# Improving the service level in spare parts management for an industrial company by applying demand forecasting, 5S, and inventory management

Adriana Evelyn Pérez-Vargas, B.Eng[1]; Gabriel Nicolás Ramírez-Lau, B.Eng[1];
Marcos Fernando Ruiz-Ruiz, Ph.D[1]; and Rafael Chavez-Ugaz, Ph.D[1]
[1] Carrera de Ingeniería Industrial, Universidad de Lima, Perú, *20204778@aloe.ulima.edu.pe, 20181555@aloe.ulima.edu.pe, mruiz@ulima.edu.pe, rchavezu@ulima.edu.pe*

***Abstract*– Service level in the commercialization of heavy machinery spare parts is a strategic factor, as the timely availability of components minimizes equipment downtime and strengthens customer loyalty. This research aimed to design and develop a comprehensive logistics optimization model to improve service levels and reduce operational inefficiencies in a Peruvian machinery and spare parts trading company. To this end, an applied improvement design was employed and validated through discrete-event simulation using Arena 16.2. The proposed model integrates Double Exponential Smoothing (DES) for demand forecasting, Reorder Point with Safety Stock (ROP+SS) policies for inventory management, and the 5S methodology for warehouse organization. Findings demonstrate that the proposed model increases the On Time In Full (OTIF) indicator from 74.63% to 79.14%, reducing the technical gap by 4.51% and decreasing the inefficiencies identified in the initial scenario by 40%, thereby improving logistics performance and process responsiveness. The main contribution is the development of a hybrid logistics management model that integrates demand forecasting, inventory control, and continuous improvement, providing an effective approach to optimizing service levels in the sector, opening new research avenues focused on the integration of probabilistic approaches, ergonomics, and sustainability in warehouses supporting low-frequency, high-criticality industrial maintenance.***

***Keyword*- Logistics Optimization; Inventory Management; Demand Forecasting; Supply Chain; Safety Stock.**

# Mejora del nivel de servicio en la gestión de repuestos de una empresa industrial aplicando pronóstico de la demanda, 5S y gestión de inventarios

Adriana Evelyn Pérez-Vargas, B.Eng[1]; Gabriel Nicolás Ramírez-Lau, B.Eng[1];
Marcos Fernando Ruiz-Ruiz, Ph.D[1]; and Rafael Chavez-Ugaz, Ph.D[1]
[1] Carrera de Ingeniería Industrial, Universidad de Lima, Perú, *20204778@aloe.ulima.edu.pe, 20181555@aloe.ulima.edu.pe, mruiz@ulima.edu.pe, rchavezu@ulima.edu.pe*

***Resumen–*** ***El nivel de servicio en la comercialización de repuestos para maquinaria pesada constituye un factor estratégico, ya que la disponibilidad oportuna de componentes minimiza la inactividad de los equipos y fortalece la fidelización del cliente. El objetivo de esta investigación fue diseñar y desarrollar un modelo integral de optimización logística para mejorar los niveles de servicio y reducir las ineficiencias operativas en una empresa peruana dedicada a la comercialización de maquinaria y repuestos. Para ello, se empleó un diseño de mejora aplicada validado mediante simulación por eventos discretos utilizando el software Arena versión 16.2. El modelo propuesto integra el Suavizamiento Exponencial Doble (SED) para el pronóstico de la demanda, políticas de Punto de Reorden con Stock de Seguridad (ROP+SS) para la gestión de inventarios y la metodología 5S para la organización del almacén. Los principales hallazgos demuestran que el modelo propuesto incrementa el indicador On Time In Full (OTIF) de 74.63% a 79.14%, reduciendo la brecha técnica en 4.51% y disminuyendo en un 40% las ineficiencias identificadas en la situación inicial, mejorando así el desempeño logístico y la capacidad de respuesta del proceso. La principal contribución de este estudio es el desarrollo de un modelo híbrido de gestión logística que integra el pronóstico de la demanda, el control de inventarios y la mejora continua, proporcionando un enfoque eficaz para optimizar los niveles de servicio en el sector y abriendo nuevas líneas de investigación orientadas a la integración de enfoques probabilísticos, la ergonomía y la sostenibilidad en almacenes destinados al mantenimiento industrial de baja frecuencia y alta criticidad.***

***Palabras clave--*** ***Gestión de inventarios; Pronóstico de la demanda; Metodología 5S; Metodología de Lean; Nivel de servicio***

## I. Introducción

El sector de comercialización de maquinaria pesada y repuestos desempeña un papel estratégico en actividades como minería, construcción, transporte e industria, debido a que la disponibilidad de los equipos depende del suministro oportuno de componentes y de la eficiencia del servicio postventa. En América Latina y el Caribe, este mercado mantiene una tendencia de crecimiento, registrando un incremento proyectado del 6 % en el valor de las importaciones de bienes para el cierre de 2025, impulsado principalmente por el aumento del volumen comercializado [1]. No obstante, las proyecciones para 2026 prevén una desaceleración asociada a la incertidumbre del comercio internacional, lo que incrementa la necesidad de fortalecer la eficiencia de las cadenas de suministro y los procesos de abastecimiento.

