

Increase of the Service Level in a Textile Company through Planned Maintenance complemented with KARDEX and ABC-XYZ

Piero Torres-Araujo¹; Mauricio Iza-Rivas¹; Marcos Fernando Ruiz-Ruiz¹; Juan Carlos Quiroz-Flores¹
¹Carrera de Ingeniería Industrial, Universidad de Lima, Perú, 20202091@aloe.ulima.edu.pe, 20191010@aloe.ulima.edu.pe, mruiz@ulima.edu.pe, jquiroz@ulima.edu.pe

Abstract – *The project addresses the issue of the low service level in a Peruvian textile company dedicated to yarn production. During the review of performance indicators, it was found that its average On Time In Full (OTIF) indicator stands below the national benchmark, which results in additional costs due to storing delayed orders, penalties, and idle time. Based on the diagnostic assessment conducted in the maintenance and warehouse areas, along with the analysis of historical data, several causes were identified that explain the process deficiencies: difficulty locating spare parts, disorganization in the maintenance warehouse, and the absence of an integrated maintenance plan. In response to this situation, a proposal combining three tools was developed. The implementation of a Kardex system helped register and control incoming and outgoing items in a more orderly way, reducing picking errors. The ABC-XYZ analysis made it possible to organize and prioritize spare parts according to their importance and demand patterns. Finally, a planned maintenance program (TPM) was designed, incorporating preventive and predictive tasks to reduce unplanned downtime. The proposal was validated through simulation, comparing the current situation with the improved scenario (AS-IS; TO-BE). The projected results indicate that the OTIF could increase from 68.22% to 77.95%, along with a significant decrease in search times that helped reduce maintenance times by 20.69% and unexpected failures by 80% thanks to planned maintenance. The study shows that integrating these tools generates a strong impact on the company's operations and response capacity, contributing to a more stable and predictable production environment.*

Keywords-- On Time In Full (OTIF); Planned Maintenance; ABC-XYZ; Kardex; Textile industry

Incremento del Nivel de Servicio en una Empresa Textil a partir de Mantenimiento Planificado complementado con KARDEX y ABC-XYZ

Piero Torres-Araujo¹ ; Mauricio Iza-Rivas¹ ; Marcos Fernando Ruiz-Ruiz¹ ; Juan Carlos Quiroz-Flores¹ 

¹Carrera de Ingeniería Industrial, Universidad de Lima, Perú, 20202091@aloe.ulima.edu.pe, 20191010@aloe.ulima.edu.pe, mruiz@ulima.edu.pe, jquiroz@ulima.edu.pe

Resumen – El proyecto abarca el problema del bajo nivel de servicio en una empresa textil peruana dedicada a la hilandería. Durante la revisión de indicadores se encontró que su indicador promedio de “Cumplimiento total en tiempo y cantidad” (On Time In Full; OTIF) está por debajo del promedio nacional, lo cual genera costos adicionales por almacenar pedidos retrasados, penalidades y tiempos muertos. Con el diagnóstico realizado, se analizó las áreas de mantenimiento y almacén, además con el análisis de la data histórica se identificaron causas que explican las deficiencias del proceso: la dificultad para ubicar repuestos, el desorden en el almacén de mantenimiento y la falta de un plan de mantenimiento integrado. Frente a este escenario, se planteó una propuesta que combina tres herramientas. El uso de un Kardex contribuyó a registrar y controlar las entradas y salidas de forma más ordenada, reduciendo errores de selección. El análisis ABC-XYZ permitió ordenar y priorizar los repuestos según su importancia y demanda. Finalmente, se diseñó un programa de mantenimiento planificado (TPM) que incorpora tareas preventivas y predictivas para disminuir las paradas no programadas. La propuesta se validó mediante simulación, comparando la situación actual con el escenario mejorado (AS-IS; TO-BE). Los resultados proyectados muestran que el OTIF podría elevarse de 68.22% a 77.95%, junto con una disminución importante de tiempos de búsqueda que ayudaron a reducir los tiempos de mantenimiento en 20.69% y fallas inesperadas en 80% gracias al mantenimiento planificado. Se logró demostrar que la integración de las herramientas genera un impacto importante en la operación y capacidad de respuesta de la organización, lo que contribuye a una operación más estable y predecible.

Palabras clave-- On Time In Full (OTIF); Mantenimiento Planificado; ABC-XYZ; Kardex; Industria Textil

I. INTRODUCCIÓN

El sector textil peruano constituye un componente relevante del tejido industrial por su aporte exportador y generación de empleos. Por ejemplo, el sector textil – confecciones genera 400 mil empleos formales [1]. Asimismo, las exportaciones textiles alcanzaron aproximadamente USD 1,483 millones, con predominio de confecciones, evidenciando la importancia económica del sector en el país [2][3]. Por su parte, para afrontar a la competitividad propia del mercado, el sector textil nacional ha empezado a adoptar tecnologías propias de la industria 4.0 para mantenerse en la vanguardia y optimizar sus sistemas de producción [4]. Por todo lo anteriormente mencionado, se puede concluir que se requieren

sistemas de gestión que mantengan competitivo al sector nacional frente al mercado internacional.

