

Supply chain proposal to reduce cold storage costs of a super market meat cold room, Lima- 2024

Astrid Araceli Valdiviezo Martínez, Bachiller en Ingeniería Industrial¹, Lucero Mariel Escobar Poma, Bachiller en Ingeniería Industrial¹ y Guillermo Segundo Miñan Olivos, Magister en Gestión Pública¹

¹Universidad Privada del Norte, Perú, n00218732@upn.pe, n00228004@upn.pe, guillermo.minan@upn.pe

Abstract— The objective of the study was to propose an optimized supply chain to reduce storage costs in the meat cold storage room of a supermarket in Lima, Peru, in the year 2024. The methodology applied was descriptive, applied and propositional. A quantitative approach based on the collection and analysis of numerical data was used. The study included direct observation of the processes in the cold chamber, documentary analysis of previous research and the application of various analytical tools such as the Ishikawa diagram, the Pareto diagram, ABC analysis and the FIFO method. A scenario simulation was carried out to predict cost reduction. The results revealed that poor inventory turnover management and inadequate implementation of the FIFO method are the main causes of high warehousing costs. A cumulative negative difference of \$19,528.11 was identified between actual and budgeted costs during the first four months of 2024. The implementation of inventory management software, along with staff training and warehouse reorganization, is projected to be an effective solution to reduce these costs, with an estimated average annual savings of \$5,190.9. It was concluded that the implementation of supply chain improvements, especially inventory management and staff training, is crucial to significantly reduce meat cold storage costs.

Keywords—shrinkage, storage, simulation, logistics.

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

Propuesta de la cadena de suministro para reducir los costos de almacenamiento de la cámara de frío de carnes de un super mercado, Lima- 2024

Astrid Araceli Valdiviezo Martínez, Bachiller en Ingeniería Industrial¹, Lucero Mariel Escobar Poma, Bachiller en Ingeniería Industrial¹ y Guillermo Segundo Miñan Olivos, Magister en Gestión Pública¹

¹Universidad Privada del Norte, Perú, n00218732@upn.pe, n00228004@upn.pe, guillermo.minan@upn.pe

Resumen– El estudio tuvo como objetivo proponer una cadena de suministro optimizada para reducir los costos de almacenamiento en la cámara de frío de carnes de un supermercado en Lima, Perú, en el año 2024. La metodología aplicada fue descriptiva, aplicada y propositiva. Se utilizó un enfoque cuantitativo basado en la recolección y análisis de datos numéricos. El estudio incluyó la observación directa de los procesos en la cámara de frío, el análisis documental de investigaciones previas y la aplicación de diversas herramientas analíticas como el diagrama de Ishikawa, el diagrama de Pareto, el análisis ABC y el método FIFO. Se realizó una simulación de escenarios para predecir la reducción de costos. Los resultados revelaron que el mal manejo de la rotación de inventarios y la implementación inadecuada del método FIFO son las principales causas de los altos costos de almacenamiento. Se identificó una diferencia negativa acumulada de \$19,528.11 entre los costos reales y los presupuestados durante los primeros cuatro meses de 2024. La implementación de un software de gestión de inventarios, junto con la capacitación del personal y la reorganización del almacén, se proyecta como una solución efectiva para reducir estos costos, con un ahorro estimado promedio de \$5,190.9 anuales. Se concluyó que la implementación de mejoras en la cadena de suministro, especialmente en la gestión de inventarios y la capacitación del personal, es crucial para reducir significativamente los costos de almacenamiento en la cámara de frío de carnes.

Palabras clave-- mermas, almacenamiento, simulación, logística.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la gestión de cadenas de suministro en la industria alimentaria enfrenta desafíos significativos, especialmente en el almacenamiento de productos perecederos. Según [1], proponen una cadena de suministro bien estructurada y una gestión eficiente de redes y operaciones logísticas, enfocadas en el almacenamiento adecuado y la rápida entrega de productos perecederos. Esto es crucial porque tanto el tiempo de almacenamiento como las condiciones ambientales afectan la reducción de desperdicios. Los costos son esenciales en la evaluación de la productividad en las cadenas de suministro, representando todos los gastos relacionados con la producción y los servicios, y son indicadores clave para lograr la eficiencia económica [2]. La preservación de la cadena de frío en almacenes de productos refrigerados o congelados es fundamental para asegurar la

calidad y seguridad alimentaria. Evitar la ruptura de esta cadena es un desafío considerable, ya que mantener temperaturas precisas es crucial. La optimización del proceso de distribución es vital en un contexto donde la cadena de frío debe mantenerse constantemente. La falta de infraestructura adecuada, como cuartos fríos, puede acelerar el deterioro de productos perecederos, afectando su calidad alimenticia [3].

