity and unexpected downtimes that occur in the machinery room. To obtain information for the research work, information from a database (SCOPUS) was searched and analyzed, finding a total of 698 scientific articles in the ALL FIELDS search as of the date (06/19/2023) and from the application of filters such as year of the range from 2019-2023, Engineering subject area, document type Original Article, final publication stage, and language in English. Likewise, selection criteria were applied to finally obtain 26 studies that will be included in the systematic literature review.

Due to this, it is concluded that this research seeks to recommend the implementation of total preventive maintenance in textile production plants, in order to minimize operating costs in maintenance and production. This methodology leads to predicting and reducing failures in textile production equipment, thus increasing the potential for efficiency and effectiveness of production in companies.

Keywords – Equipment effectiveness, Total quality management, Strategic planning, Maintenance strategies, Process control, Economic efficiency, Manufacturing Industries

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

Mantenimiento Productivo Total para evitar tiempos de parada y costos elevados en las empresas textiles: una revisión sistemática de la literatura

Emily G. Avila, Bach.¹, William C. Algoner, PhD.² 

^{1,2} Universidad Tecnológica del Perú. Lima, Perú, ¹ U20223772@utp.edu.pe, ² walgoner@utp.edu.pe

Resumen– *El propósito del estudio trata de comprender como la implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) evita que se generen costos elevados en la reparación de las fallas que se presentan en una empresa textil, así como cómo esta puede hacer frente a la baja productividad y tiempos de parada inesperados que se presentan en la sala de maquinarias. Con el fin de poder obtener información para el trabajo de investigación se buscó y analizó información de una base de datos (SCOPUS), encontrando en total 698 artículos científicos a búsqueda ALL FIELDS a fecha (19/06/2023) y partir de la aplicación de filtros como son: año del rango de 2019-2023, área temática de Ingeniería, tipo de documento Artículo Original, etapa de publicación final, e idioma en Ingles. Así mismo se aplicó criterios de selección para obtener finalmente 26 estudios que serán incluidos en la revisión sistemática de la literatura.*

Debido a ello se concluye que, esta investigación busca recomendar la implementación del mantenimiento preventivo total en plantas de producción textil, con el fin de poder minimizar costos operativos en mantenimiento y producción. Esta metodología conduce prever y bajar las fallas en los equipos de producción textil, aumentando así el potencial de eficiencia y efectividad de la producción en las empresas.

Palabras Clave– Eficacia de equipos, Gestión de calidad total, Planificación estratégica, Estrategias de mantenimiento, Control de procesos, Eficiencia económica, Industrias Manufactureras

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad es muy común las numerosas veces en las cuales se encuentran fallas en las maquinarias, provocando así que exista la baja productividad, paradas inesperadas, elevados costos de mantenimiento, riesgos para los trabajadores y generación de mudas, horas hombre improductivas de operaciones, etc.

De tal forma que se deben de encontrar la mejor solución ante estas situaciones por ende se presenta la implementación del mantenimiento productivo total, esta se enfoca en la confiabilidad mejorando así el desempeño dentro de las empresas [1] [2], las que buscan asegurar el mantenimiento del sistema productivo, sin tener pérdidas o retrocesos. Hace 30 años los japoneses introdujeron en sus empresas el concepto de mantenimiento productivo total, trayendo consigo resultados positivos y alentadores en la mejora de la administración de los equipos.

Adicional a ello, la implementación del TPM en una empresa textil permite establecer estrategias de mejoramiento continuo a las capacidades y a los procesos actuales de la organización, para tener equipos de producción siempre listos y funcionales,

en tanto se debe de tener en cuenta que el uso del TPM, será un gran impulso que ayudará a los gerentes de planta y los responsables de las empresas manufactureras en poder mejorar los resultados, es decir, su sostenibilidad. De tal forma que esta investigación aportará en la decisión en el sector a elección, en este caso sector industrial (como las industrias textiles).

Realizar el presente tema, permite introducir a temas relacionados directamente con la esencia de los procesos, puesto que el Mantenimiento Productivo Total (TPM) puede ser aplicado en varios tipos de empresas, lo único que se necesita es saber el cómo se implementa de manera correcta esta herramienta. Por ello, en el presente trabajo se dará a conocer los pasos a seguir.

La presente revisión sistemática de la literatura (RSL), pretende entender que el uso del TPM ayuda a mejorar la producción, debido a que existe en las empresas textiles fallas en su área de maquinarias que generan bajas en la productividad. Por lo tanto, el objetivo de este artículo es lograr comprender que mediante la implementación del TPM se lleve a cabo el mantenimiento preventivo, para evitar que se genere costos elevados en la reparación de las fallas que se presentan en las empresas, para lo cual se realiza una investigación con lo que respecta a cómo es que dicha implementación ayudará a las empresas textiles con las demandas que están proyectan cada año.

Por consiguiente, el documento está organizado de la siguiente manera; en el capítulo II se encuentra la metodología, en la cual se realiza una búsqueda sistemática de literatura pertinente, que incorpore la pregunta PICO y sus componentes, las preguntas complementarias clave para la organización de la ecuación de búsqueda en base de datos científica (SCOPUS), los criterios de exclusión e inclusión y el diagrama PRISMA. En el capítulo II, los resultados, en ella se presentan las características y resultados crudos y respuestas descriptivas a las preguntas complementarias de la investigación, complementadas con tablas y gráficos que simplificarán información encontrada en la búsqueda sistemática de literatura, asimismo el análisis de la información, en el cual se compara los resultados cualitativos y cuantitativos obtenidos. Seguidamente, el capítulo IV, discusión, contienen los principales hallazgos del estudio y el análisis de los resultados, la relación que existen entre los resultados con respecto a otras investigaciones, las limitaciones de los estudios analizados y perspectivas de trabajos futuros; y finalizando con el capítulo V, conclusiones, responderá al objetivo de la investigación,

planteada como grupo con apoyo de los resultados obtenidos y describe la contribución que realiza la RSL.