En este marco, la industria hilandera, etapa de la industria textil encargada de transformar fibras en hilos para su posterior uso en confecciones, requiere alta continuidad operativa y confiabilidad logística para cumplir con los pedidos, razón por la cual el desempeño suele evaluarse mediante el indicador *On Time In Full* (OTIF), que mide el porcentaje de pedidos entregados en la fecha arreglada entre la cantidad completa requerida, tal y como se muestra en (1).

$$OTIF = \frac{\text{Pedidos entregados a tiempo y completos}}{\text{Total de pedidos}} \times 100 \quad (1)$$

No obstante, la evidencia muestra dificultades recurrentes asociadas a la calidad del servicio en el sector: devoluciones de pedidos y no conformidades originadas en errores de *picking* y ausencia de estandarización, así como baja disponibilidad de maquinaria y defectos en producción que reducen el cumplimiento global de entregas [5][6][7]. La Fig. 1 ilustra el promedio del OTIF en la industria textil nacional:

	Grande empresa	Mediana empresa	Pequeña empresa	Microempresa	
Nivel de servicio	88,2%	86,4%	80,2%	90,7%	Promedio
Pedidos a tiempo	83,2%	79,9%	74,6%	71,2%	
OTIF	73,3%	69,0%	59,8%	64,5%	

Fig 1. Indicadores del sector peruano, según [8]

De manera complementaria, la literatura identifica que estos problemas se agravan por ineficiencias en la gestión de inventarios y por sistemas de información poco confiables, generando inconsistencias entre inventario físico y registrado, sobre *stocks* y retrasos en la recepción, almacenaje y selección de materiales. Esta situación es especialmente crítica en micro y pequeñas empresas, que carecen de capital para inventarios de seguridad, incrementando rupturas de stock y cuellos de botella productivos; en conjunto, estas limitaciones confirman una brecha operativa sectorial que afecta directamente el

cumplimiento OTIF y demanda soluciones específicas [9][10][11][12].

El caso de estudio de la presente investigación se desarrolla en una empresa textil peruana fundada en 2018, dedicada a la comercialización y distribución de productos de algodón y fibras sintéticas, cuyo proceso hilandero es continuo y depende de mantenimientos diarios para cambio de piezas y limpieza de maquinaria. Dado que cada mantenimiento implica una parada productiva, la disponibilidad inmediata de repuestos, la rapidez en su búsqueda y la precisión del picking resultan determinantes para evitar demoras que impacten en la producción y, por extensión, en la entrega al cliente [7]. Por lo anteriormente mencionado, se presenta el Lean Manufacturing como una alternativa a contribuir con las problemáticas que causen el bajo nivel de servicio. Lean Manufacturing es un sistema de gestión que se centra en la mejora continua de un proceso productivo mediante la eliminación sistemática y modificación de actividades que no agregan valor.

En este contexto, la investigación se orienta a responder la siguiente pregunta: ¿es posible mejorar el nivel de servicio de una empresa del sector textil mediante la aplicación de herramientas de *Lean Manufacturing*?; por tanto, el objetivo general es incrementar el OTIF del caso de estudio a través de un modelo Lean que intervenga sobre inventarios de repuestos y mantenimiento, buscando elevar el desempeño de entregas completas y a tiempo.

La propuesta del proyecto se estructura en tres fases principales: diagnóstico, diseño e implementación del modelo y validación de resultados (ver Fig. 2). En la primera etapa se identificaron las causas raíz del bajo nivel de servicio, destacando paradas no planificadas y demoras asociadas al mantenimiento y la gestión de repuestos, así como la ausencia de procedimientos estandarizados para la programación y ejecución de actividades técnicas. Esto permitió definir el alcance y los ejes de intervención del proyecto.

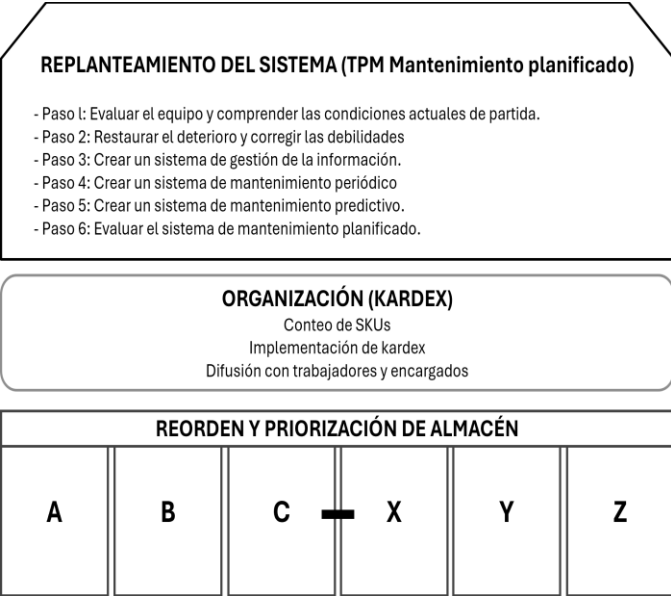


Fig. 2 Diseño de la propuesta

II. METODOLOGÍA

Para la investigación, se requirió principalmente de un ordenador como principal herramienta de trabajo. Se utilizó el programa *Microsoft Excel* para almacenar la data histórica recolectada y realizar todo el análisis numérico y estadístico, así como el diseño y empleo del Kardex. Así mismo, el software de simulación *Arena* fue indispensable para el desarrollo de la simulación de resultados.

Inicialmente, para identificar el origen del incumplimiento, se efectuó un diagnóstico integral basado en datos históricos de OTIF, mapeo del proceso y análisis de criticidad de fallas. Los resultados del diagnóstico muestran una brecha técnica de la empresa con un OTIF promedio de 68.22% en 2024, por debajo del promedio nacional de 73.3% reportado para grandes empresas peruanas (ver Figura 1). Esta diferencia se asocia, además, a sobrecostos logísticos por almacenamiento y penalidades por retraso, evidenciando un impacto económico directo sobre la competitividad del caso [8].

