

Proposal for improvement in maintenance and logistics according to Linear Scheduling, KPI and EOQ to reduce cost overruns at Transportes Joselito S.A.C., Moche 2021

Propuesta de mejora en mantenimiento y logística según Programación Lineal, KPI y EOQ para reducir sobrecostos en Transportes Joselito S.A.C., Moche 2021

Anghela Brisset, Viar Narro, Bachiller Ingeniería Industrial¹, María Sofía Carolina, Muñiz Luna Victoria, Bachiller Ingeniería Industrial¹, y Miguel Alcalá Adriánzén, Magister Investigación y Docencia Universitaria²

¹Universidad Privada del Norte, Perú, anghela.viar.narro@gmail.com, carolinamly213@gmail.com

²Universidad Privada del Norte, Perú, miguel.alcala@upn.edu.pe

Resumen– La investigación realizada buscó determinar en qué medida la propuesta de mejora en mantenimiento y logística según teoría de programación lineal, KPI y EOQ influye en los sobrecostos de la empresa Transportes Joselito S.A.C. Se realizaron visitas a la empresa, entrevistas con los jefes de las áreas analizadas y revisión de documentos entregados por estos; luego, los respectivos cálculos matemáticos de los datos recopilados. Se determinó que los sobrecostos en ambas áreas fueron de S/108,182.27. Se realizó el diseño de la propuesta de mejora integrando programación lineal, KPI, EOQ y se simularon en ProModel. Se determinó que los sobrecostos después de la propuesta de mejora representaron una reducción de 85.64% y un beneficio monetario de S/92,648.08. La propuesta obtuvo una TIR de 68%, un VAN de S/25,295.05 y un B/C de 3.29, indicando que es rentable implementarla.

Palabras clave – Sobrecostos, mantenimiento, logística, transporte de carga.

Abstract – The research carried out sought to determine to what extent the proposal for improvement in maintenance and logistics according to linear programming theory, KPI and EOQ influences the cost overruns of the company Transportes Joselito S.A.C. Visits were made to the company, interviews with the heads of the analyzed areas and a review of documents delivered by them; then the respective mathematical calculations of the collected data. It was determined that the cost overruns in both areas were S/108,182.27. An improvement proposal was designed integrating linear programming, KPI, EOQ and the results of implementing it in the company were simulated in ProModel. It was determined that the cost overruns after the improvement proposal represented a reduction of 85.64% and a monetary benefit of S/92,648.08. The proposal obtained an IRR of 68%, a NPV of S/25,285.05 and a B/C of 3.29, indicating that it is profitable to implement it.

Keywords – Cost overruns, maintenance, logistics, cargo transportation.

I. INTRODUCCIÓN

Hoy en día, se ha visto un crecimiento en el servicio de

Digital Object Identifier (DOI):
<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2022.1.1.147>
ISBN: 978-628-95207-0-5 ISSN: 2414-6390

transporte de carga a causa de la pandemia del COVID-19, debido a la compra de materiales y traslado de bienes que las organizaciones han necesitado para la reactivación paulatina de sus operaciones [1].

Por ello, el transporte es una de las actividades prioritarias en la cadena de abastecimiento, debido a que las organizaciones de distintos rubros no pueden llevar a cabo sus operaciones a falta del traslado de su mercadería [2]. Así, el transporte de carga permite llevar a cabo el proceso de distribución desde un punto de partida hasta el destino final, donde el comportamiento de este proceso no se realiza de manera unidireccional, asimismo, la eficiencia y calidad del servicio del transporte de carga dependerá de los niveles de desempeño y competitividad del sector y del país donde se realice dicho proceso [3].

En cuanto al sobrecoste, se dice que es la relación entre los costos finales reales de un proyecto y la estimación realizada [4]. Se entiende también como la cantidad por la cual el costo real excede el costo estimado, con el costo medido en la moneda local, a precios constantes y sobre una línea base consistente [5]. Además, los sobrecostos son identificados como el monto de efectivo que se ha invertido y este sobrepasa lo calculado en un inicio [6].

La globalización ha permitido que la comercialización de bienes y servicios sea una realidad hasta en los lugares más remotos del mundo [7]. Por ello, la logística ha llegado a ser de gran trascendencia para las empresas, ya no es entendida como algo complementario, puesto que ha añadido un valor competitivo a sus mercancías, para de esa manera lograr cubrir las necesidades de sus consumidores, llevando a cabo una adecuada gestión logística que se determine como un trabajo involucrado con todas las áreas de la empresa [8]. Por tal motivo, la logística se delinea como un pilar fundamental en las estrategias empresariales [9].

En el contexto nacional, Perú cuenta con un sistema logístico y de transporte que no cumple los requerimientos del sector productivo, debido a la falta de oferta de servicios de valor agregado y estructuras operativas por el contrario resultan en un alto costo [10]. Estas deficiencias influyeron

significativamente en la competencia de la nación que se observa en la economía empresarial, pues los costos logísticos forman una gran parte del costo global del producto [11]. Estos fueron relativamente altos pues representan entre 20% y 50% del valor del producto, comparados con otros países miembros de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), donde los costos logísticos oscilan entre el 9% y 12% [12].

Según [13] la situación financiera y comercial de la región de La Libertad presentó importantes oportunidades de inversión con mínimo peligro en distintas áreas de la economía, pues, las organizaciones enfocan sus actividades al sector C de la ciudadanía, causando un aumento económico para las empresas, específicamente en el transporte de carga pesada en la región. Sin embargo, un problema para este sector y la logística en general es la falta de capacidad de la red de carreteras alrededor de grandes ciudades como Trujillo [14]. Estos retrasos infraestructurales generan un impacto negativo en el crecimiento económico y competitividad del país [15].

Asimismo, con la globalización y la obligación de las organizaciones de cumplir ciertos estándares para ser competitivas, es imprescindible que tengan una correcta gestión del mantenimiento con el fin de conservar su maquinaria, instrumentos e instalaciones en óptimas condiciones de funcionamiento [16]. Esto tiene una influencia directa en el proceso productivo, pues todo desperfecto en el equipamiento industrial de la planta significa un incremento en los costos operativos y reducción en los ingresos [17]. Según [18], fue indispensable tener un plan de mantenimiento que disminuya las probabilidades de que esto suceda y que este se optimice, de manera que agregue valor a la empresa [17].