A nivel internacional, la industria cárnica italiana enfrenta problemas en la dirección sostenible de su cadena de suministro debido a la falta de un enfoque integral. Se identifican puntos críticos de sostenibilidad en cada etapa de la cadena, especialmente en el procesamiento de la carne, destacando cómo las prácticas de gestión de la cadena de suministro pueden contribuir al desarrollo de cadenas sostenibles [4]. Durante la pandemia, diversas empresas tuvieron que llevar a cabo una planificación comercial para compañías de retail, adaptando los procesos de planificación a las urgencias del momento [5]. En Perú, el 34% de las empresas tienen un modelo de gestión de cadena de suministro "avanzado" o "establecido", mientras que el 66% está en estado "en desarrollo" o "incipiente". Es crucial que las entidades enfoquen su gestión de cadena de suministro de manera integral y dinámica, aprovechando la tecnología para mejorar la eficiencia operativa y la capacidad de adaptación [6].

En ese sentido, existen casos de empresas peruanas que han desarrollado un modelo básico de cadena de suministro para cooperativas de café, logrando eficiencia y continuidad en las operaciones, y recomendando la mejora continua, sirviendo de inspiración para la implementación de una cadena de abastecimiento en un supermercado [7]. En el caso de la presente investigación, el supermercado estudiado enfrenta desafíos en la gestión de carnes, como la pérdida de tiempo por el uso del montacargas y la mala distribución en cámaras de frío. Esto causa fatiga, aumenta el riesgo de accidentes y genera mermas, impactando la rentabilidad. La investigación busca optimizar espacio y recursos, reduciendo mermas y costos de almacenamiento. En ese sentido, se aplicó la siguiente pregunta: ¿Cuál debe ser la propuesta de la cadena

de suministro para reducir los costos de almacenamiento de la cámara de frío de carnes en un supermercado, Lima 2024?

II. METODOLOGÍA

La investigación fue descriptiva, enfocada en describir las características fundamentales de algo en particular [8], también es de tipo aplicada debido a que esta metodología es fundamental para trasladar el conocimiento teórico a la acción [9] y, por último, de tipo propositivo, ya que, se caracteriza por comenzar con un diagnóstico, establece metas y diseña estrategias para alcanzarlas. Utiliza un enfoque cuantitativo, basado en la recolección y análisis de datos numéricos para responder interrogantes planteadas en este estudio [10]. Se empleó un análisis descriptivo y de estimación ya que se aplicó un análisis de escenarios para evaluar el impacto de las herramientas aplicadas [11]. El diseño fue no experimental, ya que no se manipularon las variables [12]. La población abarcó todos los procesos del supermercado ubicado en Lima, y la muestra fue la cadena de frío donde se encuentran los productos cárnicos. Esta investigación presenta materiales, métodos e instrumentos necesarios, utilizando la observación directa y el análisis documental. La observación directa es clave para entender fenómenos complejos [13]. Es por ello por lo que se observó minuciosamente cada etapa del sistema productivo para identificar fallas que causan retrasos y baja productividad. El análisis documental ayuda a establecer parámetros de estudio y crear un marco teórico [14]. Esto permite identificar métricas basadas en nociones teóricas y avanzar en la investigación. Por ello, esta investigación utilizó una guía de análisis documental para examinar estudios previos y teorías en gestión de la cadena de suministro, mejorando la cadena de suministro de las cámaras de frío de carne en el supermercado. Los instrumentos utilizados incluyeron una guía de observación para adquirir datos en tiempo real sobre los procesos de la cadena de suministro de carne en el supermercado, facilitando la detección de puntos de mejora en las cámaras de frío y la validación de la información.