Para hallar la causalidad del problema, se realizó una priorización de factores, apoyado en un análisis de Pareto que derivó en un árbol de problemas (ver Fig. 3). Junto con el análisis Pareto, mediante la técnica de los “5 porqués” permitió delimitar causas raíz vinculadas con la disponibilidad de repuestos, los tiempos de atención de mantenimiento y los errores en preparación de pedidos.

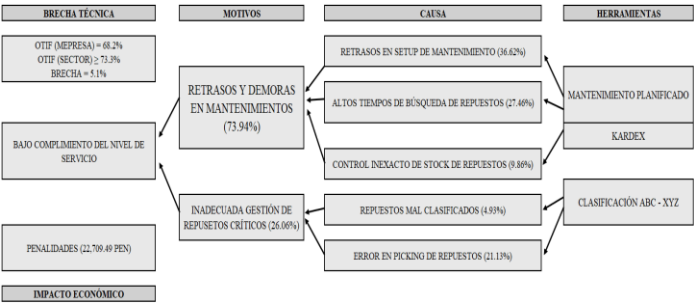


Fig. 3 Árbol de problemas

La primera causa raíz priorizada corresponde a los altos tiempos de búsqueda de repuestos, explicados por la ausencia de codificación y estandarización del almacén, falta de criterios de organización según rotación o criticidad y carencia de un sistema formal de ubicación. Esta situación incrementa los tiempos muertos de mantenimiento al demorar la localización de piezas clave, deteriorando la continuidad operativa [13].

La segunda causa raíz se asocia al retraso en las actividades de preparación para mantenimiento, producto de una planificación insuficiente, asignaciones informales de tareas y falta de responsables de control diario. En consecuencia, las paradas programadas tienden a exceder el tiempo previsto, afectando el flujo continuo de la línea hilandera y el cumplimiento de pedidos [13].

La tercera causa raíz identificada es el error en el picking de repuestos, originado por desorden físico, falta de rotulación, registros desactualizados y ausencia de procedimientos estándar. Estos errores obligan a rehacer la selección de

materiales y prolongan las detenciones de equipos, amplificando el efecto negativo en el OTIF [13].

Desde el estado del arte, herramientas como Kardex y la clasificación ABC-XYZ han mostrado eficacia para mejorar la precisión, priorización y reposición de inventarios de repuestos, mientras que el Mantenimiento Productivo Total (*Total Productive Management*, TPM) contribuye a reducir paradas no planificadas y elevar la disponibilidad de equipos; sin embargo, su aplicación integrada en almacenes de repuestos para hilandería es limitada en la literatura reciente [14][15][16][17][18]. Por ello, este trabajo propone un modelo Lean que articula TPM, Kardex y ABC-XYZ para atacar de manera directa las tres causas raíz priorizadas y cerrar la brecha OTIF identificada, organizando el artículo en diagnóstico, propuesta, resultados y conclusiones.

A. Mantenimiento Planificado

El pilar de Mantenimiento Planificado se aplicó en la hilandería siguiendo los seis pasos establecidos por la metodología de gestión de equipos TPM, la cual busca el enfoque en la gestión para maximizar la eficiencia de los equipos productivos para lograr prevenir pérdidas y la mejora continua [19]. El proceso comenzó con una evaluación inicial del estado del equipo, donde se identificaron las fallas recurrentes, los puntos donde se acumulaba suciedad y otras condiciones que influían directamente en su operación. Esta primera revisión permitió establecer una base clara para comparar los avances posteriores. Luego se realizó la restauración de las condiciones básicas, que incluyó una limpieza profunda, correcciones menores, eliminación de fugas y la organización de los componentes visibles, asegurando que la máquina regresara a un estado operativo estable.

El siguiente paso consistió en eliminar las fuentes de deterioro y mejorar la mantenibilidad del equipo, atendiendo zonas de difícil acceso, problemas de lubricación y elementos que complicaban las intervenciones técnicas. Se implementaron mejoras sencillas que redujeron la repetición de fallas y facilitaron el trabajo de los operarios. Posteriormente, se estructuró el mantenimiento periódico, definiendo tareas preventivas, frecuencias, responsables y los recursos necesarios, apoyándose en fichas técnicas y *checklists* para ordenar y estandarizar las rutinas tal como señalan buenas prácticas documentadas [20].

En la quinta etapa, se reforzó el registro y control de la información, documentando tiempos de reparación, tipos de fallas, consumo de repuestos y métricas clave como el Tiempo Medio de Reparación (MTTR) y la disponibilidad. Finalmente, el sexto paso se enfocó en evaluar el desempeño del sistema y ajustar el plan en función de los indicadores obtenidos.

B. Kardex y Clasificación ABC-XYZ

Su implementación comenzó con el levantamiento de la información existente, registrando códigos, unidades, cantidades, ubicación física y rotación de cada repuesto. Una vez consolidada la información, se procedió a estructurar las tarjetas Kardex y el registro de entradas y salidas bajo un formato uniforme, para el control individualizado de

inventarios. Además, se definieron criterios claros para la actualización diaria del Kardex y la integración con la clasificación ABC-XYZ para facilitar la priorización de los repuestos críticos y reducir los tiempos improductivos asociados a búsquedas prolongadas.

Para incorporar la clasificación ABC-XYZ se inició con la recolección de datos históricos de consumo y demanda. Luego, se valoró la demanda en función del costo unitario de los repuestos críticos ordenándolos según importancia, de mayor a menor en cuanto a cantidad y costo. Asimismo, se calculó la variabilidad de la demanda clasificándola en estable, moderada y alta. Finalmente, se cruzaron ambos factores para identificar cada tipo de material y definir políticas de gestión diferenciadas según su nivel de criticidad e incertidumbre.