II. METODOLOGIA

La metodología tiene la estructura de una revisión sistemática de la literatura, donde se considera la estrategia de búsqueda PICO para la selección de palabras clave acorde con la temática de la RSL y, a través de las componentes de PICO generar la pregunta de investigación y construir una ecuación de búsqueda bibliográfica. Así mismo, según la base de datos Scopus, existe un crecimiento exponencial desde el 2019; por lo que, se considera el rango de análisis de artículos durante los años que va del 2019 a 2023, seguidamente, para el proceso de cribado se utilizó la metodología PRISMA (Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses). Donde se considera sólo artículos originales y en idioma inglés, luego de un proceso de cribado y selección por criterios establecidos (ver **Tabla 2**) se llega a considerar 26 artículos para la RSL.

A. Estrategia de Búsqueda:

Este procedimiento de trabajo obedece al tipo de revisión sistemática de la literatura, debido a que se realizó el uso de la estrategia PICO, la cual se procedió con los siguientes pasos:

Pregunta de investigación: *¿Cómo la implementación del TPM contribuirá en la disminución de tiempos de parada evitando obtener baja productividad en la sala de maquinarias?*

Las que, posteriormente llevaron a la elección de preguntas complementarias (ver **Tabla 3**). Y, estas a su vez ayudaron a identificar características particulares para el proceso de extracción de información de los 26 artículos seleccionados de acuerdo con la metodología PRISMA (ver **fig. 1**), en la que a su vez se procedió con la construcción y evaluación del check list del PRISMA.

Tabla 1
COMPONENTES PICO Y PALABRAS CLAVE

P	Problema / población	Baja productividad	“Equipment Effectiveness” OR “Quality Control” OR Efficiency OR Profitability OR Productivity
I	Intervención	Implementación del TPM	“Total Productive Maintenance” OR “Total Quality Management” OR “Strategic Planning” OR “Production Process”
C	Comparación	Ubicación de las fallas y el mantenimiento preventivo	“Maintenance Strategies” OR “Predictive Maintenance” OR “Mean Time Between Failures” OR “Accident Prevention”
O	Resultados	Disminuir los tiempos de parada	Sustainability OR “Process Control” OR “Economic Efficiency”

C	Contexto	Sala de máquinas	Manufacture OR “Industrial Machinery” OR “Quality Control” OR “Industry 4.0” OR “Manufacturing Industries”
----------	-----------------	------------------	--

La base de datos a utilizar es la de SCOPUS, en la cual se realizó la búsqueda sistemática a fecha 19/06/2023 mediante las palabras claves, obteniendo la siguiente ecuación:

B. Ecuación de Búsqueda:

Las palabras clave seleccionadas corresponden, y está acorde, con la estrategia PICOC (ver **Tabla 1**), esto en relación para identificar la Problemática, Intervención, Comparación, Resultados y Contexto. Por lo que, estas palabras claves son aquellas estandarizadas y existentes en la base de datos Scopus.

(“Equipment Effectiveness” **OR** “Quality Control” **OR** Efficiency **OR** Profitability **OR** Productivity) **AND** (“Total Productive Maintenance” **OR** “Total Quality Management” **OR** “Strategic Planning” **OR** “Production Process”) **AND** (“Maintenance Strategies” **OR** “Predictive Maintenance” **OR** “Mean Time Between Failures” **OR** “Accident Prevention”) **AND** (Sustainability **OR** “Process Control” **OR** “Economic Efficiency”) **AND** (Manufacture **OR** “Industrial Machinery” **OR** “Quality Control” **OR** “Industry 4.0” **OR** “Manufacturing Industries”)

C. Criterios a tomar: Inclusión y Exclusión:

Los estudios a incluir serán aquellos que aborden temas de productividad, estudios relacionados con la implementación del TPM y estudios que reporten datos estadísticos de la implementación del TPM estos en empresas; así como, estudios que se han desarrollado en el área de maquinarias (ver **Tabla 2**).

Tabla 2
LISTADO DE LOS CRITERIOS POR EVALUAR

CRITERIOS DE INCLUSIÓN	CRITERIOS DE EXCLUSIÓN
CI1 Los estudios deben de abordar el tema de la productividad en las empresas.	CE1 Estudios que son desarrollados en entornos que no son relacionados con empresas, es decir laboratorios, oficinas, ventas, etc.
CI2 Los estudios deben de estar relacionados con los pasos para la implementación del TPM en una empresa.	CE2 Tipo de publicación NO corresponde a un artículo original.
CI3 Los estudios deben de reportar resultados estadísticos de la implementación del TPM en las empresas.	CE3 Publicaciones en idiomas distintos, se preferirá inglés y español.

CI4 Los estudios se han desarrollado en el área de maquinarias.	CE4 Documentos con fecha de publicación anterior al 2018.
--	--

D. Resultados de la selección de artículos:

La búsqueda se realizó utilizando la base de datos Scopus, en la que se identificaron 681 registros. En la primera ronda, se excluyeron 456 registros a lectura de título y resumen, y utilizando los criterios de exclusión de años anteriores al 2019 y sólo considerando artículos originales, es decir estudios que presenten un trabajo empírico. Para la segunda ronda, de los 242 registros, se procedió con la búsqueda de los artículos en PDF o HTML, excluyendo así 187 estudios no recuperados para su posterior lectura a texto completo. Seguidamente, en la tercera ronda, se examinaron por 2 autores los 55 estudios, en la que se excluyó 29 estudios de acuerdo a los criterios de elegibilidad CE1 y CE2; quedando 26 estudios para el proceso de análisis y extracción de información para la presente RSL.