En el Perú, el comercio mayorista de maquinaria y equipos constituye un soporte fundamental para sectores intensivos en capital. Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), esta actividad registró un crecimiento de 2.96 % durante junio de 2025, impulsado por la recuperación de las actividades extractivas e industriales [2]. Sin embargo, la gestión de repuestos continúa enfrentando desafíos derivados de la demanda intermitente, la dependencia de proveedores internacionales y la variabilidad del tiempo de reposición, factores que dificultan la planificación del abastecimiento y afectan la disponibilidad de inventario [3][4].

La empresa objeto de estudio se dedica a la comercialización de maquinaria pesada y ligera, así como de repuestos para los sectores construcción, minería, transporte e industria. La disponibilidad de repuestos representa un factor crítico para garantizar la continuidad operativa de los clientes, por lo que la planificación de la demanda, la administración de inventarios y la eficiencia de las operaciones de almacén constituyen elementos fundamentales para asegurar un adecuado nivel de servicio.

La literatura especializada ha propuesto diversas herramientas para afrontar estos desafíos. En la planificación de la demanda, los métodos de suavizamiento exponencial han demostrado mejorar la precisión de los pronósticos mediante el análisis de series temporales, favoreciendo la planificación del abastecimiento y reduciendo la incertidumbre en la toma de decisiones [5][6]. En cuanto a la gestión de inventarios, las políticas de Punto de Reorden (ROP) y Stock de Seguridad (SS) permiten establecer criterios técnicos para definir el momento y la cantidad de reposición considerando la demanda y la variabilidad del tiempo de entrega, contribuyendo a disminuir el riesgo de quiebres de stock y mejorar la disponibilidad de productos críticos [7][8].

De manera complementaria, diversos estudios destacan la aplicación de metodologías Lean para optimizar las operaciones de almacén. Entre ellas, la metodología 5S ha

demostrado reducir tiempos improductivos, mejorar la organización de los espacios de trabajo y disminuir errores durante la preparación de pedidos [10]. Asimismo, revisiones recientes evidencian que su desarrollo contribuye a incrementar la productividad y el desempeño de los procesos logísticos [9][11].

Aunque estas herramientas han demostrado resultados favorables, la mayoría de las investigaciones las aplica de forma independiente o en contextos manufactureros. En contraste, son escasos los estudios que integran técnicas de pronóstico, políticas de inventario y metodologías Lean en un único modelo orientado a mejorar el desempeño de la gestión de repuestos en empresas comercializadoras de maquinaria. Esta brecha limita la disponibilidad de propuestas que aborden de manera simultánea las principales causas operativas que afectan el servicio postventa.

En este contexto, el objetivo de la presente investigación es diseñar y desarrollar un modelo integral de optimización para la gestión de repuestos mediante la integración del Método de Suavizamiento Exponencial Doble (SED), una política de inventarios basada en Punto de Reorden y Stock de Seguridad (ROP + SS) y la metodología 5S, con la finalidad de mejorar el nivel de servicio y la eficiencia operativa en una empresa comercializadora de maquinaria.

## II. DIAGNÓSTICO

El caso de estudio corresponde a una empresa dedicada a la comercialización de maquinaria y equipos para los sectores construcción, minería, transporte e industria. En este tipo de organizaciones, la disponibilidad de repuestos constituye un factor estratégico, ya que permite garantizar la continuidad operativa de los equipos, reducir tiempos de inactividad y mantener un adecuado nivel de servicio al cliente. En este contexto, una gestión eficiente de la cadena de suministro resulta indispensable para responder oportunamente a los requerimientos del mercado y fortalecer la competitividad de la organización [12][13].

El diagnóstico evidenció una brecha significativa en el nivel de servicio, reflejada en un indicador OTIF de 57.75 %, valor considerablemente inferior al benchmark internacional de 90 % [14]. Este resultado evidencia limitaciones en la gestión logística de repuestos que afectan el cumplimiento oportuno y completo de los pedidos, comprometiendo la capacidad de respuesta de la organización frente a los requerimientos de sus clientes.

Con el propósito de identificar el origen de esta problemática, se elaboró el árbol de problemas presentado en la Figura 1, el cual permitió representar la relación entre el problema central, sus causas y sus efectos. Posteriormente, mediante el diagrama de Ishikawa mostrado en la Figura 2, se identificaron las principales causas raíz asociadas al bajo nivel de servicio.

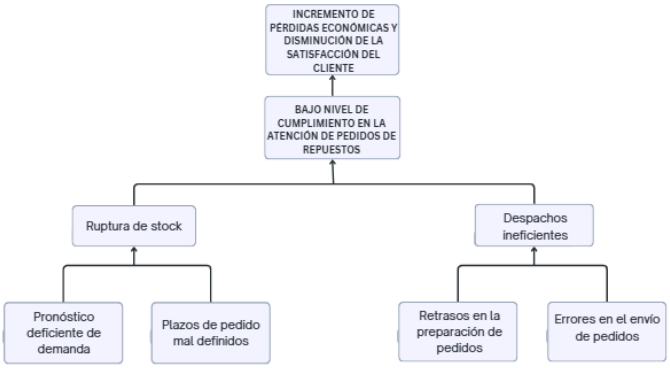



Fig. 1 Árbol de problemas.