La tercera fase de la propuesta, la validación, se desarrolló siguiendo las directrices planteadas en el capítulo, iniciando con la selección del método más adecuado para contrastar el desempeño del escenario actual y el escenario propuesto. Esta elección se sustentó en la triangulación con expertos del ámbito académico y profesional, así como en una revisión de literatura que respalda el uso de la simulación como herramienta válida para evaluar propuestas de ingeniería. Diferentes autores destacan que la simulación permite representar fielmente las condiciones del sistema, siempre que la información histórica sea precisa y que las distribuciones estadísticas se definan a partir de herramientas como *Input Analyzer* [6][7][21]. Con base en estos fundamentos, se determinó que la simulación sería el método idóneo para validar el modelo conceptual del proyecto.

A partir de esta decisión, se estableció una metodología de validación compuesta por tres etapas: la triangulación con especialistas, la revisión bibliográfica que sustenta la elección del método y el análisis estadístico mediante *Output Analyzer*. Esta estructura permitió evaluar dos de los componentes centrales del modelo: la clasificación ABC-XYZ y el Mantenimiento Planificado (TPM). En ambos casos se aplicó el mismo esquema metodológico, garantizando uniformidad y consistencia: verificación con expertos, respaldo teórico y simulación del escenario mejorado mediante el software empleado en la investigación.

La validación de la clasificación ABC-XYZ se llevó a cabo mediante triangulación con especialistas en cadena de suministro y mantenimiento, fundamentación teórica y construcción de escenarios de simulación en Arena v16.2, software utilizado en la investigación para replicar el comportamiento del sistema bajo condiciones controladas. Para ello se definieron datos de entrada como intervalos de llegada, tiempos de permanencia, tiempos de búsqueda y distribuciones validadas estadísticamente, así como datos de salida analizados mediante intervalos de confianza al 95%. De manera paralela, la validación del TPM siguió los mismos pasos metodológicos, incorporando también la simulación con Arena para modelar el desempeño del proceso bajo el esquema de mantenimiento planificado.

La evaluación económica y determinación de viabilidad del proyecto se realizó considerando el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y la relación

Beneficio/Costo (B/C). En primer lugar, se estimaron los flujos de caja del proyecto, considerando la inversión inicial, así como los costos de operación y mantenimiento a lo largo del periodo de evaluación, el cual se definió con un horizonte de 12 meses. Posteriormente, se definió la tasa de descuento, que representa el costo de oportunidad del capital en el tiempo. Con esta tasa, se calculó el VAN, trayendo los flujos de caja futuros a valor presente. Este debe ser mayor a 0 para que el proyecto sea viable. La TIR se determinó a partir de los flujos de caja del proyecto. Esta se calculó como la tasa de descuento que hace que el VAN sea igual a cero. Posteriormente, se comparó con el costo de oportunidad del capital (COK), definido en 28%. La TIR debe ser mayor al COK para que el proyecto sea rentable. El B/C se determinó como el cociente entre los beneficios y los costos del proyecto, ambos expresados en valor presente.

Finalmente, se precisaron todos los elementos incluidos en el sistema simulado, tales como entidades, recursos, atributos, colas y sets, además de la fórmula utilizada para determinar el tamaño de muestra. La validación se ejecutó siguiendo un plan maestro que abarca actividades como recolección y verificación de datos históricos, identificación de distribuciones mediante *Input Analyzer*, construcción de modelos en Arena, análisis con *Output Analyzer* y revisión estructurada de cada herramienta. Asimismo, se identificó como riesgo principal la inexactitud de la data recolectada, por lo que esta fue validada con los responsables del proceso y se comunicaron claramente los cambios al personal para evitar malas prácticas durante la implementación. Esta secuencia conforma la metodología completa de validación aplicada en el capítulo.

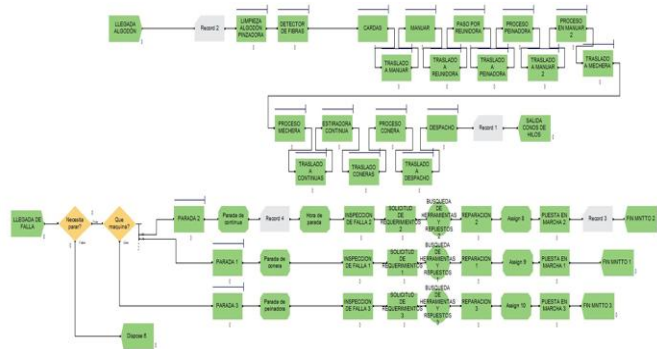


Fig 4. Modelo Arena AS-IS

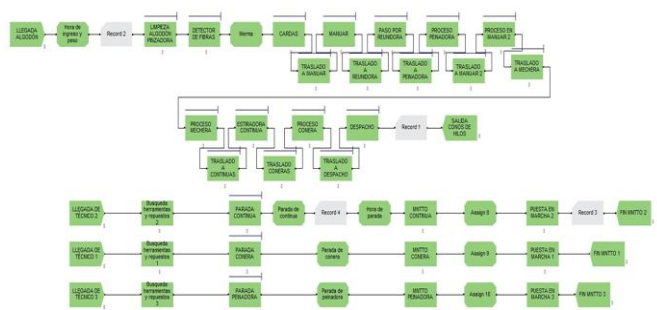


Fig 5. Modelo Arena TO-BE

III. RESULTADOS

En el modelo propuesto, donde se integran la clasificación ABC-XYZ, el sistema Kardex para la gestión de repuestos y el pilar de Mantenimiento Planificado del TPM, fue validado mediante una simulación de eventos discretos utilizando el software Arena; esto se llevó a cabo comparando la situación actual del sistema (AS-IS) con el escenario mejorado (TO-BE). Los resultados demuestran mejoras cuantitativas significativas en el OTIF y en los procesos de mantenimiento.