Para el análisis de datos, se emplearon diversas herramientas analíticas, entre ellas, el diagrama de Ishikawa para identificar las causas de los altos costos de almacenamiento, el diagrama de Pareto para priorizar las causas críticas, y el análisis ABC para clasificar los productos según su importancia y volumen de ventas. Además, la propuesta diseñada tomó como fundamento el método FIFO (First In, First Out) para mejorar la rotación de inventarios, asegurando la frescura y calidad de los productos. Se realizó una simulación de escenarios para prever la reducción de costos mediante Microsoft Excel. Excel permitió aplicar herramientas como la generación de números aleatorios para modelar y analizar escenarios diversos a partir de la variabilidad e incertidumbre de los resultados esperados. Una vez que la simulación fue generada en Excel se procedió a un análisis estadístico en Minitab 18.

III. RESULTADOS

El supermercado, uno de los más longevos en su sector, en Lima, ha experimentado un crecimiento sostenido a lo largo del tiempo, adaptándose progresivamente para abordar las demandas emergentes del mercado. Sin embargo, este proceso de expansión ha conllevado un aumento en la complejidad de la gestión de inventarios, generando una problemática que incide directamente en los costos operativos de la organización.

En la Fig. 1, se presenta el procedimiento operativo de la cámara de frío de carnes de un super mercado. El proceso inicia con la entrada de mercadería, seguida por una revisión en zona 7 y un registro de sanidad. Luego se realiza una toma de temperatura y se verifica el pesado de los productos. Posteriormente, se lleva a cabo una revisión del empaque, etc., tras lo cual los productos son trasladados de zona. El siguiente paso es mandarlo por el montacarga para su traslado a la cámara de frío, donde se conservan hasta su retirada de Rolys. Finalmente, los productos se someten a un ordenado y clasificación de FIFO, asegurando que los primeros en entrar sean los primeros en salir, completando así el flujo hasta el estado final de PRODUCTO, listo para la siguiente fase del proceso, que podría implicar su distribución o venta.

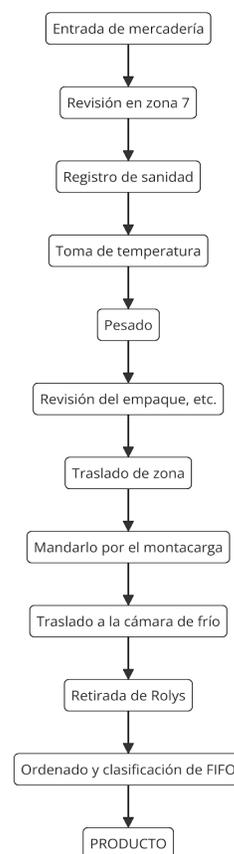


Fig. 1 Flujograma operativo en el área de carnes de un super mercado.

En la Fig. 2, se identificaron los procesos de traslado y recepción de mercadería realizándose un diagrama de actividades del proceso (cursograma), se especificó la toma de

tiempos de las actividades y se pueden visualizar actividades inproductivas como las demoras y traslados.

ALMACENADO DE CARNES						
UBICACIÓN	ACTIVIDAD		METODO ACTUAL			
ACTIVIDAD	PRODUCCION DE ALMACENADO DE CARNES		OPERACIÓN	●		
FECHA			TRANSPORTE	→		
OPERADOR		ANALISTA	DEMORA	D		
COMENTARIOS:			INSPECCION	■		
			ALMACENE	▼		
			TIEMPO (MIN)			
DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD	SIMBOLOS					TIEMPO (MIN)
	●	→	D	■	▼	
Espera del pedido			●			10 min
Revisión en zona 7	●					8min
Registro de sanidad	●					7min
Toma de temperatura	●		●			7mim
Pesado	●					7mim
Revisión del vacío	●					7mim
Espera de encargado			●			25 min
Traslado de zona		●				5min
Mandar por el montacarga		●				2 min
Traslado		●				5min
Llegada a cámara de frío	●					6min
retirada de rolys	●					6min
Ordenado				●		10 min
Clasificación FIFO				●		20 min
ALMACENADO DE CARNES				●		
TOTAL:	7	3	2	2	1	125MIN

Fig. 2 Cursograma de operaciones en el área de carnes de un supermercado.