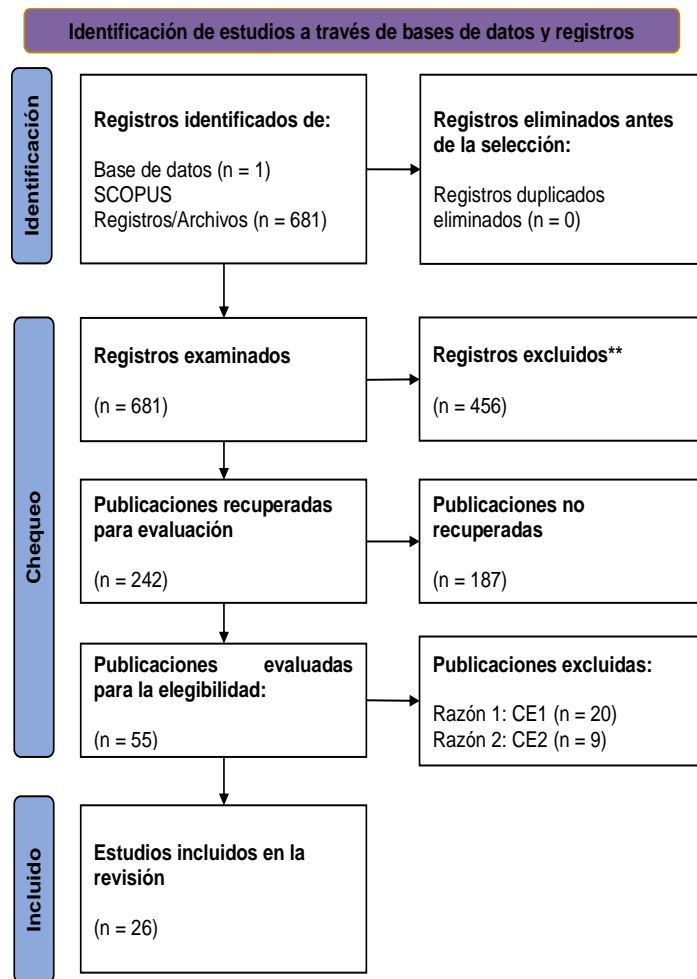


Fig. 1 Diagrama de Flujo de PRISMA

III. RESULTADOS

A. Organización de la información

1. Volumen de publicación anual:

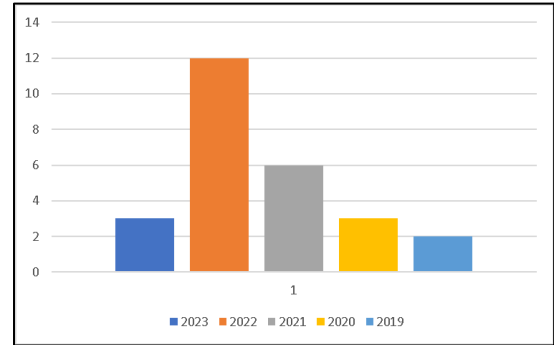


Fig. 2: Artículos publicados por año

Nota: Representación mediante barras de los artículos publicados en cada año donde se incluyó la lista de autores, título y principalmente años. presentándose 3 artículos del 2023, 12 artículos del 2022, 6 artículos del 2021, 3 artículos de los 2020 y 2 artículos del 2019.

2. Estudios más citados:

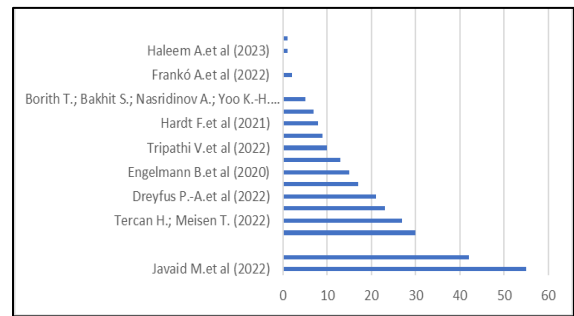


Fig. 3: Citas con respecto a los autores

Nota: Se puede apreciar la mayor cantidad de citas con un número de 55 dando a entender que dichos autores publicaron más artículos en comparación de los menores con 0 citas.

3. Origen de los estudios o revistas:

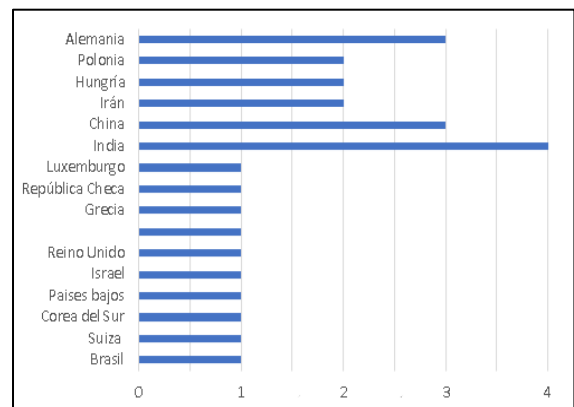


Fig. 4: Estudios por país

Nota: Se aprecia los países en los que fueron elaborados los estudios incluidos en la revisión, siendo el país de India el de mayor cantidad, con 4 artículos, seguido de China y Alemania con 3 artículos.