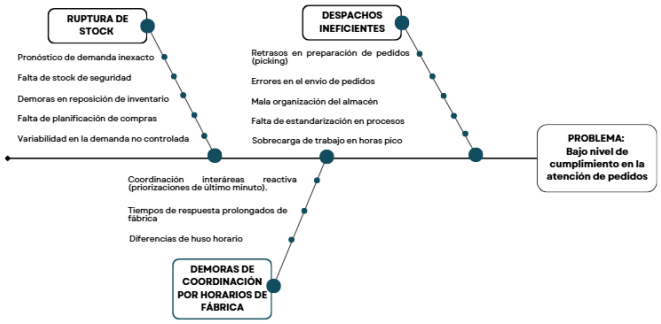



Fig. 2 Diagrama de Ishikawa.

El diagnóstico se sustentó en el análisis de registros históricos de pedidos, entrevistas con el personal involucrado en el proceso logístico y la evaluación del flujo operativo del almacén. A partir de este análisis se identificaron tres causas críticas que afectan el cumplimiento del indicador OTIF: deficiencias en la planificación de la demanda, ausencia de una política técnica para la reposición de inventarios e ineficiencias en las actividades de preparación y despacho de pedidos.

La primera causa corresponde a la planificación de la demanda. La inexistencia de modelos cuantitativos de pronóstico limita la capacidad para anticipar los requerimientos futuros de repuestos, generando decisiones de abastecimiento reactivas, incrementando la incertidumbre en la planificación y elevando el riesgo de quiebres de stock en los SKU críticos.

La segunda causa está relacionada con la gestión de inventarios. Se identificó la ausencia de criterios técnicos para determinar el momento y la cantidad de reposición, debido a que no se consideran variables como la demanda esperada, el tiempo de reposición y el stock de seguridad. Como consecuencia, la organización presenta dificultades para

mantener niveles adecuados de inventario y responder oportunamente a las solicitudes de los clientes.

La tercera causa corresponde a las actividades operativas del almacén. Se evidenciaron deficiencias en la organización de materiales, la ubicación de repuestos y la preparación de pedidos, las cuales incrementan los tiempos de picking y despacho, aumentan la probabilidad de errores operativos y afectan el cumplimiento de los tiempos de entrega.

Con base en los resultados obtenidos, se determinó la necesidad de desarrollar un modelo de mejora que integre herramientas de planificación de la demanda, gestión de inventarios y optimización de procesos operativos, con el propósito de incrementar la disponibilidad de repuestos y mejorar el cumplimiento del indicador OTIF. En este contexto, la Figura 3 presenta la vinculación entre las causas identificadas y las herramientas de mejora propuestas.

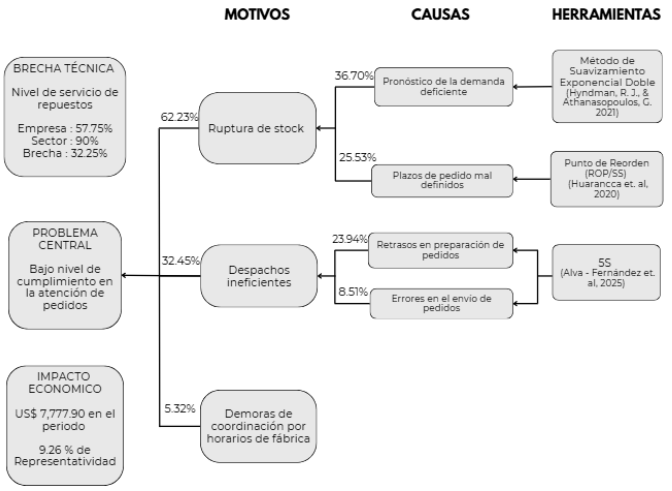



Fig. 3 Diagrama de vinculación de causas con las herramientas.

## III. METODOLOGÍA

La presente investigación corresponde a un caso de mejora aplicada con un diseño metodológico de estudio de caso, debido a que desarrolla una solución orientada a resolver una problemática real asociada con la gestión logística de repuestos en una organización comercializadora de maquinaria pesada y ligera. La propuesta se centra en las actividades de planificación de la demanda, abastecimiento, control de inventarios y preparación de pedidos, por ser procesos que influyen directamente en la disponibilidad de repuestos y en el nivel de servicio al cliente.

Para estructurar la propuesta se diseñó un modelo integral de mejora organizado en cuatro fases: diagnóstico, diseño, desarrollo y evaluación. El modelo integra herramientas de pronóstico de demanda, control de inventarios y mejora continua orientados a incrementar el nivel de servicio y la eficiencia de la gestión logística.

La selección del modelo de pronóstico se sustentó en la literatura especializada sobre la selección y aplicación de métodos de pronóstico para apoyar la planificación del abastecimiento en sistemas logísticos [15]. En particular, el Método de Suavizamiento Exponencial Doble constituye una técnica ampliamente utilizada para modelar series temporales con tendencia y mejorar la precisión de las estimaciones de demanda [16]. Por otra parte, la política de control de inventarios se fundamentó en los principios del modelo de Punto de Reorden, el cual permite establecer el momento adecuado para iniciar el reabastecimiento considerando el comportamiento de la demanda [18][19]. Asimismo, la incorporación del Stock de Seguridad permite reducir el riesgo de quiebres de stock frente a la incertidumbre de la demanda y del tiempo de entrega [17][20]. Finalmente, la optimización del proceso operativo del almacén se sustentó en estrategias orientadas a reducir errores durante las operaciones de picking y preparación de pedidos, favoreciendo la eficiencia de las actividades logísticas [21]. Con base en estos fundamentos, la Figura 4 presenta el modelo integral de mejora propuesto, estructurado en cuatro fases metodológicas y tres componentes orientados a intervenir las principales causas identificadas durante el diagnóstico.