Por otro lado, según [19] en el Perú se ha percibido un aumento financiero y manufacturero permanente desde la primera década del actual siglo, viéndose plasmado en el incremento de la producción de los diferentes sectores industriales. Por esto, implicó la disponibilidad de los equipos y la seguridad, pues no se puede trabajar con una máquina fuera de servicio [18]. Además, la manipulación de equipamientos genera desgaste y determina llevar a cabo mantenimientos, suministro de combustible, modificación de aceite, o restauración, pero realizar estas labores con un enfoque económico y con comprensión de los gastos implicados, no solo para tener conciencia de ellos, sino para llevar una supervisión y administración [20].

Por otra parte, la localidad de Trujillo se ha transformado en una de las ciudades más activas en términos económicos del Perú [21]. Además, las organizaciones del rubro de transporte percibieron la obligación de poner en práctica y diseñar estrategias que reparen sus debilidades e intensifiquen sus fortalezas, a través de la implementación de distintos métodos y herramientas [22]. Asimismo, para reducir los gastos de mantenimiento injustificados, se debe llevar a cabo un análisis de falencias e identificar las más graves, para la implementación de un programa de mantenimiento preventivo, con el propósito de incrementar la disponibilidad y

confiabilidad de los equipos [18].

Frente a la importancia del control de los sobrecostos en las áreas de estudio de la presente investigación, la propuesta plantea el uso de tres herramientas de la ingeniería industrial, descritas a continuación.

La programación lineal es una herramienta matemática de optimización para la asignación de recursos, a través de la determinación de funciones objetivos y restricciones lineales [23]. Además, siguen la forma (1) y (2), respectivamente [24]. Los estudios realizados en cuanto a modelos de transporte mediante esta técnica se enfocaron en el diseño de la distribución y otras actividades logísticas de las organizaciones [25]. Asimismo, la programación lineal (PL) utilizada en modelos de transporte minimiza el costo total de transporte y lograron balancear óptimamente la oferta y demanda [26].

$$Z = C_1 X_1 + C_2 X_2 + \dots + C_n X_n \quad (1)$$

Sujeto a las restricciones:

$$A_{11} X_1 + A_{12} X_2 + \dots + A_{1n} X_n \leq B_1 \quad (2)$$

Donde C_n , A_{mn} y B_m son constantes dadas.

Por otro lado, de acuerdo con lo mencionado por [27], el modelo de cantidad económica de pedidos (EOQ) es la cantidad por pedir (Q) determinado con el costo contemplado a través del rango de volumen proporcionado por el vendedor para la tarifa pactada y dependerá en buena medida de las diferentes variables implicadas, expresada en unidades por pedido según lo obtenido del cálculo de la ecuación (3). Asimismo, el gasto de almacenaje genera un decrecimiento en el tamaño de pedidos, sin embargo, incrementa el tiempo de elaboración [28]. Además, el EOQ es esencial para los modelos de inventario, puesto que detallan el balance entre los gastos de pedir y los gastos de conservar los inventarios, y adicionalmente es fundamental para la evaluación de sistemas más complejos [7].

$$EOQ = \sqrt{\frac{2DS}{H}} \quad (3)$$

D: Demanda anual en unidades.

S: Costo fijo de colocar y recibir una orden.

H: Costo anual de mantenimiento de inventario.

Este modelo de EOQ se complementa con el uso de la ecuación (4).

$$Rotación de inventarios = D/(Q/2+SS) \quad (4)$$

D: Demanda anual.

Q: Cantidad pedida.

SS: Inventario de seguridad.

Según [24], el modelo de EOQ tiene como supuesto que la demanda es conocida y constante; sin embargo, en la mayoría de los casos, esto no se cumple. Es por ello que las empresas se ven en la necesidad de contar con inventarios de seguridad, lo que se logra con el modelo de cantidad de pedido fija que verifica constantemente el nivel de existencias, que cuando alcanzan determinado nivel R , indica que se deben hacer nuevas órdenes. Para ello, se utilizan (5) y (6).

$$\text{Inventario de seguridad} = z\sigma_{T+L} \quad (5)$$

z : Número de desviaciones estándar para una probabilidad de servicio específica.

σ_{T+L} : Desviación estándar de la demanda durante el periodo de revisión y entrega.

$$R = d z L + \sigma_L \quad (6)$$

R : Punto de reorden en unidades

d : Demanda diaria promedio

L : Tiempo de entrega en días (tiempo transcurrido entre hacer y recibir el pedido)

z : Número de desviaciones estándar para una probabilidad de servicio específica

σ_L : Desviación estándar del uso durante el tiempo de entrega

Por otra parte, [29] consideran a un indicador como una interpretación cuantificada, comprobable, donde se ingresa, procesa y expone la información precisa para calcular el progreso o declive de un establecido objetivo. Asimismo, los indicadores clave de rendimiento (KPI) alcanzan dos funciones esenciales, una descriptiva, que consta en el incremento de datos según el estado en el que se encuentra la empresa, y una función valorativa, la cual consta en agregar dichos datos un juicio de valor lo más objetivo probable [30]. Además, los indicadores son herramientas que sirven para el análisis de una organización y para el acercamiento a sus metas [31].

De acuerdo con lo descrito, se formuló la pregunta de investigación: ¿En qué medida la propuesta de mejora en mantenimiento y logística según teoría de programación lineal, KPI y EOQ influye en los sobrecostos de Transportes Joselito S.A.C., Moche 2021?

El objetivo general fue determinar en qué medida la propuesta de mejora en mantenimiento y logística según teoría de programación lineal, KPI y EOQ influye en los sobrecostos de Transportes Joselito S.A.C., Moche 2021.

Como objetivos específicos se tuvieron:

- 1) Analizar las pérdidas económicas en mantenimiento y logística de la empresa y determinar los sobrecostos.
- 2) Realizar el diseño de la propuesta de mejora según las teorías de programación lineal, KPI y EOQ.
- 3) Determinar los sobrecostos en mantenimiento y logística después de la propuesta de mejora.
- 4) Evaluar la propuesta de mejora económica y financieramente.