B. Análisis de resultados:

TABLA 3
SUB-PREGUNTAS E ÍTEMS A PARTIR DEL A PREGUNTA PICO

Sub-preguntas:	Ítems para tabla de extracción de datos:
RQ1: ¿Porque se genera baja productividad en la empresa?	Descripción del tema por abordar Definición de baja productividad en una empresa ¿Cuáles son las causas de la baja productividad en una empresa?)
RQ2: ¿Por qué debemos enfocarnos en la sala de maquinarias como primer lugar de análisis?	Cuáles son las áreas con las que cuenta la empresa: ¿Cuál es el área de la empresa donde es conveniente implementar TPM? Cantidad de maquinaria con la que cuenta la producción textil
RQ3: ¿Cuáles son los métodos que se deben tomar en cuenta para la implementación del TPM (Mantenimiento Productivo Total)?	Descripción del método a utilizar: ¿Qué método de mejora se utiliza en este artículo? Herramientas por utilizar
RQ4: ¿Qué necesitamos para disminuir los tiempos de parada presentados actualmente?	Identificar las causales de los tiempos de paradas Limitación en la obtención de datos
RQ5: ¿Qué tan eficiente resulta ubicar las fallas y un mantenimiento preventivo en la empresa textil?	Datos obtenidos de las fallas y mantenimientos preventivos: ¿Por qué es importante usar TPM en una empresa? Evidencias y limitación de dichos estudios

Pregunta PICO: ¿Cómo la implementación del TPM contribuirá en la disminución de tiempos de parada evitando obtener baja productividad en la sala de maquinarias?

C. Síntesis de la Información:

RQ1: ¿Cuáles son las causas de la baja productividad en una empresa?

Según [2] No realizar mantenimiento predictivo en tiempo actual, no realizar los pasos adecuados fabricación industrial textil, el no poseer el control que se requiere en la producción, tampoco en la de inventarios y no gestionar el mantenimiento, hace que se obtengan interrupciones en la producción causadas por averías de los equipos en la planta de producción, tal cual se menciona en: ítem 1 (Tabla 3).

En cuanto a la pérdida significativa para el fabricante, los autores [3] mencionan que disminuye sus tasas de producción se debe a las constantes interrupciones en la fabricación, que los equipos se apagan o se degradan gravemente, por usar máquinas reliquias o desfasadas, no solo disminuye la productividad sino hace fallar los compromisos con los consumidores tal cual lo menciona el ítem 2 (Tabla 4).

Los autores en la ref. [4] se basan en que la falta de eficiencia, eficiencia acarrea el mal uso de manera efectiva la mano de obra, bajo rendimiento de los procesos de producción y rentabilidad, falta proporcionar un sistema de monitoreo que sea capaz de medir la forma y la textura de los parámetros de producción baja gestión y mala calidad en la fabricación, así como también, el mal manejo sobre el conocimiento del funcionamiento de la empresa, falta monitoreo de procesos baja calidad, presencia de valores atípicos, procesos de fabricación no sostenible, no reducen los impactos industriales en la economía, la sociedad y el medio ambiente circundante además de traer riesgos inciertos en la producción, pérdidas en el proceso y nuevas ocurrencias en el sistema, tal cual lo observamos en el ítem 3 (Tabla 4).

TABLA 4
ESTUDIOS POR SU CAUSAL DE LA BAJA PRODUCTIVIDAD

Cantidad de artículos coincidentes con las mismas causalidades	Año de publicación	Autores	Causales de la baja productividad
7	2022	[5]	ítem1 de causalidad Interrupciones en las maquinarias causadas por fallas convencionales y no convencionales
9		[6]	ítem2 de causalidad Falta de planificación y acción en el mantenimiento preventivo.
9		[7]	ítem3 de causalidad Carencia de eficiencia, eficacia y riesgos inciertos en la producción

RQ2: ¿Por qué debemos enfocarnos en la sala de maquinarias como primer lugar de análisis?

Los gerentes en los sistemas de manufactura y procesos están tratando de mejorar la eficiencia de los procesos de producción, pues ellos saben que diferentes factores afectan la productividad y la eficiencia de los procesos y se pueden aplicar diferentes métodos para lograr este propósito. El control de producción/inventario, la planificación del mantenimiento y el

control de calidad son los aspectos más importantes que afectan la productividad de los procesos de producción.

Los gerentes pueden proporcionar el plan óptimo para los procesos de producción, mejorar la productividad de los sistemas de fabricación y reducir el costo total de los sistemas mediante la planificación integrada de la producción y el inventario, mantenimiento y control de calidad [1].

Durante años, el mantenimiento, la producción y el control de calidad se analizaron por separado, pero con respecto a la interacción y una la interrelación entre estos factores, como acciones importantes para la gestión de los sistemas de fabricación, la planificación conjunta de estos aspectos ha sido estudiada por algunos autores de la ref. [8]. Asimismo, mencionar que los sistemas de gestión adecuados. Estas tecnologías facilitan el trabajo del personal y lo hacen más atractivo para completar sus funciones de manera eficiente y precisa, por ello la implementación en las líneas de fabricación, fábricas y redes de suministro. y la principal área en la cual se puede implementar todas estas estrategias de mejora es el área de producción, ya que el tipo de investigación es experimental.

Haciendo un resumen en la deducción de los artículos encontrados, podemos decir que 21 artículos coinciden en que las mejoras en el mantenimiento preventivo deberían ser en el área de producción y 4 artículos mencionan en otras áreas como se deja mostrar en la (Tabla 5).

TABLA 5
ÁREAS EN LAS CUALES ES NECESARIO IMPLEMENTAR DIFERENTES ESTRATEGIAS DE MEJORA

Número artículo coincidentes	Tipo de investigación	Área (item1)	Autor (item2)
1	EXPERIMENTAL	Producción	[9]
2		Área de maquinaria	[4]
		Producción	[3]
1		Áreas de mantenimiento	[7]
2		Área de maquinaria	[8]
		Producción	[10]
71		Producción	[11]
1		Producción (maquinarias)	[12] y [13]
			[14]
16		Producción	[15]
			[16]
			[17]
			[18]
			[19]
			[20]
			[21]
	[7]		
	[22]		

		[6]
		[23]
	Producción (maquinarias)	[2]
		[24]
		[25]

RQ3: ¿Cuáles son los métodos que se deben tomar en cuenta para la implementación del TPM (Mantenimiento Productivo Total)?