Fig. 4 Modelo integral de la propuesta de mejora.

La fase de diagnóstico comprendió la identificación y priorización de las causas que afectan el nivel de servicio en la atención de pedidos de repuestos mediante la aplicación del diagrama de Ishikawa y el análisis de Pareto. Como resultado, se identificaron tres causas críticas: deficiencias en la planificación de la demanda, ausencia de parámetros técnicos para la reposición de inventarios e ineficiencias operativas durante la preparación de pedidos.

Con base en los resultados obtenidos, la fase de diseño consistió en desarrollar un modelo integral conformado por tres componentes complementarios. El primero corresponde a la gestión de la demanda mediante el Método de Suavizamiento Exponencial Doble (SED); el segundo establece una política de control de inventarios mediante el modelo de Punto de Reorden y Stock de Seguridad (ROP + SS); y el tercero incorpora la metodología 5S para mejorar la organización y estandarización de las operaciones del almacén. La integración de estos componentes permite intervenir de manera conjunta las principales causas identificadas durante el diagnóstico.

Posteriormente, durante la fase de desarrollo, se desarrollaron los procedimientos, parámetros y lineamientos técnicos correspondientes a cada componente del modelo. En primer lugar, se generaron pronósticos de demanda para los SKU críticos utilizando el Método de Suavizamiento Exponencial Doble; posteriormente, se calcularon los parámetros de reposición mediante el modelo de Punto de Reorden y Stock de Seguridad; finalmente, se plantearon acciones de mejora basadas en la metodología 5S para optimizar las actividades de almacenamiento, picking y despacho.

Finalmente, la fase de evaluación contempló la medición del desempeño del modelo mediante indicadores alineados con los objetivos de la investigación, entre ellos el indicador OTIF, la reducción de quiebres de stock y la exactitud del picking. Asimismo, la propuesta será validada mediante simulación con el fin de verificar el impacto esperado de las mejoras planteadas.

A continuación, se describen los tres componentes que conforman el modelo integral de mejora.

### *A. Componente 1: Gestión de la demanda mediante Suavizamiento Exponencial Doble*

El primer componente del modelo tiene como finalidad mejorar la planificación de la demanda de repuestos mediante la aplicación del Método de Suavizamiento Exponencial Doble (SED). Esta técnica permite analizar el comportamiento histórico de los SKU críticos considerando la tendencia de la demanda para generar pronósticos que respalden la planificación del abastecimiento. Su aplicación busca reducir los errores de estimación y proporcionar información confiable para la toma de decisiones relacionadas con la reposición de inventarios.

### *B. Componente 2: Política de control de inventarios mediante ROP y Stock de Seguridad*

El segundo componente consiste en el desarrollo de una política técnica de reposición basada en el modelo de Punto de Reorden y Stock de Seguridad (ROP + SS). Este enfoque establece criterios cuantitativos para determinar el momento oportuno de emitir una orden de compra y el nivel mínimo de inventario requerido para cubrir la variabilidad de la demanda y del tiempo de entrega del proveedor. Su aplicación contribuye a disminuir el riesgo de quiebres de stock y mejorar la disponibilidad de repuestos críticos.

### *C. Componente 3: Mejora operativa del almacén mediante metodología 5S*

El tercer componente corresponde a la aplicación de la metodología 5S para mejorar la organización y estandarización de las actividades desarrolladas en el almacén de repuestos. La aplicación de esta metodología comprende la clasificación, organización, limpieza, estandarización y disciplina del área de trabajo, permitiendo reducir los tiempos de búsqueda, minimizar errores durante la preparación de pedidos y eliminar actividades que no agregan valor al proceso logístico. Para determinar los tiempos asociados a las actividades de preparación de pedidos, se empleó la técnica de estudio de tiempos, considerando las actividades y condiciones operativas definidas para el escenario de mejora.

## IV. RESULTADOS

Para la validación del modelo propuesto, se utilizó el software de simulación Arena (versión 16.2.00), mediante el cual se modeló el comportamiento dinámico y el flujo del proceso de atención de pedidos de repuestos. A partir de la información histórica de la organización y de los parámetros definidos en la propuesta de solución, se incorporaron al modelo las variables críticas, principalmente los tiempos de ciclo de las actividades del proceso. Se consideró una población de 257 órdenes y un tamaño de muestra de 133 pedidos, con un nivel de confianza del 90 % y un margen de error del 5 %. Finalmente, se empleó Input Analyzer (versión 16.1.00) para determinar las distribuciones de probabilidad asociadas a las actividades del modelo.

En la Figura 5 y figura 6 se presenta el modelo lógico de simulación, el cual integra las etapas recorridas por la entidad desde la recepción de la solicitud del cliente hasta el despacho del producto requerido. Para evaluar el impacto de las herramientas de ingeniería propuestas, se analizaron comparativamente dos escenarios: la situación actual *As-Is* y la situación mejorada *To-Be*. El diagnóstico realizado a partir de los registros históricos de la empresa evidenció un nivel de servicio OTIF de 57,75 %, correspondiente al desempeño real observado durante el periodo analizado.