La hipótesis de la investigación planteada fue que la propuesta de mejora en mantenimiento y logística según teoría de programación lineal, KPI y EOQ reduce los sobrecostos en un 25% en la empresa de Transportes Joselito S.A.C., Moche 2021.

Esta investigación se justificó con la finalidad de reducir los sobrecostos en logística y mantenimiento en la empresa trujillana Transportes Joselito S.A.C, para generar valor en dicha organización. La importancia radicó en que, actualmente, las empresas buscan minimizar sus costos prestando sus servicios con la mayor eficiencia a todas las partes interesadas de la organización, los que son constantemente evaluados durante toda la cadena logística [32]. Además, al minimizar costos innecesarios en mantenimiento, y asegurando el correcto funcionamiento de los equipos y maquinarias que participan en el proceso productivo, las empresas pueden garantizar la calidad de sus bienes fabricados de manera eficiente [16].

II. METODOLOGÍA

La presente investigación tuvo un enfoque cuantitativo, el cual tiene como objetivo identificar comportamientos generales que representen al total de una población estudiada, basándose en la cuantificación de los aspectos investigados, a través del uso de teorías con conceptos establecidos, con el fin de analizarlos y medirlos correctamente; por ello, se utilizó este enfoque, pues la recolección de datos utilizó una medición numérica para describir las variables de estudio [33]. Por otra parte, fue de diseño no experimental, debido a que se lleva a cabo sin el manejo intencional de los investigadores y únicamente se contemplan los problemas en su entorno habitual para posteriormente ser estudiado [34]. Además, esta investigación se tomó como diseño transversal, puesto que la información fue recaudada de un momento único [34].

Además, esta investigación se estructuró dentro del tipo descriptiva-propositiva. Según [35], una investigación descriptiva es aquella que busca información original real que se genera de la supervisión inminente del investigador y de la sabiduría que se adquiere a través de la interpretación o análisis de la información brindada por varios investigadores. A su vez, [36] señaló que las investigaciones propositivas consisten en realizar una propuesta de transformación, donde se construye una propuesta argumentada convincentemente para superar deficiencias encontradas inicialmente.

Por otro lado, según [37], la población es un grupo integral de componentes, con algunos rasgos habituales, los cuales son objeto de estudio, además una población podría ser infinita o finita. En la actual investigación se contempló una población finita, debido al conocimiento de los datos específicos de los aspectos que presentó el estudio el cual estuvo compuesto por los procesos logísticos y de mantenimiento. Asimismo, la muestra fue una parte o subgrupo de elementos de la población, elegida de manera representativa [37]. Por ello, para seleccionar la muestra, se empleó el método no probabilístico, seleccionando los elementos que convienen al investigador, los cuales fueron los procesos logísticos y de mantenimiento.

Procesos logísticos de la empresa de Transportes Joselito S.A.C.

- Compra de piezas y/o componentes.
- Recibir pedido en almacén.
- Realizar control de calidad del pedido.
- Registrar ingreso de material en el sistema.
- Recibir orden de pedido del área de mantenimiento.
- Revisar stock en almacén.
- Despachar el material solicitado.
- Registrar salida de material en el sistema.

Procesos de mantenimiento de la empresa de Transportes Joselito S.A.C.

- Inspeccionar vehículo.
- Generar orden de pedido.
- Entregar orden de pedido al encargado de almacén.
- Firmar recepción de material.
- Realizar trabajo de mantenimiento.

Para la recolección y análisis de datos, se utilizó el método hipotético-deductivo, que está constituido por la generación de hipótesis a través de dos suposiciones, una universal (leyes y teoremas científicos) y otra empírica (circunstancia contemplada que ocasiona problemática y propicia la investigación), así pues, se busca comprender los fenómenos y explicar sus orígenes, así como su predicción y control, con sustento en las leyes y teorías científicas. La parte deductiva es basada en hechos y con sustento inexorable en la medición o cuantificación; en la objetividad de los procedimientos y en la experticia del investigador para la confrontación de la hipótesis [38]. Con este método, se obtuvieron conocimientos y se realizó el análisis de cada variable involucrada en la investigación con la finalidad de establecer comportamientos y tendencias con relevancia científica que permitieron sustentar afirmaciones para la constatación de la hipótesis planteada.

En cuanto a las técnicas que se emplearon para la recolección de datos se usó la observación directa, la entrevista y el análisis de documentos. Los instrumentos utilizados fueron un cronómetro y una wincha. Para el procesamiento de datos, se utilizó el diagrama de análisis de procesos, diagrama de Pareto, matriz de indicadores, las hojas de cálculo de Microsoft Excel 365, el software de Minitab y ProModel.

Para el procedimiento de recolección y análisis de datos, en primer lugar, como parte del diagnóstico, se realizó una visita a las instalaciones de la empresa Transportes Joselito S.A.C., con el fin de realizar una entrevista a los encargados de las áreas de logística y mantenimiento y la observación de los procesos. Con los instrumentos mencionados anteriormente, se recopiló información pertinente y se obtuvieron documentos que se procedieron a organizar y analizar. Luego, estos datos permitieron cuantificar las pérdidas económicas y determinar los sobrecostos de las áreas de la organización a través de la aplicación de ecuaciones e indicadores determinados. Los datos obtenidos fueron analizados estadísticamente con Minitab.

Por otra parte, para la selección de herramientas inicialmente se consultaron los distintos antecedentes, lo que permitió obtener argumentos contundentes respecto a las

variables y posteriormente plantear opciones de solución para abordar el problema identificado. Consiguientemente, se seleccionaron las herramientas a utilizar para cada una de las áreas estudiadas y sus respectivos procesos a mejorar.