Realizamos la síntesis de toda la información recopilada en los diferentes artículos encontrados y en la búsqueda obtuvimos 26 metodologías que ayudarían como referencia a la implementación del TPM de las cuales haremos mención algunas de ellas a continuación:

Como primera referencia tenemos la metodóloga Management que ayuda en mejorar el control de procesos, reduciendo así la posibilidad de errores humanos, o esto se muestra una mejor eficiencia, así mismo colabora en la toma acertada de mejores decisiones. En mucho menor tiempo para el mejor crecimiento de la empresa y con ello la mejora en las utilidades.

Como segundo punto tenemos a la metodología Quality que se enfoca en la calidad de esta manera poder tener en cuenta la forma como se producen los productos y enfocamos constantemente en la mejora continua, el análisis de datos avanzado son útiles para que la gestión inteligente de la cadena de suministro sea adecuada de esta manera ayuda en los cambios en la tecnología, transformaciones de liderazgo, y transformaciones comerciales para obtener desarrollo progresivo de prácticas de la industria aplicaciones y avances [9].

Asimismo, Para obtener una evaluación del desempeño más precisa, este trabajo propone una segunda metodología llamada Efectividad General del Equipo (OEE) como un enfoque de toma de decisiones en redes de fabricación distribuida basadas en fabricación aditiva, explorando tecnologías de la industria aplicado en el contexto de la digitalización de los sistemas productivos en mercados flexibles. Usando OEE para optimizar las unidades inteligentes de fabricación aditiva según, Enfoque OEE aplicado a sistemas de fabricación aditiva en redes de fabricación distribuida [10] a la vez cabe mencionar un tercer método predicción RUL de sistemas de fabricación inteligente basado en el modelo difuso Quality State Task Network (QSTN) Predicción de la vida útil restante del sistema de fabricación basada en la red de tareas de estado de calidad difusa [3].

Método SPC: El objetivo del modelo es integrar las decisiones sobre las inspecciones de muestreo, el diseño del gráfico de control, el cronograma de mantenimiento y la determinación del nivel de existencias para minimizar el costo total. Planificación conjunta de mantenimiento, existencias de reserva y control de calidad para sistemas de fabricación imperfectos y poco fiables [6]. Descomponiendo la estructura del sistema mecánico por el método de descomposición “Función-Movimiento-Acción” (FMA) se obtienen las meta-acciones. Luego, se analiza la

razón de la falla en el desempeño del sistema mecánico a nivel de meta-acción y se establece un modelo de árbol de fallas modular que conducen a la falla de rendimiento del sistema mecánico se obtienen a través de FTA, y se establece un modelo de optimización que considera el índice de rendimiento y el costo del ensamblaje del sistema mecánico combinando la relación de función de tasa de falla de costo. Finalmente, utilizando el algoritmo de optimización para resolver el problema, y se obtiene la estrategia de mejora de rendimiento óptima bajo un índice de rendimiento dado. El método propuesto se utiliza para optimizar y analizar la estrategia de mejora del rendimiento del proceso de ensamblaje del sistema de plataforma giratoria de máquina herramienta de control Análisis óptimo de la estrategia de mejora del rendimiento para el proceso de ensamblaje del sistema mecánico basado en el modelo de árbol de fallas [23].

Simulación de Monte Carlo, enfoque novedoso que lo acelera para calcular la función objetivo. Por lo tanto, se vuelve factible optimizar la función objetivo mediante algoritmos Optimización Conjunta de Producción y Mantenimiento Utilizando el Método Monte Carlo y Algoritmos Metaheurísticos [26].

Así sucesivamente cada metodología usada como referencia se enfoca en mejorar la sea en la calidad del producto, la eficiencia de los procesos de producción, planeamiento, con la prevención y solución de problemas.

RQ4: ¿Qué necesitamos para disminuir los tiempos de parada presentados actualmente?

Según los datos obtenidos, muchos autores en los diferentes artículos los datos obtenidos muchos autores tales como: [16], [5], [24], [7], [20] y [18]. Todos ellos coinciden que el propósito principal del mantenimiento preventivo total, es procurar mantener los equipos operativos estables, prevenir o minimizar las interrupciones causadas por fallas convencionales y no convencionales, pues las paradas de producción generan costos económicos inesperados debido a la interrupción en la producción prevista.

Sí miramos con una vista más tecnológica, podremos decir que se trata de procesos de control periódico de funciones, reparación o sustitución de piezas, modificaciones tecnológicas y otras operaciones especializadas, pues en uno de los departamentos principales dentro de las empresas industriales, por ello según los autores una forma de contribuir con la eliminación de paradas sería enfocarnos en prevenir o minimizar las interrupciones causadas por fallas convencionales y no convencionales implementando mantenimiento preventivo total, como lo mencionamos en la (Tabla 6).

TABLA 6
AUTORES QUE COINCIDEN QUE LA ELIMINACIÓN DE PARADAS

Cantidad de artículos coincidentes	Tipo de investigación	Autores	¿Qué se debe hacer para disminuir los tiempos de parada?
13	EXPERIMENTAL	[16], [5], [24]. [7], [20] y [17]	Prevenir o minimizar las interrupciones causadas por fallas convencionales y no convencionales implementando mantenimiento preventivo total.

RQ5: ¿Qué tan eficiente resulta ubicar las fallas y un mantenimiento preventivo en la empresa textil?