En el primer escenario (*As-Is*), el modelo de simulación representó las condiciones operativas identificadas durante el diagnóstico, caracterizadas por la ausencia de una política técnica de inventarios, una planificación reactiva del abastecimiento y deficiencias en la preparación y despacho de

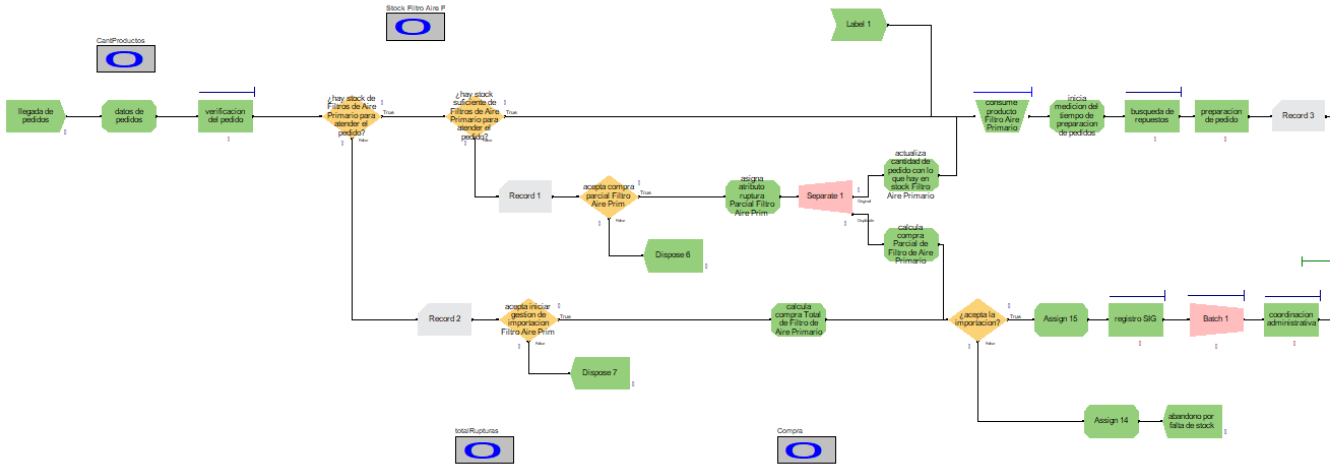



Fig. 5 Modelo de simulación de la situación actual, parte 1.

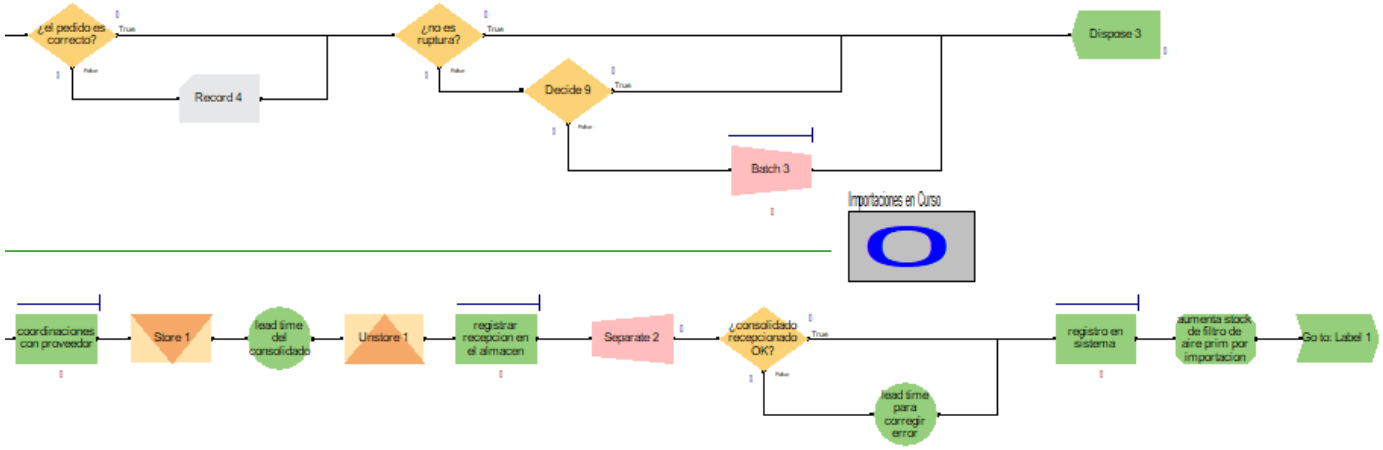



Fig. 6 Modelo de simulación de la situación actual, parte 2.

pedidos. Bajo estas condiciones, la simulación obtuvo un indicador OTIF de 74,63 %, utilizado como línea base para comparar el desempeño del escenario mejorado (*To-Be*). De esta manera, el valor de 57,75 % corresponde al desempeño histórico registrado, mientras que el 74,63 % representa el desempeño estimado por el modelo para las condiciones actuales.

Tras modelar las condiciones operativas de la situación base, en la Figura 7 se muestra el artificio agregado al escenario optimizado *To-Be*, en el cual se incorporó la lógica de control para un sistema de reposición de inventarios basado en la política de Punto de Reorden y Stock de Seguridad (ROP + SS), con el propósito de mitigar los quiebres de stock identificados en el *As-Is*. Asimismo, se parametrizaron los nuevos tiempos de ciclo de preparación y despacho derivados de la aplicación de la metodología 5S.