Luego, se procedió a diseñar la propuesta de mejora con las herramientas de la ingeniería industrial: Programación Lineal (PL), indicadores de desempeño (KPI) y la cantidad económica de pedido (EOQ). Los cambios y alternativas de la solución propuesta se simularon a través de un modelo en el software ProModel, con lo que se registraron nuevos datos que se compararon con los obtenidos inicialmente. Así, se continuó a calcular los sobrecostos en las áreas de logística y mantenimiento luego de la propuesta y corroborar si estos disminuyeron, como se planteó en la hipótesis. De no ser así, se procede a realizar cambios y ajustes en la propuesta.

Finalmente, para la evaluación económica y financiera se determinó la inversión y beneficios de la propuesta, desarrollando el flujo de caja proyectada para 12 meses y se determinaron los indicadores VAN, TIR y B/C para sustentar la viabilidad y conveniencia del plan de inversión.

III. RESULTADOS

Se realizó un diagnóstico de la empresa, a través de un Diagrama de Operaciones (DOP), un Diagrama Analítico de Procesos (DAP), un Mapa de Flujo de Valor (VSM), análisis de los 5 porqués y el diagrama de Ishikawa. Se tomó como referencia para el diagnóstico y como periodo de evaluación, los meses desde setiembre del 2020 hasta agosto del 2021.

Se encontraron cuatro pérdidas económicas y sus causas raíz asociadas, recopiladas en la Tabla I. Seguidamente, se identificaron los indicadores y herramientas para medir dichos problemas y proponer la mejora para cada uno de estos.

TABLA I
MATRIZ DE INDICADORES DE LAS CAUSAS RAÍZ

Nº Causa raíz	Pérdida económica	Causa raíz	Indicador	Valor actual (Monetario)	Herramienta de mejora	
CR1	Cotizaciones apresuradas con un solo proveedor	Deficiente planificación de compras	Cantidad económica de pedido	S/3,898.59	EOQ	
CR2	Pedidos innecesarios	Mala administración del área logística	Valor del inventario en stock	S/96,566.60	Programación lineal	
CR3	Demoras en trabajos de mantenimiento	Falta de registro y planificación para el seguimiento del área de mantenimiento.	Utilización	S/5,694.87	KPI	
			Rendimiento			
CR4		Desconocimiento de la importancia de los mantenimientos preventivos.	Disponibilidad			
CR5		Falta de registro de datos y herramientas para la supervisión del área logística.	Duración de mercancías			
			Despachos a tiempo			
CR6	Retrabajos en el área de mantenimiento	Falta de capacitación de los trabajadores del área de mantenimiento	Retrabajos	S/2,022.21	KPI	

TABLA II
POLÍTICA DE INVENTARIOS SEGÚN EOQ CALCULADO

Producto	Código	Item			
		EOQ (Q*)	Rotación de inventarios	SS	R
Aceite	2503030020	18	6	3	1
	2503030051	4	2	0	0
	2503030054	9	4	0	0
	2503030058	4	2	1	0
	2503030116	13	4	3	0
	2503030117	108	15	95	6
	2503030119	47	9	27	3
	2503030133	9	3	1	0
	2503030143	5	2	1	0
	2503030152	2	1	0	0
Filtro	2503010002	47	8	31	10
	2503010019	23	6	8	4
	2503010183	27	6	12	5
	2503010209	31	6	17	6
	2503010129	27	6	12	5
	2503010233	22	5	8	4
	2503010064	14	3	6	2
	2503010278	8	1	9	2
	2503010210	31	6	18	6
	2503010243	9	2	4	2
	2503010149	8	3	1	1
	2503010043	10	2	5	2
	2503010154	11	3	4	2
	2503010250	6	2	2	1
	2503010105	2	1	0	0
	2503010273	8	2	3	1
	2503010234	14	3	7	3
	2503010184	25	5	11	4
	2503010207	11	2	6	2
	2503010077	10	3	3	1
	2503010148	12	4	2	2
	2503010173	7	2	2	0
	2503010005	10	3	3	1
	2503010067	3	1	1	0
	2503010294	3	1	1	0
	2503010295	3	1	1	0
	2503010299	2	1	0	0

^aCada código de elemento pertenece al sistema “Sprinter” de la empresa.

Se realizó un diagrama de Pareto para priorizar las pérdidas económicas, y se obtuvo que las cuatro superaron el 80%. Para el diseño de la propuesta de mejora, se inició con el uso de la herramienta del modelo EOQ aplicado a todos los componentes de los que se mantuvo inventarios y se registró data histórica en el periodo de evaluación; en la Tabla II, se muestran los resultados.

Para la programación lineal, se obtuvo dos modelos, donde se tuvo una función Z (valor total de los inventarios), ecuación (7), se tuvo como coeficientes los costos unitarios promedio de cada filtro y aceite, como variables X_n a cada elemento que le correspondió a cada código según el orden en que fueron listados en la Tabla II. En el modelo 1, Z fue maximizada; mientras que en el modelo 2, se minimizó. Además, se tuvo como restricción un valor monetario máximo del total del inventario.

Función Objetivo (F.O.):

$$Z = 117.79X_1 + 36X_2 + 19X_3 + 130X_4 + 51X_5 + 3X_6 + 42X_7 + 27X_8 + 23X_9 + 127X_{10} + 39X_{11} + 104X_{12} + 20X_{13} + 33X_{14} + 73X_{15} + 36X_{16} + 24X_{17}$$

$$7+82X_{18}+40X_{19}+321X_{20}+177X_{21}+90X_{22}+100X_{23}+170X_{24}+33X_{25}+17X_{26}+172X_{27}+41X_{28}+148X_{29}+89X_{30}+104X_{31}+354X_{32}+26X_{33}+51X_{34}+37X_{35}+77X_{36}+21X_{37} \quad (7)$$

Sujeto a:

Para el modelo 1: $Z \leq 35,000$ y todas las variables $X_n \geq 1$.

Para el modelo 2: $Z \leq 40,000$ y todas las variables $X_n \geq Q_n^*$.

Por último, se crearon formatos en Microsoft Excel de las fichas y registros de la data necesaria para el cálculo de los KPI establecidos para las áreas de logística y mantenimiento de la empresa, que tuvieron la forma mostrada en la Fig. 1.

Fig. 1 Ejemplo de fichas y registros creados para cálculo de KPI.