Es de suma importancia, ya que el TPM que se pueden usar en las diferentes industrias de producción, en este caso el de textil, el mantenimiento preventivo es una de las metodologías con mayor probabilidad y eficiencia para reparar máquinas, piezas, y así eliminar fallas, poder conocer la determinación cuándo y dónde se debe de realizar el TPM esto es debido a lo complejo de la industria. En este artículo realizado, trata de la práctica y de la implementación tanto teórica y práctica basado en una metodología del mantenimiento productivo total (TPM).

El fin del mantenimiento es conservar la producción y otros equipos de manera operativa de manera que se pueda evitar las interrupciones a causa de fallas usuales e inusuales. Dichas paradas generan altos costos económicos e interrupciones imprevistas en la producción ya planificada. Técnicamente, se refiere a procesos de control mensual o anual de las funciones, reparación o cambio de piezas, variaciones tecnológicas y otras funciones.

El mantenimiento preventivo total en la producción textil es un tema de suma importancia ya que optimizar el mantenimiento de los diferentes equipos del, quiere decir minimizar costos operativos, generando ahorro en el mantenimiento y la producción. De igual forma conduce baja en las fallas de maquinaria las y equipo de producción textil y a un aumento en el potencial eficiencia y efectividad de la producción. Además, ayuda a litigar problemas de planificación y logística generados por interrupciones inesperadas en la producción.

Resumiendo, los artículos encontrados, podemos decir [26] coinciden en implementar TPM ayuda a minimizar el costo de mantenimiento, [13] coinciden en mejorar el rendimiento de producción (máquinas en buenas condiciones), [12] coinciden en minimizar el tiempo de producción, [16] coinciden en

prevenir o minimizar las interrupciones causadas por fallas convencionales y no convencionales. y [6]. coinciden en Aumentar la eficiencia en la productividad según lo indica la (Tabla 7).

TABLA 7
MODO DE EFICIENCIA UTILIZANDO TPM

Cantidad de artículos coincidentes con las mismas causalidades	Año de publicación	Autores	Mejoras con la eficiencia
2	2022	[26]	Minimizar el costo de mantenimiento.
6		[13]	Mejorar el rendimiento de producción (máquinas en buenas condiciones)
4		[12]	Minimizar el tiempo de producción.
7		[16]	Prevenir o minimizar las interrupciones causadas por fallas convencionales y no convencionales.
6		[6].	Aumentar la eficiencia en la productividad

IV. DISCUSION Y CONCLUSIONES

A. Discusión

Este estudio de revisión, nace gracias a identificación de una principal problemática en las industrias textiles, haciendo énfasis al estudio de las paradas inesperadas y los costos elevados en reparación específicamente en las maquinarias, dado por no haber realizado un TPM (Mantenimiento productivo Total) de forma eficiente, eficaz y con prevención en su debido momento.

Según [28] se debe de superar las barreras de implementación, ya que esta gira en torno a aumentar la comprensión del enfoque de sistemas y contribuir a establecer

la ideología sostenible de las empresas, es decir no solo es implementar sino tener una constante vigilia hacia los resultados que se puedan obtener para tener una mejora de forma continua.

Con respecto a los artículos encontrados, estos se enfocan en que minimizar el costo de mantenimiento, mejorar el rendimiento de producción es decir se obtener máquinas en buenas condiciones, ya que según [29] realizar el mantenimiento adecuado de los equipos industriales mantendrá los sistemas de producción en estado optimo y se obtendrá estabilidad en los procesos de producción.

Minimizar los tiempos de producción, prevenir o minimizar las interrupciones causadas por fallas convencionales - no convencionales. y por último aumentar la eficiencia en la productividad, puesto que según [30] dentro de la industria los individuos enfrentan varios problemas para poder lograrlo debido a cuestiones de ergonomía, desperdicio ambiental, desperdicio de procesos de trabajo.

Se busca que no se genere baja productividad ni perdida en la producción en la empresa ya que según [31] es de suma importancia para que la industria moderna siga siendo económicamente competitiva ayudando a litigar problemas de planificación y logística generado por interrupciones inesperadas en la producción.

Según mencionan los autores analizados en el artículo, la metodología gestión de mantenimiento preventivo total textil es innovadora, así también [32] considera el mantenimiento como una herramienta eficaz para mejorar la sostenibilidad es por ello que deberá de ser enfocado en las salas de producción, pero también podría adaptarse a cualquier otra industria de producción.

Las organizaciones manufactureras están tratando de alcanzar el nivel mundial integrando las mejores prácticas [33]. Por ello la implementación del TPM se puede hacer en dos modalidades, por un lado, el mantenimiento preventivo electromecánico lo cual requiere un permiso legal ya que la persona que realiza dicho mantenimiento debe ser titular de una licencia para trabajar con dicho equipo, y la diferencia con el mantenimiento mecánico que generalmente no está sujeto a las directivas legales, aunque hay excepciones, como los trabajos en altura. Cabe resaltar que el mantenimiento preventivo de los equipos es complejo y diverso, pero ayudan a muchas manufactureras aumentar la eficiencia de producción y mantenimiento logrando así el nivel deseado.

B. Conclusiones

La razón por la cual se debe implementar y luego verificar la utilidad de la metodología TPM, es que, respecto a su efectividad, este método sufrió numerosos cambios, lo que proporcionó una visión completamente nueva de la gestión del mantenimiento preventivo total. Estos cambios resuelven diferentes problemas en la producción tal como paradas fallidas de maquinaria, usando esta metodología (TPM), modifica el tiempo de planificación del mantenimiento preventivo y hace

más eficaz la asignación y disposición de la mano de obra, sobre todo para los controles preventivos individuales.