A. Nivel de Servicio (OTIF)

Mediante comparación entre el escenario *AS-IS* y el escenario propuesto *TO-BE*, se denotó una mejora en el indicador *On-Time In-Full*. En el escenario *AS-IS*, el OTIF promedio fue de 63.19%, mientras que en el escenario *TO-BE* aumento hasta 88.37%, superando con holgura el valor esperado de 77.95%. Esto representa un incremento de 25 puntos porcentuales, aproximadamente y un aumento relativo de 39.91%.

Asimismo, la simulación evidencio que en el modelo mejorado se obtuvo tres entregas a tiempo adicionales por cada ciclo de 12 horas de producción, lo que equivale a 780 entregas adicionales por año, considerando que se trabajan 260 días al año.

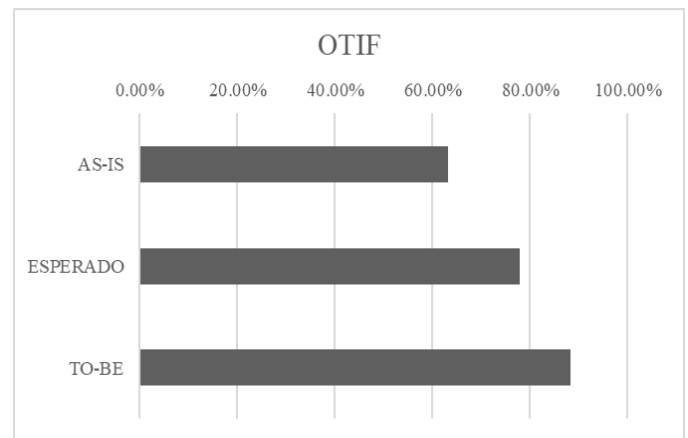


Fig. 6 Variación del OTIF

B. Mejoras del Mantenimiento (MTTR y Paradas)

El tiempo promedio de reparación (MTTR) se redujo de 116 minutos a 92 minutos en el escenario *TO-BE*, lo que conlleva una disminución de 20.69%. Del mismo modo, el número de paradas no planificadas también se redujo significativamente, de 5 a 1 parada por turno de trabajo, lo cual representa una mejora del 80% frente a la situación actual. La totalidad de horas de inactividad por ciclo de 12 horas de trabajo pasó de 8.54 horas a 1.55 horas.

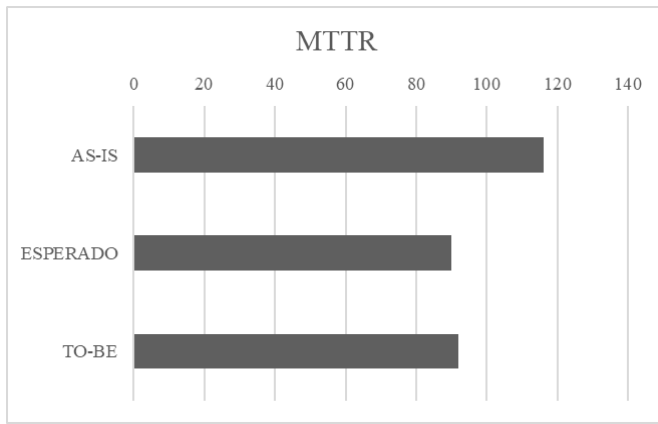


Fig. 7 Variación del MTTR (minutos)

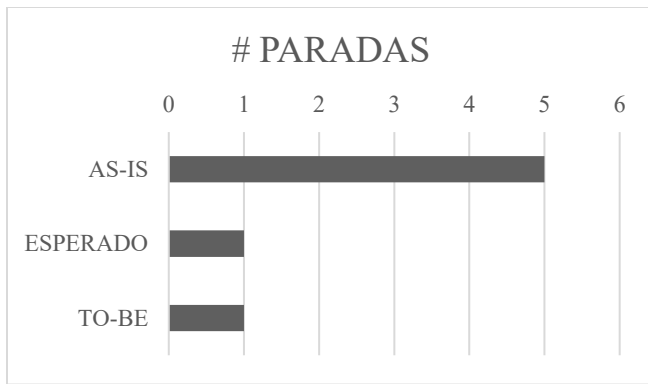


Fig. 8 Variación de la frecuencia de paradas (veces)

C. Tiempo de Búsqueda de Repuestos

En el escenario *AS-IS*, se reportaron tiempos de búsqueda que oscilaban entre los 12 y 25 minutos por repuesto, dependiendo del tipo de pieza, su criticidad y la disponibilidad de información. Este valor era especialmente crítico en repuestos de alta rotación y criticidad (rodamientos y fajas), donde la falta de visibilidad generaba demoras recurrentes y aumentaba la duración total de las actividades de mantenimiento correctivo.

La combinación de la clasificación ABC-XYZ y el sistema Kardex logró reducir el tiempo promedio de búsqueda de repuestos en más del 70%, gracias a una mejora disponibilidad y visibilidad del inventario, codificación y clasificación de repuestos basada en la demanda.