En la Fig. 3, se muestra el diseño de los procesos de las áreas de estudio, que fueron simulados en ProModel por 52 semanas, donde la entidad principal de salida fue “Vehículo”, cuya comparación del estado de las entidades en el modelo actual contra el modelo de mejora se contempla en la Fig. 2 y en la Tabla III.



Fig. 2 Comparación de los tiempos de estados de entidades

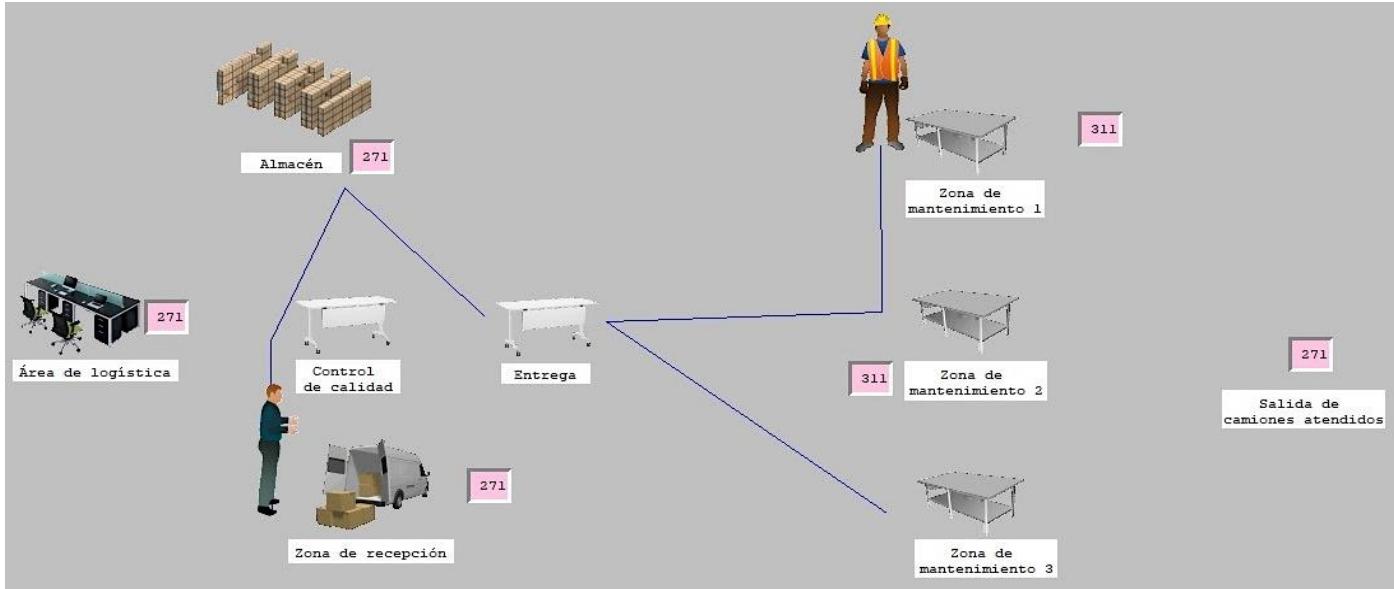


Fig. 3 Layout de la simulación en ProModel

Además, se usaron variables para observar el estado de las entidades en las distintas locaciones y los resultados se recopilaron en la Tabla III.

TABLA III
COMPARACIÓN DE MODELOS EN PROMODEL

	Salidas ProModel	Modelo actual	Modelo con mejora
Variables	Camiones por atender	311	311
	Camiones atendidos	271	311
	Compras realizadas	271	311
Estados de Entidad	% Tiempo en Lógica de movimiento	0.39%	2.84%
	% Tiempo Esperando	33.82%	1.99%
	% Tiempo en Operación	51.82%	95.17%
	% Tiempo Bloqueado	13.97%	0.00%

En la Tabla IV, se resumieron los sobrecostos de cada una de las pérdidas económicas identificadas en la Tabla I antes y después de la propuesta de mejora y se hizo la respectiva comparación para conocer el beneficio monetario y porcentaje de reducción que significó para la empresa.

TABLA IV
SOBRECOSTOS ANTES Y DESPUÉS DE LA PROPUESTA DE MEJORA

Pérdida Económica	Sobrecosto antes de la mejora	Sobrecosto después de la mejora	% Reducción	Beneficio
Cotizaciones apresuradas con un solo proveedor	S/3,898.59	S/1,622.96	58.37%	S/2,275.63
Pedidos innecesarios	S/96,566.60	S/12,780.12	86.77%	S/83,786.48
Demoras en trabajos de mantenimiento	S/5,694.87	S/292.59	94.86%	S/5,402.28
Retrabajos en el área de mantenimiento	S/2,022.21	S/838.52	58.53%	S/1,183.69
Total	S/108,182.27	S/15,534.19	85.64%	S/92,648.08

En la Tabla V se comparó el Estado de Resultados del último mes antes y después de la propuesta, adicionando el beneficio total hallado en la Tabla IV y restando el costo de implementación de las herramientas de mejora planteadas.

TABLA V
ESTADO DE RESULTADOS ANTES Y DESPUÉS DE LA PROPUESTA DE MEJORA

	Setiembre 2021	Setiembre 2021 (*)
Venta por servicio de transporte	S/21,383,197.00	S/21,383,197.00
(-) Costo de operación	-S/18,851,653.00	-S/18,851,653.00
Utilidad bruta	S/2,531,544.00	S/2,531,544.00
(-) Gastos de administración	-S/1,946,073.00	-S/1,946,073.00
(-) Gastos de ventas	-S/435,473.00	-S/435,473.00
Utilidad operativa	S/149,998.00	S/149,998.00
Ingresos financieros	S/748,694.00	S/748,694.00
(-) Gastos diversos	-S/1,281,174.00	-S/1,281,174.00
(-) Amortización de intangibles	S/0.00	-S/10,740.00
(-) Intereses	S/0.00	-S/1,316.23
Ingresos diversos	S/1,557,956.00	S/1,651,442.60
Utilidad antes de impuestos	S/1,175,474.00	S/1,256,904.37
(-) Impuesto a la renta	-S/346,764.83	-S/370,786.79
Utilidad neta	S/828,709.17	S/886,117.58
Incremento		S/57,408.41

IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Se identificaron cuatro pérdidas económicas en las áreas de mantenimiento y logística de la empresa, y se determinó que los sobrecostos fueron de S/108,182.27, asociados a seis causas raíz y se logró establecer la herramienta de mejora conveniente.