Implementar este método atraerá la efectividad en la búsqueda de hallazgos fallidos, así como su trazabilidad y remoción, ayuda a litigar eliminar problemas de planificación y logística generados por interrupciones inesperadas en la producción de esta manera evitar que se genere costos elevados en la reparación de fallas de las maquinarias.

Realizar los cambios en una empresa textil usando el TPM, resuelven problemas, pues el nuevo enfoque conduce a reducción de la mano de obra, y a su vez permite una gestión planificada más eficaz, pues la gestión de producción estará parcialmente automatizada. Es obvio que la nueva metodología funciona, pues la cantidad de anomalías, requisitos disminuye, las elimina con éxito.

La parte metódica fue revisada y consultada por especialistas en los diferentes departamentos de mantenimiento, como son el jefe del departamento de mantenimiento y el responsable técnico. Todas las técnicas y herramientas fueron seleccionadas en cooperación y establecidas de acuerdo con los estándares y procedimientos tecnológicos, definiendo así el mantenimiento preventivo total en plantas de producción textil como un tema de gran actualidad ya que la optimización global del mantenimiento de los equipos quiere decir minimizar costos operativos, generando ahorro en el mantenimiento y la producción, de igual forma conduce a bajar las fallas en los equipos de producción textil y a un aumento en el potencial eficiencia y efectividad de la producción. Además, ayuda a litigar eliminar problemas de planificación y logística generados por interrupciones inesperadas en la producción.

Para futuras Investigaciones se recomienda hacer una revisión en las diferentes estrategias con servicios innovadores de mantenimiento de equipos que una empresa puede brindar a sus clientes.

Por ello, se concluye que esta investigación busca recomendar la implementación del mantenimiento preventivo total en plantas de producción textil, con el fin de poder minimizar costos operativos en mantenimiento y producción. Esta metodología conduce prever y bajar las fallas

RECONOCIMIENTO

Cordialmente nos dirigimos a nuestros docentes Algoner, William y Malpartida, Jorge, quienes semana a semana nos brindaron sus conocimientos hacia el curso, nos guiaron mediante las clases, archivos y consejos sobre la forma correcta de presentar un artículo científico.

REFERENCIAS

[1] Barragán Barajas, J. C., Ramos Frutos, J. A., Casarez Yépez, F., & Avalos García, S. N. (2022). "Application of the philosophies of total productive maintenance and maintenance centered on reliability in the company HANDMADE SHOES S. A de C. V." <https://doi.org/10.4995/inn2021.2021.1339>

[2] Javaid, M., Haleem, A., Pratap Singh, R., & Suman, R. (2021). Significance of Quality 4.0 towards comprehensive enhancement in manufacturing sector. In *Sensors International* (Vol. 2). <https://doi.org/10.1016/j.sintl.2021.100109>

[3] Han, X., He, Y., Wang, Z., Cai, Y., & Dai, W. (2022). Remaining useful life prediction of manufacturing system based on fuzzy Quality State Task Network. *Journal of Manufacturing Systems*, 65. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2022.09.008>

[4] Antônio Mendonça, P., da Piedade Francisco, R., & de Souza Rabelo, D. (2022). OEE approach applied to additive manufacturing systems in distributed manufacturing networks. *Computers and Industrial Engineering*, 171. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2022.108359>

[5] Hardt, F., Kotyrba, M., Volna, E., & Jarusek, R. (2021). Innovative approach to preventive maintenance of production equipment based on a modified tpm methodology for industry 4.0. *Applied Sciences* (Switzerland), 11(15). <https://doi.org/10.3390/app11156953>

[6] Hadian, S. M., Farughi, H., & Rasay, H. (2021). Joint planning of maintenance, buffer stock and quality control for unreliable, imperfect manufacturing systems. *Computers and Industrial Engineering*, 157. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2021.107304>

[7] Shandilya, N., Marcoulaki, E., Barruetabeña, L., Llopi, I. R., Noorlander, C., Jiménez, A. S., Oudart, Y., Puelles, R. C., Pérez-Fernández, M., Falk, A., Resch, S., Sips, A., & Fransman, W. (2020). Perspective on a risk-based roadmap towards the implementation of the safe innovation approach for industry. *NanoImpact*, 20. <https://doi.org/10.1016/j.impact.2020.100258>

[8] Mohammad Hadian, S., Farughi, H., & Rasay, H. (2023). Development of a simulation-based optimization approach to integrate the decisions of maintenance planning and safety stock determination in deteriorating manufacturing systems. *Computers and Industrial Engineering*, 178. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2023.109132>

[9] Haleem, A., Javaid, M., Singh, R. P., Suman, R., & Khan, S. (2023). Management 4.0: Concept, applications and advancements. *Sustainable Operations and Computers*, 4. <https://doi.org/10.1016/j.susoc.2022.10.002>

[10] Siwiec, D., Pacana, A., & Gazda, A. (2023). A New QFD-CE Method for Considering the Concept of Sustainable Development and Circular Economy. *Energies*, 16(5). <https://doi.org/10.3390/en16052474>

[11] Tercan, H., & Meisen, T. (2022). Machine learning and deep learning based predictive quality in manufacturing: a systematic review. In *Journal of Intelligent Manufacturing* (Vol. 33, Issue 7). <https://doi.org/10.1007/s10845-022-01963-8>

[12] Tripathi, V., Chattopadhyaya, S., Mukhopadhyay, A. K., Sharma, S., Li, C., Singh, S., Ul Hussan, W., Salah, B., Saleem, W., & Mohamed, A. (2022). A Sustainable Productive Method for Enhancing Operational Excellence in Shop Floor Management for Industry 4.0 Using Hybrid Integration of Lean and Smart Manufacturing: An Ingenious Case Study. *Sustainability* (Switzerland), 14(12). <https://doi.org/10.3390/su14127452>