D. Comparación de Escenarios

Los resultados del diagnóstico permiten identificar una brecha relevante entre el desempeño *AS-IS* y los valores *TO-BE* planteados para los indicadores. El OTIF muestra una mejora proyectada del 39.91%, al pasar de 63.16% a 88.37%, lo que permite evidenciar el impacto esperado de las acciones orientadas a mejorar la confiabilidad del cumplimiento de entregas. En cuanto al MTTR, se estima reducir el tiempo de reparación en 20.69%, con el objetivo de acortar la atención de fallas y aumentar la disponibilidad operativa.

Por último, la frecuencia de paradas no programadas apunta a disminuir en un 80%, lo que contribuiría a estabilizar

el proceso y reducir la variabilidad. En conjunto, estos resultados permiten sustentar que las propuestas pueden cerrar las brechas actuales de desempeño.

TABLA I
COMPARACIÓN DE INDICADORES AS-IS VS TO-BE

Indicador	As-Is	Esperado	To-Be	Var (%)
OTIF	63.16%	77.95%	88.37%	39.91%
MTTR (minutos)	116	90	92	20.69%
PARADAS (veces)	5	1	1	80%

IV. DISCUSIÓN

La propuesta de solución demuestra un incremento significativo del nivel de servicio, elevando el OTIF de 63.16% (*AS-IS*) a 88.37% (*TO-BE*). Este comportamiento es consistente con lo reportado en la literatura. Por ejemplo, [21], aplicando estandarización y ABC-XYZ más Kardex, obtuvieron mejoras comparables, donde el OTIF incrementó de 56.71% a 89.15%. En contraste, otros estudios lograron incrementos menores (OTIF post intervención 69.80%), lo cual refuerza el rol determinante del TPM en el presente caso [22], [23]. Resultados similares se observan en [18], donde, combinando TPM y ABC-XYZ, se alcanzó un On-Time de 91.67%, cercano al del presente estudio (87.26%). Asimismo, [7] mejoraron su cumplimiento a 81.32% mediante TPM, mientras que la solución propuesta supera el 80%.

En ese sentido, la aplicación completa de estos seis pasos del mantenimiento planificado permitió reducir los tiempos de reparación, disminuir las paradas no planificadas y mejorar la disponibilidad del equipo dentro del proceso productivo, alineándose con los resultados esperados en la implementación del TPM [19].

En términos cuantitativos, la propuesta reduce las paradas no planificadas en 80% (de 5 a 1 por día) y disminuye el MTTR en 20.69% (de 116 min a 92 min). Estos resultados superan ampliamente los reportes de [5] (-26.2%) y [16] (-23% anual), y se alinean con los obtenidos por [24], quienes lograron una reducción de 83.52% en el número de paradas de máquina, comparable con la reducción del 80.00% alcanzada en este estudio. Asimismo, cifras de autores como [17] (-17.45% en tiempos muertos) y [25] y [26] confirman la efectividad del TPM en la disminución de tiempos improductivos.

La evaluación económica evidencia una alta conveniencia del modelo, obteniendo un VAN de S/ 87,449.71, TIR de 82.19%, una relación beneficio/costo (B/C) de 8.70 puntos y un periodo de recupero de 1 mes y 7 días. Aunque algunos trabajos reportan TIR similares o superiores, lo hacen sobre horizontes anuales; por ello, el B/C obtenido sobresale claramente frente a valores típicos (1.21–1.97) [27], [28]. La magnitud del beneficio confirma la alta viabilidad económica del modelo, atribuida principalmente a la reducción de tiempos de mantenimiento y sobrecostos logísticos.

TABLA II
COMPARACIÓN DE RESULTADOS FINALES

Indicador	Estudios similares	Caso de estudio
OTIF	81.32% [7]; 89.15% [21]	88.37%
MTTR (minutos)	26.20% [5]; 23.00% [16]	20.96%
PARADAS (veces)	83.52% [24]	80.00%

En conjunto, los resultados muestran que la integración de Mantenimiento planificado (Pilar 2 del TPM), la clasificación ABC-XYZ y el Kardex produce mejoras superiores a la mayoría de las referencias revisadas, consolidando un modelo aplicable y escalable para industrias textiles con procesos continuos.

V. CONCLUSIÓN

La aplicación del modelo conceptual permitió alcanzar mejoras claras en el desempeño operativo, destacando el incremento del OTIF de 63.16% a 88.37%. Este avance se explica por el trabajo conjunto entre el Mantenimiento Planificado (Pilar 2 del TPM), el uso del sistema Kardex y la clasificación ABC-XYZ, herramientas que en conjunto facilitan la disponibilidad de repuestos, agilizan las búsquedas en almacén y ordenan las rutinas de mantenimiento mediante fichas y listas de verificación. Como efecto directo, se redujo el MTTR en 20.69% y el número de paradas no planificadas cayó en 80%, mejorando de forma apreciable la continuidad operativa.

Al revisar los resultados con mayor detalle, se observa que el OTIF final supera en más de diez puntos la meta definida. Además, el tiempo de reparación disminuyó de 116 a 92 minutos y las paradas por turno pasaron de cuatro a una. En el área de inventarios, la combinación de ABC-XYZ con Kardex permitió reducir el tiempo de picking en casi una cuarta parte, lo que ayudó a evitar atrasos y entregas parciales. Todo ello se tradujo también en un mayor número de órdenes que pudieron despacharse de manera íntegra en el periodo analizado.

Estos avances ponen en evidencia que la articulación de herramientas de ingeniería es una vía efectiva para atender problemas comunes en industrias de alta exigencia, como la textil. La integración entre mantenimiento planificado, estandarización y gestión ordenada de inventarios fortalece la trazabilidad y el control de recursos críticos, y ofrece una base sólida para desarrollar mejoras adicionales en contextos similares. Más allá del caso estudiado, la metodología y los resultados muestran un potencial de réplica en plantas con características operativas similares, y refuerzan la importancia de incorporar prácticas que impulsen la eficiencia operativa desde diferentes prácticas y metodologías.