Se consideró la necesidad de crear una política de inventarios y el uso del modelo EOQ, coincidiendo con [7], quienes concluyen que la determinación de políticas de inventario mediante los modelos de EOQ guía a una mejor planeación logística a los encargados correspondientes y se logra conocer con mayor certeza la magnitud de pedido.

El modelo EOQ con demanda probabilística permitió

calcular la cantidad, duración, stock de seguridad y el punto de reorden de cada compra de pieza de los filtros y aceites que la empresa necesita, los resultados se muestran en la Tabla II. Esta nueva política de inventarios mejoró la planificación de compras y la administración del área logística, disminuyendo las pérdidas económicas encontradas. Los resultados positivos concuerdan con el modelo EOQ determinístico realizado por [7], donde concluyeron que los almacenes requieren de herramientas como la utilizada para reducir al mínimo los costos logísticos de las existencias.

La programación lineal se utilizó como herramienta de verificación de las cantidades óptimas de pedido (Q^*) calculadas con el EOQ, que con la restricción requerida por la empresa de S/35,000.00 de valor monetario de las existencias en almacén (modelo 1), los nuevos Q^* de cada elemento varían un promedio de -77%, ignorando las necesidades de abastecimiento de las piezas del almacén; sin embargo, al realizar un segundo modelo de PL con una restricción de S/40,000.00, todos los Q^* de la política de inventarios establecidos en el modelo EOQ se aceptaron y se evitó el desabastecimiento o rotura de stock. El valor monetario del inventario óptimo fue entonces de S/36,432.00.

El hallazgo se contrastó con [39], quienes afirmaron que cuando la programación lineal fue usada para gestionar el inventario faculta a los encargados pertinentes de tomar en consideración algún cambio en la política de stocks, además de ser ayuda para otras decisiones del control de existencias y el flujo de estas, obteniéndose el máximo provecho. Además, [40], concluyó que dicha herramienta permitió contar con un procedimiento de trabajo adaptable y de sencilla integración.

En los hallazgos por [13] y [22] se evidenció un mejor control y registro de las áreas de estudio en las áreas de logística y mantenimiento respectivamente, constatando, de igual manera que los KPI propuestos permitieron llevar un mejor control y registro en las áreas de estudio, lo que redujo los sobrecostos encontrados. Además, se observó la carencia de información histórica en el área de mantenimiento, concordando con [41], que para la cuantificación del rendimiento de mantenimiento es una problemática frecuente y similar en todas las organizaciones.

No obstante, fue esencial contar con data histórica para construir los modelos matemáticos de las herramientas de mejora y, por ejemplo, cuantificar la relación entre el mantenimiento preventivo y la disponibilidad de las máquinas, en este caso, los camiones [18]. Por ello, las fichas y registros diseñados fueron de gran beneficio para la empresa, los datos recolectados fueron usados para una mejor toma de decisiones por parte de los jefes de área.

Se determinó los sobrecostos en mantenimiento y logística después de la propuesta de mejora presentada, que fueron de S/15,534.19, representando una reducción monetaria de S/92,648.08. Esto se contrastó con [13], quien mejoró la gestión logística de una empresa de transportes de carga y obtuvo un beneficio o reducción de costos de 28.16% (S/62,694.11).

La implementación de las herramientas EOQ,

Programación Lineal y KPI constituyeron un costo de S/900, S/1,000 y S/8,840 respectivamente, es decir el costo total de la implementación de la propuesta de mejora para la empresa de transportes representó un costo total de S/10,740. En la evaluación económica y financiera, se observó un alto valor encontrado para la TIR, siendo de 68%, lo que justificó el gran beneficio monetario de la propuesta comparado con su bajo costo. Por otro lado, el VAN indicó un valor monetario de S/25,295.05 luego de devolver la inversión realizada. El indicador B/C resultó de 3.29.

Con respecto a la pregunta de investigación, los resultados obtenidos mostraron una reducción en las pérdidas económicas o sobrecostos de los procesos logísticos y de mantenimiento de la empresa de 86.16%, que superó el 25% establecido en la hipótesis. Esto demostró que el uso en conjunto de las herramientas de ingeniería industrial escogidas para la propuesta de mejora fue pertinente y obtuvo resultados optimistas que generan valor para la organización. Además, [32] y [16] coincidieron que el beneficio logrado es de gran importancia, puesto que no solo representó un ahorro monetario, sino que, las modificaciones realizadas a los procesos aumentaron la eficiencia y calidad del servicio ofrecido, siendo la finalidad de toda empresa.

Como limitaciones, se debe considerar que la cantidad económica de pedido está limitada al tiempo de entrega en días por lo que se recomienda la evaluación de los proveedores. Además, la programación lineal está limitada al costo por unidad por pieza, por lo que se recomienda la cotización con diferentes proveedores y realizar nuevos cálculos cuando estos varíen. Por último, los KPI están limitados a un tiempo de muestra considerable, por lo cual se sugiere prever una recolección de datos en meses.

En conclusión, la propuesta de mejora diseñada con el uso de las teorías de programación lineal, KPI y EOQ se logró una reducción significativa de los sobrecostos en las áreas de logística y mantenimiento de Transportes Joselito S.A.C.

Al analizar las pérdidas económicas de la empresa se determinaron importantes sobrecostos, sobre todo en el área de logística.

Se realizó el diseño de la propuesta de mejora con el uso de la programación lineal, KPI y EOQ, así se creó una política de inventarios acorde a las restricciones impuestas por el área de logística y también, formatos para los indicadores clave de rendimiento, según las carencias encontradas en las áreas de estudio.

Asimismo, con la simulación en ProModel de la propuesta se observó un aumento en el servicio de mantenimiento de los camiones de la empresa y una reducción significativa en los tiempos de bloqueo de los procesos, lo que representa una mayor disponibilidad de la flota. En consecuencia, los sobrecostos después de la propuesta de mejora tuvieron una reducción monetaria importante.