[13] Christou, I. T., Kefalakis, N., Soldatos, J. K., & Despotopoulou, A. M. (2022). End-to-end industrial IoT platform for Quality 4.0 applications. *Computers in Industry*, 137. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2021.103591>

[14] Lorenz, M., Menzl, M., Donhauser, C., Layh, M., & Pinzer, B. R. (2022). Optical inline monitoring of the burnish surface in the punching process. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 118(11–12). <https://doi.org/10.1007/s00170-021-07922-6>

[15] Dreyfus, P. A., Psarommatis, F., May, G., & Kiritsis, D. (2022). Virtual metrology as an approach for product quality estimation in Industry 4.0: a systematic review and integrative conceptual framework. *International Journal of Production Research*, 60(2). <https://doi.org/10.1080/00207543.2021.1976433>

[16] Borith, T., Bakhit, S., Nasridinov, A., & Yoo, K. H. (2020). Prediction of machine inactivation status using statistical feature extraction and machine learning. *Applied Sciences* (Switzerland), 10(21). <https://doi.org/10.3390/app10217413>

[17] Tran, T. A., Ruppert, T., Eigner, G., & Abonyi, J. (2022). Retrofitting-Based Development of Brownfield Industry 4.0 and Industry 5.0 Solutions. *IEEE Access*, 10. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3182491>

[18] Jasiulewicz-Kaczmarek, M., Antosz, K., Wyczółkowski, R., Mazurkiewicz, D., Sun, B., Qian, C., & Ren, Y. (2021). Application of micmac, fuzzy ahp, and fuzzy topsis for evaluation of the maintenance

- factors affecting sustainable manufacturing. *Energies*, 14(5). <https://doi.org/10.3390/en14051436>
- [19] Singer, G., & Cohen, Y. (2021). A framework for smart control using machine-learning modeling for processes with closed-loop control in Industry 4.0. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 102. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2021.104236>
- [20] Nassehi, A., Colledani, M., Kádár, B., & Lutters, E. (2022). Daydreaming factories. *CIRP Annals*, 71(2). <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2022.05.002>
- [21] Javaid, M., Haleem, A., Singh, R. P., Suman, R., & Gonzalez, E. S. (2022). Understanding the adoption of Industry 4.0 technologies in improving environmental sustainability. *Sustainable Operations and Computers*, 3. <https://doi.org/10.1016/j.susoc.2022.01.008>
- [22] Engemann, B., Schmitt, S., Miller, E., Bräutigam, V., & Schmitt, J. (2020). Advances in machine learning detecting changeover processes in cyber physical production systems. *Journal of Manufacturing and Materials Processing*, 4(4). <https://doi.org/10.3390/jmmp4040108>
- [23] Li, J., Wang, H., Ran, Y., & Zhang, G. (2019). Optimal Analysis of Performance Improvement Strategy for Mechanical System Assembly Process Based on Fault Tree Model. *IEEE Access*, 7. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2922228>
- [24] Pheng, T., Chuluunsaikhan, T., Ryu, G. A., Kim, S. H., Nasridinov, A., & Yoo, K. H. (2022). Prediction of Process Quality Performance Using Statistical Analysis and Long Short-Term Memory. *Applied Sciences (Switzerland)*, 12(2). <https://doi.org/10.3390/app12020735>
- [25] Seferlis, P., Varbanov, P. S., Papadopoulos, A. I., Chin, H. H., & Klemenš, J. J. (2021). Sustainable design, integration, and operation for energy high-performance process systems. In *Energy (Vol. 224)*. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.120158>
- [26] Ma, X. Z., & Lv, W. Y. (2019). Joint Optimization of Production and Maintenance Using Monte Carlo Method and Metaheuristic Algorithms. *Mathematical Problems in Engineering*, 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/3670495>
- [27] Frankó, A., Hollósi, G., Ficzere, D., & Varga, P. (2022). Applied Machine Learning for IIoT and Smart Production—Methods to Improve Production Quality, Safety and Sustainability. *Sensors*, 22(23). <https://doi.org/10.3390/s22239148>
- [28] Hallioui, A., Herrou, B., Katina, P. F., Santos, R. S., Egbue, O., Jasiulewicz-Kaczmarek, M., Soares, J. M., & Marques, P. C. (2023). A Review of Sustainable Total Productive Maintenance (STPM). *Sustainability (Switzerland)*, 15(16). <https://doi.org/10.3390/su151612362>
- [29] Mołęda, M., Małysiak-Mrozek, B., Ding, W., Sunderam, V., & Mrozek, D. (2023). From Corrective to Predictive Maintenance—A Review of Maintenance Approaches for the Power Industry. *Sensors*, 23(13). <https://doi.org/10.3390/s23135970>
- [30] Tripathi, V., Chattopadhyaya, S., Mukhopadhyay, A. K., Sharma, S., Kumar, V., Li, C., & Singh, S. (2023). Lean, green, and smart manufacturing: An ingenious framework for enhancing the sustainability of operations management on the shop floor in industry 4.0. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part E: Journal of Process Mechanical Engineering*. <https://doi.org/10.1177/09544089231159834>
- [31] Weibert, H., Döß, T., Kaupp, L., & Simons, S. (2022). Fault Handling in Industry 4.0: Definition, Process and Applications. *Sensors*, 22(6). <https://doi.org/10.3390/s22062205>
- [32] Ghaleb, M., & Taghipour, S. (2022). Evidence-based study of the impacts of maintenance practices on asset sustainability. *International Journal of Production Research*. <https://doi.org/10.1080/00207543.2022.2152893>
- [33] Tusnial, A., & Digalwar, A. K. (2021). A systematic review of the integration of best practices for world class manufacturing. *International Journal of Business Excellence*, 23(3), 353–388. <https://doi.org/10.1504/IJBEX.2021.113702>