REFERENCIAS

- [1] J. Artica, "SNI: 400 mil puestos de trabajo en sector textil-confecciones en riesgo ante exceso de importaciones." El Comercio, Lima, Perú, 2020. [En

- línea]. Disponible en: <https://elcomercio.pe/economia/peru/sector-textil-400-mil-puestos-de-trabajo-en-sector-textil-confecciones-en-riesgo-ante-exceso-de-importaciones-sni-ncze-noticia> (Accedido 24 abr. 2026).
- [2] El Peruano, "La industria textil peruana aporta al PBI de 4 a 5 mil millones de dólares al año." El Peruano. <https://www.elperuano.pe/noticia/228662-la-industria-textil-peruana-aporta-al-pbi-de-4-a-5-mil-millones-de-dolares-al-ano> (Accedido 22 nov. 2025).
- [3] ComexPerú, "Record exportador peruano: US\$ 74,664 millones en 2024," Sociedad de Comercio Exterior del Perú. <https://www.comexperu.org.pe/articulo/record-exportador-peruano-us-74664-millones-en-2024> (Accedido 22 nov. 2025).
- [4] Editorialge Spanish Desk, "¿Cómo está adoptando la tecnología la industria de la moda y el textil en Perú?," Editorial GE, 2025. [En línea]. Disponible en: <https://es.editorialge.com/industria-textil-peru-tecnologia/> (Accedido 24 abr. 2026).
- [5] D. Huamani-Lara, J. Coronel-Vasquez, A. Flores-Perez, M. Collao-Diaz, y J. Quiroz-Flores, "Logistics management model to reduce non-conforming orders through Lean Warehouse and JIT: A case of study in textile SMEs in Peru," in *Proc. 9th Int. Conf. Ind. Eng. Appl. (ICIEA)*, Barcelona, Spain, pp. 19–24, Ene. 2022. Accedido: 22 nov. 2025. doi: 10.1145/3523132.3523136.
- [6] M. Roncal-Coronel, F. Tarazona-Ballon, y J. C. Quiroz-Flores, "Warehouse management model to reduce return rate applying Lean Manufacturing techniques and multicriteria ABC in a SMEs in the textile sector," *ACM Int. Conf. Proc. Ser.*, 2023, Accedido: 22 nov. 2025. doi: 10.1145/3587889.3587913.
- [7] Rafael-Abad, A. Ancalle-Polanco, J. C. Quiroz-Flores, M. Collao-Diaz, y A. Flores-Perez, "Production model to increase the level of order fulfillment through the implementation of lean tools and ergonomics in SMEs of the textile sector," *Int. J. Innov. Manag. Technol.*, vol. 14, no. 3, pp. 88–92, 2023. Accedido: 22 nov. 2025. doi: 10.18178/ijimt.2023.14.3.94.
- [8] Dirección General de Políticas y Regulación en Transporte Multimodal, "Encuesta Nacional de Logística 2020". Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Lima, Peru, 2023. [En línea]. Disponible en: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/4331508/Encuesta%20Nacional%20de%20Log%C3%ADstica%202020.pdf> (Accedido 22 nov. 2025).
- [9] S. Dhamodharan y P. A. Padmaavathy, "Investigation on warehouse management system and its impact on business performance in textile industry," *E3S Web Conf.*, vol. 449, art. no. 05008, 2023. Accedido: 22 nov. 2025. doi: 10.1051/e3sconf/202344905008.
- [10] Aguilar-Paz, J. Bellido-Yarlque, J. C. Quiroz-Flores, y S. Nallusamy, "A proposed model for inventory management to minimize the rate of raw materials tied up of textile industry with lean engineering tools," *SSRG Int. J. Mech. Eng.*, vol. 10, no. 8, pp. 11–20, 2023. Accedido: 22 nov. 2025. doi: 10.14445/23488360/IJME-V10I8P102.
- [11] E. Chacón Silva, M. L. Ramirez Ramos, y R. O. Tsukazan Nakaima, "Implementation of the ABC & layout method to improve inventory management of a SME in the textile sector," in *Proc. 4th LACCEI Int. Multiconf. Entrepreneurship, Innovation and Regional Development (LEIRD 2024)*, pp. 1–10, 2024. Accedido: 22 nov. 2025. doi: 10.18687/LEIRD2024.1.1.811.
- [12] K. Argumedo-Gonzales, A. Pumahuare-Ayala, E. Aparicio-Lora, E. Altamirano-Flores, y C. Nunura-Nunura, "Proposal to improve the inventory management model in a textil SME based on the plan for every part," in *Proc. 19th LACCEI Int. Multi-Conf. Eng., Educ. Technol. (LACCEI 2021)*, art. no. 498, 2021. Accedido: 22 nov. 2025. doi: 10.18687/LACCEI2021.1.1.498.
- [13] M. A. Vasquez Quispe y A. E. Calcina Flores, "Implementing Lean Warehousing model to increase on time and in full of an SME commercial company: a research in Perú," tesis de titulación, Fac. Ingeniería, Univ. de Lima, Lima, Perú, 2023. [En línea]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12724/18866> (accedido 22 nov. 2025).
- [14] J. Pahl, M. Patzke, y S. Saeed, "Critical spare parts management in maritime shipping: Selection and control," in *Proc. 57th Hawaii Int. Conf. Syst. Sci. (HICSS)*, pp. 1390–1400, 2024. Accedido: 22 nov. 2025. [Online]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/10125/106549>
- [15] J. A. De la Cruz Templonuevo y K. A. Mariñas, "Determining the optimal spare management forecasting technique for a ship maintenance and repair services company," in *Proc. 10th Int. Conf. Ind. Bus. Eng. (ICIBE 2024)*,