Se evaluó la propuesta de mejora económica y financieramente, se concluyó que fue viable y de gran beneficio para la empresa demostrando que la inversión fue conveniente.

Cabe mencionar que el éxito en el uso de las herramientas implica una correcta capacitación del personal a cargo, que en el futuro puedan modificar los cálculos realizados para el diseño de la propuesta de mejora, según los cambios que pueda sufrir la empresa.

AGRADECIMIENTO

Se agradece la información compartida y la disposición de las personas entrevistadas de la empresa Transportes Joselito S.A.C. De igual manera, a la constante mentoría y apoyo del Mg. Miguel Enrique Alcalá Adriazén en el desarrollo de la presente investigación.

REFERENCES

- [1] H. K. Bautista Vilchez, E. F. Catillo Camizán, y F. E. Escobedo Bailón, "Sistema de información para la gestión de los servicios de transporte utilizando la arquitectura REST en Lima-Perú," *Investigación Universitaria UNU*, 11(1), 549-557. 2021. <https://doi.org/10.53470/riu.v11i1.17>
- [2] N. A. Gelves, R. A. Mora, y H. Lamos, "Solución del problema de ruteo de vehículos con demandas estocásticas mediante la optimización por espiral," *Revista Facultad de Ingeniería*, 25(42), 7-19. 2016. <http://dx.doi.org/10.19053/01211129.4626>
- [3] P. P. Ballesteros, M. B. Valencia, y J. D. Hernández, "Diseño, Desarrollo y Validación del Sistema de Información de Transporte y Mensajería de Audifarma S.A," (S.I.T.A). *Scientia et technica*, 20(4), 345-351. 2015. <https://doi.org/10.22517/23447214.9378>
- [4] P. Love, D. Dominic, and Z. Irani, "Cost overruns in transportation infrastructure projects: Sowing the seeds for a probabilistic theory of causation," *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 92, 10. 2016. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2016.08.007>
- [5] B. Flyvbjerg, A. Ansar, A. Budzier, S. Buhl, C. Cantarelli, M. Garbuio, ... and B. Van Wee. "Five things you should know about cost overrun". *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 118, 174-190. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2018.07.013>
- [6] D. Henao, G. Cano y J. Palacio. "Los sobrecostos en los equipos de medición del proceso de pintura de la empresa Renault Sofasa, aplicando la metodología Kaizen". *Revista CEA*, 3(6), 77-92. 2017. <https://doi.org/10.22430/24223182.672>
- [7] A. Contreras, M. Escalante, I. Cortes, y F. Baños. "Modelo de lote económico de pedido EOQ en el inventario de partes de servicio automotriz". *Ingénio Y Conciencia Boletín Científico de La Escuela Superior Ciudad Sahagún*, 6(12), 90-94. 2019. <https://doi.org/10.29057/escs.v6i12.4159>
- [8] T. Fontalvo, E. De La Hoz, y A. Mendoza. "Los procesos logísticos y la administración de la cadena de suministro". *Saber, Ciencia y Libertas*, 14 (2), 102-112. 2019. <https://doi.org/10.18041/2382-3240/saber.2019v14n2.5880>
- [9] O. Pinheiro, S. Breval, C. Rodríguez, y N. Follmann. "Una nueva definición de la logística interna y forma de evaluar la misma". *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 25(2), 264-276. 2016. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052017000200264>
- [10] S. Roldán Mejía, C. Pimienta Ocampo, y W. Pulgarín Pulgarín. "El marco logístico en la Alianza del Pacífico". [Tesis de Grado, Institución Universitaria ESUMER]. 2015. <http://repositorio.esumer.edu.co/handle/esumer/2221>
- [11] M. Schwarz Díaz. "Impacto de los costos logísticos en la competitividad de las cadenas de suministro agroexportadoras peruanas en el contexto del TLC Perú-EE. UU. al 2015". *Enfoque*, (2-3), 31-42. 2017. <http://dx.doi.org/10.26439/enfoque2016.n002.1869>
- [12] C. Briceño Garmendia, J. Familiar Calderón, A. Rodríguez y A. Menéndez. "Análisis integral de la logística en el Perú: 5 cadenas de exportación". *Ministerio de Comercio Exterior y Turismo*. 2016.
- [13] C. E. Santos. "Gestión Logística y su influencia para reducir costos operacionales en la empresa de transportes Ave Fénix SAC". *Revista Ciencia y Tecnología*, 15(3), 97-108. 2019. <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/PGM/article/view/2526>
- [14] Ministerio de Transportes y Comunicaciones [MTC]. Plan de Desarrollo de los Servicios Logísticos de Transporte. 2014.
- [15] R. A. Cortés Villafradez. "¿Qué tan competitivos son los países miembros de la Alianza del Pacífico en infraestructura de transporte?" *Revista EAN*, 18(85), 143-172. 2018. <https://doi.org/10.21158/01208160.n85.2018.2055>
- [16] W. Olarte, M. Botero, y B. Cañón. "Importancia del mantenimiento industrial dentro de los procesos de producción". *Scientia et technica*, 16(44), 354-356. 2010. <https://doi.org/10.22517/23447214.1867>
- [17] A. Ortiz Useche, C. Rodríguez Monroy, y H. Izquierdo. "Gestión de mantenimiento en pymes industriales". *Revista venezolana de gerencia*, 18(61), 86-104. 2013. <https://doi.org/10.37960/revista.v18i61.11005>
- [18] C. Alavedra Flores, Y. Gastelu Pinedo, G. Méndez Orellana, C. Minaya Luna, B. Pinedo Ocas, K. Prieto Gilio, ... y C. Moreno Rojo. "Gestión de mantenimiento preventivo y su relación con la disponibilidad de la flota de camiones 730e Komatsu-2013". *Ingeniería industrial*, 34, 11-26. 2016. <https://doi.org/10.26439/ing.ind2016.n034.529>
- [19] C. M. Torres. "Efecto de la tecnología de recubrimiento con carburo de tungsteno sobre costos de mantenimiento en desfibramiento de caña azucarera, 2017". [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Trujillo]. 2019. <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/14126>
- [20] M. E. Zegarra. "Gestión moderna del mantenimiento de equipos pesados". *Ciencia y desarrollo*, 18(1), 57-67. 2015. <http://dx.doi.org/10.21503/cyd.v18i1.1087>
- [21] J. L. Sánchez Vidal. "El control interno en el área de almacén de las empresas comercializadoras de vidrios y aluminios del Perú: Caso RIMAC GLASS SRL". *Trujillo*, 2016. 2016. <http://repositorio.uladec.edu.pe/handle/123456789/1146>
- [22] G. Argomedo y P. Ruiz. "Diagnóstico de los costos de mantenimiento de las unidades de transporte de la empresa Grupo Transpesa SAC". [Tesis de Grado, Universidad Privada del Norte]. 2018. <http://hdl.handle.net/11537/14027>
- [23] C. Guédez Fernández. "Programación lineal e Ingeniería Industrial: una aproximación al estado del arte. Ingeniería Industrial". *Actualidad y nuevas tendencias*, 2(6), 61-78. 2011. <https://www.redalyc.org/pdf/2150/215021914005.pdf>
- [24] R. Chase, y R. Jacobs. "Administración de operaciones, producción y cadena de suministros". *Décimo tercera Edición-McGraw Hill*. 2014.
- [25] J. M. Villamarín Padilla, G. J. Aguilar Miranda, J. L. Llamuca Llamuca, y Villacrés Suárez, W. H. "Modelo matemático de transporte para una empresa comercializadora de combustibles, usando programación lineal". *Visionario Digital*, 3(2), 64-81. 2019. <https://doi.org/10.33262/visionariodigital.v3i2.394>
- [26] J. C. Ayllón, J. M. Omaña, D. M. Sangerman, L. E. Garza, J. M. Quintero y F. J. González. "Modelo de transporte en México para la minimización de costos de distribución de tuna (Opuntia spp.) en fresco". *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 6(7), 1615-1628. 2015. <https://doi.org/10.29312/remexca.v6i7.554>
- [27] J. Izar y C. Ynzuña. "Determinación del Costo del Inventario con el Método Híbrido". *Conciencia tecnológica*, 44, 30-35. 2012. <https://www.redalyc.org/pdf/944/94425393006.pdf>
- [28] J. Piña. "Determinación de la cantidad económica de pedido en una empresa". *Universidad de Carabobo, Venezuela*. 2012. <http://dx.doi.org/10.15381/idata.v22i1.16530>
- [29] M. Arango Serna, S. Ruiz Moreno, L. F. Ortiz Vásquez, y J. A. Zapata Cortes. "Indicadores de desempeño para empresas del sector logístico: Un enfoque desde el transporte de carga terrestre". *Revista Chilena de Ingeniería*, 25(4), 707-720. 2017. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052017000400707>
- [30] C. Alfaro, y J. Gómez. "Un sistema de indicadores para la medición, evaluación, innovación y participación orientado a la administración pública". *Revista de ciencias sociales*. 2016. <https://doi.org/10.17502/m.rcs.v4i2.124>
- [31] J. Morelos, T. J. Fontalvo, y E. De la Hoz. "Análisis de los indicadores financieros en las sociedades portuarias de Colombia". *Entramado*, 8(1), 14-26. 2012. <https://www.redalyc.org/pdf/2654/265424601002.pdf>
- [32] G. Álamo, y J. Mora. "Costos de la cadena de suministro en las empresas metalmecánicas en la costa oriental del lago". *Revista de Formación*