Al incorporar las mejoras relacionadas con la reposición de inventarios y la preparación de pedidos, el modelo de simulación permitió evaluar el desempeño del escenario *To-Be*. Como resultado, el indicador OTIF pasó de 74,63 % en la situación inicial (*As-Is*) a 79,14 % en el escenario mejorado (*To-Be*), lo que representa un incremento de 4,51 puntos porcentuales. La Figura 6 presenta el escenario mejorado obtenido mediante la simulación, mientras que la Tabla I resume los principales resultados comparativos entre ambas situaciones.

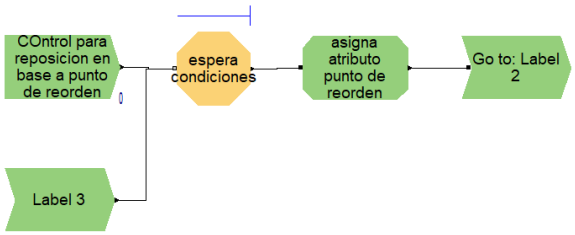



Fig. 7 Artificio principal del escenario mejorado.

TABLA I
INDICADORES DE MEJORA

| Indicador | Unidades | Situación Inicial | Situación Mejorada | Variación Porcentual |
|---|---|---|---|---|
| OTIF | Porcentaje | 74.63 | 79.14 | +4.51% |
| Rupturas de Stock | Incidencias | 98.33 | 86.62 | -11.90% |
| Tiempo de Preparación de Pedido | Minutos | 16.00 | 8.56 | -46.50% |
| Pedidos con Error | Pedidos | 2.90 | 1.28 | -56.03% |

## V. DISCUSIÓN

En relación con la planificación de la demanda, la aplicación del Método de Suavizamiento Exponencial Doble (SED) permitió generar pronósticos más consistentes para apoyar las decisiones de abastecimiento. Este resultado respalda la importancia de seleccionar modelos de pronóstico de acuerdo con las características de las series históricas y el contexto operativo, debido a que la elección metodológica influye directamente en la precisión de las estimaciones [22]. Asimismo, los enfoques de pronóstico estructurado permiten aprovechar la información disponible en distintos niveles temporales para fortalecer la planificación y la toma de decisiones [23]. En el caso analizado, el uso del SED proporcionó una base cuantitativa para definir los requerimientos futuros de los SKU críticos y alimentar la política de reposición del inventario.

Respecto a la gestión de inventarios, la aplicación conjunta del Punto de Reorden y el Stock de Seguridad permitió establecer criterios objetivos para determinar el momento de reposición y mantener una cobertura frente a la incertidumbre. Este resultado es consistente con los fundamentos de los sistemas de control de inventarios, en los cuales la definición adecuadiagnóstico da de los parámetros de reabastecimiento contribuye a equilibrar la disponibilidad de productos y los costos asociados al mantenimiento del stock [24]. Además, la naturaleza variable e intermitente de la demanda de repuestos requiere identificar correctamente sus patrones de consumo, ya que una clasificación inadecuada puede afectar la selección de las políticas de inventario y los niveles de servicio alcanzados [25].

La reducción de los quiebres de stock obtenida en el escenario mejorado también evidencia la necesidad de considerar la variabilidad del suministro dentro de las decisiones de inventario. Van Kampen et al. señalan que la incertidumbre asociada al abastecimiento influye en el desempeño de los sistemas de control y debe incorporarse en la definición de los parámetros de reposición [26]. De manera complementaria, los modelos de inventario con demanda y tiempos de entrega estocásticos permiten establecer políticas más acordes con las condiciones reales de operación [27]. En este sentido, la aplicación de ROP + SS permitió sustituir decisiones reactivas por una política técnica basada en la demanda, el lead time y la variabilidad del proceso.

En cuanto a la mejora del almacén, el desarrollo de la metodología 5S produjo una reducción de los tiempos de preparación de pedidos y de los errores operativos. Estos resultados son coherentes con las revisiones sobre desarrollo Lean en almacenes, las cuales identifican mejoras en productividad, aprovechamiento del espacio y reducción de actividades que no agregan valor [28]. Asimismo, Randhawa y Ahuja destacan que la metodología 5S favorece el orden, la disciplina y la estandarización de las áreas de trabajo, elementos necesarios para sostener la eficiencia de las operaciones [29]. El desempeño obtenido también se relaciona con la evidencia que vincula la aplicación sistemática de 5S con mejoras en el rendimiento de los procesos Lean [30].

No obstante, los beneficios de la metodología 5S dependen de su continuidad en el tiempo. La organización física inicial del almacén no garantiza por sí sola la permanencia de las mejoras, por lo que resulta necesario mantener auditorías periódicas, mecanismos de control visual y actividades de capacitación. En el presente estudio, estos elementos se incorporaron como parte del seguimiento operativo con el propósito de evitar el retorno a las condiciones iniciales y fortalecer la disciplina del personal involucrado.

De manera integral, los resultados muestran que la combinación de pronóstico de demanda, control técnico de inventarios y mejora de las operaciones del almacén produjo un efecto complementario sobre el nivel de servicio. Este hallazgo amplía la evidencia que relaciona las capacidades analíticas con un mayor desempeño operativo, debido a que el uso de información cuantitativa permite mejorar la coordinación y la respuesta ante cambios en la demanda [31]. Asimismo, la adopción articulada de prácticas Lean contribuye a fortalecer la estabilidad de los procesos y el desempeño operacional [32].