- pp. 148–156, 2025. Accedido: 22 nov. 2025. doi: 10.1145/3716097.3716099.
- [16] G. Amiel-Reategui, E. Vargas-Tapia, y G. Viacava-Campos, “Increase the efficiency of the machine production process in textile companies through a model based on TPM and SMED,” in *Proc. LACCEI Int. Multi-Conf. Eng., Educ. Technol.*, 2022. Accedido: 22 nov. 2025. doi: 10.18687/LACCEI2022.1.1.752.
- [17] Y. Calderón-Ayala, J. S. K. Vitor-Sánchez, J. C. Quiroz-Flores, y A. E. Flores-Pérez, “Increased operational efficiency in an SME in the textile industry through a production model based on Lean, TPM, and SLP tools,” in *Proc. 21st LACCEI Int. Multi-Conf. Eng., Educ. Technol. (LACCEI 2023)*, pp. 1–9, 2023. Accedido: 22 nov. 2025. doi: 10.18687/LACCEI2023.1.1.186.
- [18] A. Gálvez Ulloa, A. B. I. Tisnado Jáuregui, M. L. Rantes Valverde, y K. J. Solórzano Iparraguirre, “Diseño de un plan de mantenimiento preventivo, ABC, codificación, sistema Kanban, AMFE y pronósticos para reducir costos en la empresa metalmecánica,” in *Proc. 18th LACCEI Int. Multi-Conf.*, pp. 1–10, 2020. Accedido: 22 nov. 2025. doi: 10.18687/LACCEI2021.1.1.154.
- [19] T. Suzuki, *TPM en industrias de proceso*, 1.^a ed. Portland: Productivity Press, 1996.
- [20] R. Sharma, “Overall equipment effectiveness measurement of TPM manager model machines in flexible manufacturing environment: a case study of automobile sector,” *International Journal of Productivity and Quality Management, Inderscience Enterprises Ltd*, vol. 26, no. 2, pp. 206–222.
- [21] Acevedo-Aybar, M. Jáuregui-Alfaro, J. C. Quiroz-Flores, y A. Ali, “Optimizing warehouse management in footwear commercial companies: A case study on Lean-BPM,” *SSRG Int. J. Mech. Eng.*, vol. 11, no. 1, pp. 16–27, 2024. Accedido: 25 nov. 2025. doi: 10.14445/23488360/IJME-V11I1P102.
- [22] L. N. Vasquez-Layza, N. B. Cerna Rios y J. C. Escurra-Lagos, “Implementation of inventory control and warehouse management strategies to reduce operational costs in a Peruvian hardware company”, en *Proceedings of the 4th LACCEI International Multiconference on Entrepreneurship, Innovation and Regional Development (LEIRD 2024): Creating solutions for a sustainable future: technology-based entrepreneurship*, 2024. Accedido: 25 nov. 2025. doi: <https://doi.org/10.18687/LEIRD2024.1.1.420>
- [23] K. L. Ambrosio-Flores, M. Lazo-de-la-Vega-Baca, J. C. Quiroz-Flores, and E. Cabrera-Gil-Grados, “Warehouse management model integrating BPM–Lean Warehousing to increase order fulfillment in SME distribution companies,” in *Proc. 8th Int. Eng., Sci. Technol. Conf. (IESTEC 2022)*, 2022, pp. 17–24, doi: 10.1109/IESTEC54539.2022.00012.
- [24] F. A. Jarufe-Majluf, A. Paredes-Carrasco, A. Flores-Perez, and M. Collao-Diaz, “Reduction of order delivery time using Kanban, TPM and 5S in a Peruvian textile factory: An empirical review,” in *Proc. 8th Int. Eng., Sci. Technol. Conf. (IESTEC 2022)*, 2022, pp. 73–78, doi: 10.1109/IESTEC54539.2022.00020.
- [25] Y. Köse, S. Müftüoğlu, E. Cevikcan, and M. B. Durmuşoğlu, “Axiomatic design for lean autonomous maintenance system: An application from textile industry,” *Int. J. Lean Six Sigma*, vol. 14, no. 3, pp. 555–587, 2023, doi: 10.1108/IJLSS-01-2022-0020.
- [26] L. A. León Ludeña y C. F. Diestra Medroa, “Improvement Proposal to Reduce the Total Cycle Time in Production through the Application of SLP, 5S and TPM under a DMAIC Approach in a Peruvian Textile SME”, tesis de titulación, Fac. Ingeniería, Univ de Lima, Perú, 2023. [En línea]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12724/19821> (accedido 22 nov. 2025).
- [27] J. M. Arroyo y S. N. Pereda, “Improvement Plan to reduce operating costs in a Textile company in the city of Trujillo, 2024”, en *Proceedings of the 4th LACCEI International Multiconference on Entrepreneurship, Innovation and Regional Development (LEIRD 2024): "Creating solutions for a sustainable future: technology-based entrepreneurship"*, pp. 1-11, 2024. Accedido: 22 nov. 2025.
- [28] C. E. Santos, V. H. Guerrero, y J. M. Rodríguez, “Propuesta de mejora de una gestión de costos y mantenimiento para reducir los costos de producción de una empresa maderera, Trujillo 2023,” tesis de licenciatura, Univ. Privada del Norte, Trujillo, Perú, 2023. [En línea]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/11537/37489>