- Gerencial*, 12(1), 11-32. 2013.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4772495>
- [33] N. Ugalde Binda, y F. Balbaste Benavent. “Investigación cuantitativa e investigación cualitativa: buscando las ventajas de las diferentes metodologías de investigación”. *Revista de Ciencias económicas*, 31(2), 179-187. 2013.
<https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/economicas/article/view/12730>
- [34] E. Pedraza, G. Amaya, y M. Conde. “Desempeño laboral y estabilidad del personal administrativo contratado de la Facultad de Medicina de la Universidad del Zulia”. *Revista de Ciencias Sociales*, 16(3), 493-505. 2010. <https://doi.org/10.31876/rccs.v16i3.25519>
- [35] J. L. Abreu. “El Método de la Investigación-Research Method”. *Daena: International Journal of Good Conscience*, 9(3), 195-204. 2014.
<https://doi.org/10.21158/01208160.n82.2017.1647>
- [36] R. M. Tantaleán. “El alcance de las investigaciones jurídicas”. *Derecho y Cambio Social*, 12(41), 20. 2015.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5456857>
- [37] J. Gorgas, N. Cardiel, y J. Zamorano. “Estadística básica para estudiantes de ciencias”. *Universidad Complutense de Madrid*. 2011.
https://webs.ucm.es/info/Astrof/users/jaz/ESTADISTICA/libro_GCZ2009.pdf
- [38] F. A. Sánchez Flores. “Fundamentos epistémicos de la investigación cualitativa y cuantitativa: Consensos y disensos”. *Revista digital de investigación en docencia universitaria*, 13(1), 102-122. 2019.
<http://dx.doi.org/10.19083/ridu.2019.644>
- [39] D. Aldás, J. Reyes, L. Morales y Sánchez, S. “Optimización de costos de inventarios con algoritmo de programación lineal”. Caso aplicado industria de producción de suelas. *INNOVA Research Journal*, 3(2.1), 77-83. 2018. <https://doi.org/10.33890/innova.v3.n2.1.2018.670>
- [40] A. Rodríguez, y J. Salazar. “Propuesta de mejora del proceso operativo y logístico en una empresa de transporte de carga a través de la integración de filosofía lean y programación lineal en Lima, Perú”. [Tesis de Grado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. 2020.
- [41] D. Galar, L. Berges, M. Lambán, y B. Tormos Martínez. “La medición de la eficiencia de la función mantenimiento a través de KPIs financieros”. *DYNA*, 81(184), 102-109. 2014.
<https://doi.org/10.15446/dyna.v81n184.39510>