La integración entre pronóstico e inventarios también es coherente con la literatura que analiza conjuntamente la estimación de la demanda y la optimización de existencias bajo condiciones de incertidumbre [33]. De manera similar, los modelos de control de stock resaltan la necesidad de vincular las políticas de reposición con el comportamiento real de la demanda para mantener niveles adecuados de disponibilidad [34]. En consecuencia, el modelo desarrollado no aborda las herramientas como soluciones independientes, sino como componentes interrelacionados dentro de un mismo sistema de gestión logística.

Finalmente, la propuesta guarda relación con los planteamientos que consideran la mejora Lean como un enfoque sistémico y no únicamente como la aplicación aislada de herramientas operativas [35]. La articulación entre Lean Management y Supply Chain Management puede fortalecer la coordinación de los procesos, mejorar el uso de los recursos e incrementar la capacidad de respuesta de la cadena de suministro [36]. En el caso estudiado, esta integración se reflejó en la mejora del indicador OTIF, la reducción de rupturas de stock, la disminución de los tiempos de preparación y la menor cantidad de pedidos con errores.

## VI. CONCLUSIONES

La investigación permitió evaluar que la integración del Suavizamiento Exponencial Doble (SED), la política de Punto de Reorden con Stock de Seguridad (ROP+SS) y la metodología 5S contribuye a mejorar el desempeño logístico en la gestión de repuestos. Mediante la simulación del escenario propuesto, el indicador OTIF se incrementó de 74,63 % en la situación actual (As-Is) a 79,14 % en la situación mejorada (To-Be), equivalente a una mejora de 4,51 puntos porcentuales. Asimismo, se evidenciaron mejoras en indicadores relacionados con las rupturas de stock, el tiempo de preparación de pedidos y los pedidos con error.

El resultado obtenido evidencia que el modelo propuesto permite mejorar el nivel de servicio bajo las condiciones consideradas en el estudio. Sin embargo, el OTIF alcanzado de 79,14 % aún se encuentra por debajo del nivel de referencia del 90 %, por lo que la propuesta no permite alcanzar completamente dicho objetivo. Esta brecha puede estar relacionada con el alcance de la validación, debido a que el modelo fue evaluado sobre repuestos seleccionados y bajo un periodo de análisis determinado. Por ello, los resultados deben interpretarse como una mejora del desempeño respecto a la situación actual y no como el logro del nivel de servicio objetivo.

El principal aporte del estudio radica en la integración de herramientas de pronóstico de demanda, gestión de inventarios y mejora de las operaciones de almacén dentro de un mismo modelo, cuya respuesta fue evaluada mediante simulación. La validación se limitó al conjunto de repuestos y condiciones consideradas en el estudio, por lo que futuras investigaciones podrían ampliar el modelo a una mayor cantidad de SKU y evaluar periodos de análisis más extensos, con el propósito de identificar oportunidades adicionales para reducir la brecha respecto al nivel de servicio objetivo.

Como recomendación, se plantea extender progresivamente el modelo hacia otras familias de repuestos mediante criterios de rotación y criticidad, así como fortalecer la sostenibilidad de las mejoras mediante auditorías periódicas de 5S y mecanismos de control estandarizados. Asimismo, se sugiere evaluar la incorporación de tecnologías digitales para la trazabilidad de inventarios y desarrollar estudios futuros relacionados con logística inversa y economía circular en la gestión de repuestos industriales.

## REFERENCIAS


[1] Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), *Perspectivas del Comercio Internacional de América Latina y el Caribe 2025*. Santiago, Chile: CEPAL, 2026.

[2] Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), *Actividad Comercial: Junio 2025*. Lima, Perú: INEI, 2025

[3] J. E. Boylan and A. A. Syntetos, "Spare parts demand and forecasting," *International Journal of Production Economics*, vol. 231, Art. no. 107871, 2021.

[4] M. Z. Babai, Y. Dai, Y. Li, A. A. Syntetos, and W. Wang, "Managing inventory with lead-time uncertainty: A review and research directions," *International Journal of Production Economics*, vol. 245, 2022.

[5] R. J. Hyndman and G. Athanasopoulos, "Forecasting: Principles and Practice," 3rd ed., OTexts, 2021.

[6] S. Makridakis, E. Spiliotis, and V. Assimakopoulos, "The M5 accuracy competition: Results, findings and conclusions," International Journal of Forecasting, vol. 38, no. 4, pp. 1346–1364, 2022. https://doi.org/10.1016/j.ijforecast.2021.11.013

[7] J. Barros, P. Cortez, and M. S. Carvalho, "A systematic literature review about dimensioning safety stock under uncertainties and risks in the procurement process," *Operations Research Perspectives*, vol. 8, Art. no. 100192, 2021.

[8] M. Z. Babai, X. Dai, D. Li, A. A. Syntetos, and W. Wang, "Inventory control and forecasting for intermittent demand: Recent advances and practical guidelines," *International Journal of Production Research*, vol. 60, no. 24, pp. 7336–7362, 2022.

[9] P. Raghuram and M. K. Arjunan, "Design framework for a lean warehouse – A case study-based approach," International Journal of Productivity and Performance Management, vol. 71, no. 6, pp. 2410–2431, 2022. https://doi.org/10.1108/IJPPM-12-2020-0668

[10] D. Battini, A. Persona, and F. Sgarbossa, "Error-proofing (Poka-Yoke) solutions for warehouse packaging and picking," *International Journal of Production Research*, vol. 60, no. 15, pp. 4723–4740, 2022.