En la Fig. 3, se presentan las causas que producen altos costos de almacenamiento en el área de cámara de frío de un supermercado. Respecto al método de trabajo: la mala implementación de FIFO, el manejo inadecuado de inventarios y los deficientes procesos de control de calidad resultan en un aumento de mermas y pérdida de tiempo y dinero. En el caso de la maquinaria: la falta de estanterías y etiquetas de identificación en rolys dificulta la organización y manejo de inventarios, afectando la eficiencia de los operarios. En cuanto a la mano de obra: la escasez de empleados y la falta de capacitación adecuada generan sobrecarga de trabajo, fallas en el control de calidad y en los inventarios, aumentando las mermas. Respecto al material: la calidad deficiente de los productos recibidos y las estanterías inadecuadas dañan los productos y empaques. En temas de medición: la falta de evaluaciones adecuadas de los procesos y problemas con el software de gestión de inventarios provocan errores en el control de stock. Finalmente, en el medio ambiente: el espacio inadecuado y mal mantenimiento de equipos de refrigeración afectan la calidad y elevan los costos operativos.

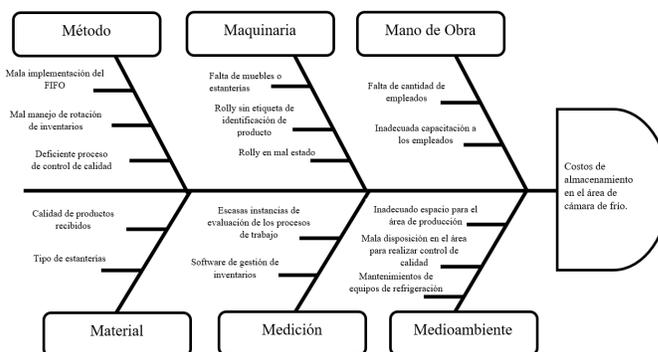


Fig. 3 Diagrama de Ishikawa para análisis de costos de almacenamiento en cámaras de frío de un supermercado.

En la Fig. 4 se puede observar que el 67% de los costos elevados en el almacenamiento de carnes se debe al mal manejo de la rotación de inventarios, una implementación inadecuada del método FIFO y fallos en el software de gestión. El análisis de Pareto muestra que estos tres problemas son las principales causas del 80% de los costos.

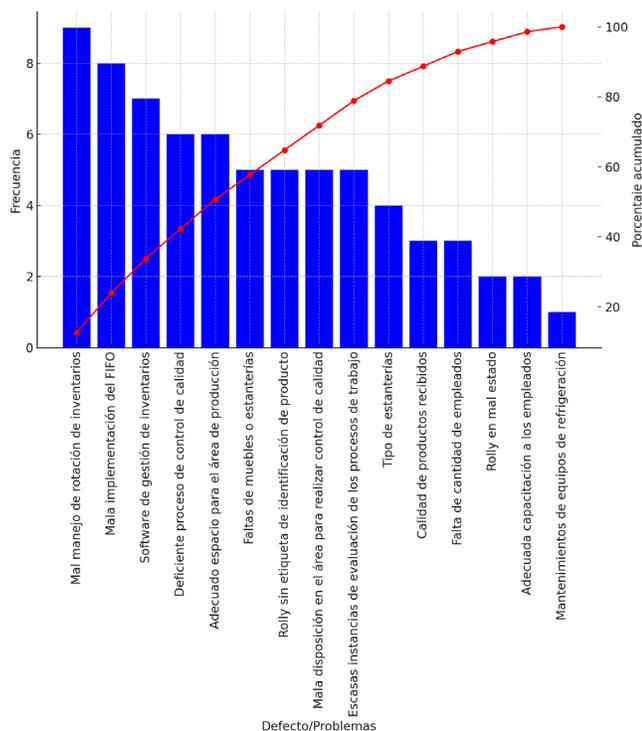


Fig. 4 Distribución de frecuencia porcentual para problemáticas identificadas.

En la Tabla I se puede notar que el costo real excedió al costo presupuestado, resultando en una diferencia total negativa de \$4,901.35. Esto sugiere que los costos reales fueron mayores a los anticipados en el presupuesto, lo que puede indicar una subestimación en el presupuesto, precios más altos de lo esperado o una combinación de ambos factores. Este exceso de costo ha tenido un impacto negativo en la rentabilidad del área de carnes del supermercado debido al control inadecuado en el aspecto logístico.