[11] G. Casella, A. Volpi, R. Montanari, L. Tebaldi, and E. Bottani, "Trends in order picking: A literature review," *Production & Manufacturing Research*, vol. 11, no. 1, 2023.

[12] S. Chopra and P. Meindl, *Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation*, 8th ed. Hoboken, NJ, USA: Pearson, 2021.

[13] S. Bhalla, E. Alfnes, H.-H. Hvolby, and O. Oluyisola, "Sales and operations planning for delivery date setting," International Journal of Production Research, vol. 61, no. 21, pp. 7302–7332, 2023.

[14] American Productivity & Quality Center, "Percentage of Orders Delivered Complete and On Time (OTIF)," APQC Open Standards Benchmarking Database. [Online]. Available: https://www.apqc.org/what-we-do/benchmarking/open-standards-benchmarking/measures/percentage-orders-delivered-complete. [Accessed: Jul. 2026].

[15] F. Petropoulos, D. Kourentzes, K. Nikolopoulos, and G. Siemsen, "Judgmental selection of forecasting models," Journal of Operations Management, vol. 60, pp. 34–50, 2018.
[16] R. J. Hyndman, A. B. Koehler, J. K. Ord, and R. D. Snyder, Forecasting with Exponential Smoothing: The State Space Approach. Berlin, Germany: Springer, 2008.
[17] M. H. Hu, Y. Wang, and X. Zhao, "Demand forecasting and inventory optimization under uncertainty: A review," International Journal of Production Research, vol. 58, no. 10, pp. 2996–3013, 2020.
[18] E. A. Silver, D. F. Pyke, and R. Peterson, Inventory Management and Production Planning and Scheduling, 3rd ed. New York, NY, USA: John Wiley & Sons, 1998.
[19] P. H. Zipkin, Foundations of Inventory Management. Boston, MA, USA: McGraw-Hill, 2000.
[20] H. Tempelmeier, "Inventory control models with stochastic demand and lead times," European Journal of Operational Research, vol. 217, no. 1, pp. 1–15, 2012.
[21] N. Boysen, F. Weidinger, and D. Briskorn, "Optimizing order picking in warehouses: A survey," European Journal of Operational Research, vol. 289, no. 2, pp. 489–504, 2021.
[22] F. Petropoulos, V. Mažutis, R. J. Hyndman, T. Fildes, K. Nikolopoulos, and N. Kourentzes, "Forecasting in the presence of uncertainty: Methods and applications," International Journal of Forecasting, vol. 38, no. 3, pp. 705–712, 2022.
[23] G. Athanasopoulos, R. J. Hyndman, N. Kourentzes, and F. Petropoulos, "Forecasting with temporal hierarchies," European Journal of Operational Research, vol. 262, no. 1, pp. 60–74, 2017.
[24] S. Axsäter, Inventory Control, 3rd ed. New York, NY, USA: Springer, 2015.
[25] A. A. Syntetos, J. E. Boylan, and J. D. Croston, "On the categorization of demand patterns," Journal of the Operational Research Society, vol. 56, pp. 495–503, 2005.
[26] W. H. van Kampen, D. P. D. de Vries, and W. H. Hendrikx, "The impact of supply uncertainty on inventory control decisions," International Journal of Production Economics, vol. 133, no. 1, pp. 11–20, 2011.
[27] S. Axsäter, "Inventory control with service level constraints," International Journal of Production Economics, vol. 59, no. 1–3, pp. 287–294, 1999.
[28] E. Costa, A. C. Godinho Filho, and M. R. Rentes, "Lean implementation in warehouses: A systematic review," Production Planning & Control, vol. 31, no. 10, pp. 807–823, 2020.
[29] J. S. Randhawa and I. S. Ahuja, "5S implementation methodologies: Literature review and directions," International Journal of Productivity and Quality Management, vol. 20, no. 1, pp. 1–26, 2017.
[30] S. K. Ho, "The 5S framework and its relationship with lean manufacturing performance," International Journal of Quality & Reliability Management, vol. 37, no. 5, pp. 701–717, 2020.
[31] G. L. Tortorella, D. Fettermann, G. A. C. Anzanello, and M. A. Fogliatto, "Lean production implementation and operational performance: The role of analytics," International Journal of Production Economics, vol. 232, 2021.
[32] R. Fildes, P. Goodwin, M. Lawrence, and K. Nikolopoulos, "Effective forecasting and judgmental adjustments: An empirical evaluation and strategies for improvement in supply-chain planning," International Journal of Forecasting, vol. 25, no. 1, pp. 3–23, 2009.
[33] A. A. Syntetos, J. E. Boylan, and S. C. Disney, "Forecasting for inventory planning: A 50-year review," Journal of the Operational Research Society, vol. 60, Suppl. 1, pp. S149–S160, 2009.
[34] S. Thomopoulos, "Stock control and inventory management under demand uncertainty," International Journal of Production Economics, vol. 227, Art. no. 107679, 2020.
[35] A. Bhamu and K. S. Sangwan, "Lean manufacturing: Literature review and research issues," International Journal of Operations & Production Management, vol. 34, no. 7, pp. 876–940, 2014.
[36] A. Martínez-Jurado and J. Moyano-Fuentes, "Lean management, supply chain management and sustainability: A literature review," Journal of Cleaner Production, vol. 85, pp. 134–150, 2014.