TABLA I
COSTOS DE PEDIDO DE PRODUCTOS PRINCIPALES EN EL ÁREA DE CARNES DE UN SUPERMERCADO CORRESPONDIENTE AL PERIODO DE ENERO - 2024

Producto	Costo real	Costo de pedido presupuestado	Diferencia
Pollo fresco San Fernando entero	\$1,933.78	\$1,824.32	-\$109.46
Carne molida Buen corte	\$12,750.00	\$12,000.00	-\$750.00
Malaya Buen corte	\$7,394.59	\$6,932.43	-\$462.16
Guiso tierno Buen corte	\$6,154.05	\$5,351.35	-\$802.70
Lomo saltado Buen corte	\$15,300.00	\$15,000.00	-\$300.00
Bistec de cadera Buen corte	\$20,412.16	\$19,256.76	-\$1,155.41
Sasami de pollo Buen corte	\$7,443.24	\$7,297.30	-\$145.95
Pechuga especial San Fernando	\$5,083.78	\$4,905.41	-\$178.38
Chuleta Don Porquino	\$2,627.03	\$2,189.19	-\$437.84
Pancita Redondo	\$4,755.41	\$4,195.95	-\$559.46
Total			-\$4,901.35

En ese sentido, el análisis de los primeros cuatro meses del año, el supermercado experimentó consistentemente costos reales que excedieron los presupuestados, con diferencias de -\$4,901.35 en enero, -\$4,217.57 en febrero, -\$5,282.70 en marzo y -\$5,126.49 en abril, acumulando un total de -\$19,528.11. Cada mes registró estas diferencias negativas, indicando problemas persistentes en la gestión de costos.

La Tabla II revela que los costos de mantenimiento superaron lo presupuestado, con una diferencia total de -\$483.78, señalando la necesidad de ajustar la cadena de suministro o controlar mejor los diferentes costos en el área de carnes.

TABLA II
COSTO DE MANTENIMIENTO ENERO- ABRIL 2024 EN EL ÁREA DE CARNES DE UN SUPERMERCADO

Mes	Costo total de mantenimiento actual	Costo total de mantenimiento presupuestado	Diferencia
Enero	\$913.51	\$675.68	-\$237.84
Febrero	\$677.84	\$675.68	-\$2.16
Marzo	\$724.86	\$675.68	-\$49.19
Abril	\$870.27	\$675.68	-\$194.59
Total	\$3,186.49	\$2,702.70	-\$483.78

La Fig. 5 muestra las pérdidas de ingresos debido a productos no aptos para la venta en el área de carnes de un supermercado durante los primeros cuatro meses del año. Los productos incluyen pollo, carne molida, chuletas y otros cortes especiales, con detalles de kilos no aptos y los ingresos perdidos correspondientes. Las pérdidas totales ascendieron a \$1,472.53, con variaciones significativas entre los productos y los meses de enero a abril en el 2024.

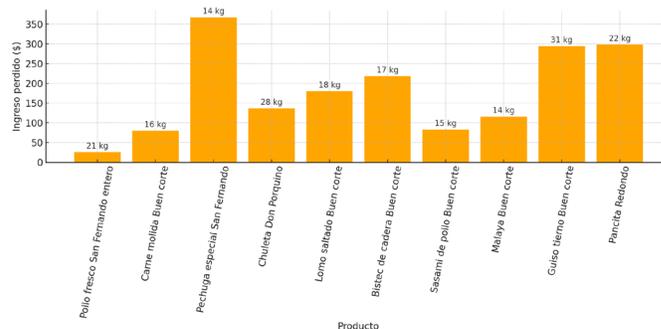


Fig. 5 Costo de merma de los principales productos enero-abril 2024 en el área de carnes de un supermercado.

La Tabla III muestra un resumen de los costos de pedidos, mantenimiento y merma para el área de carnes de un supermercado durante los meses de enero a abril de 2024. El costo total para estos cuatro meses asciende a \$21,484.42, desglosado en \$19,528.11 de costos de pedido (90.89%), \$483.78 de costos de mantenimiento (2.25%) y \$1,472.53 de costos de merma (6.85%). En enero, los costos totales fueron los más altos con \$5,526.21, mientras que en febrero fueron los más bajos con \$4,571.34. Los costos de pedido constituyen

la mayor parte de los gastos, seguidos por las pérdidas de ingresos debido a la merma, y en menor medida por los costos de mantenimiento de inventario.

TABLA III
RESUMEN DE COSTOS DE ALMACENAMIENTO CORRESPONDIENTES A ENERO- ABRIL 2024

Mes	Costo de pedido	Costo de mantenimiento	Costo de merma	Costo total
Enero	\$4,901.35	\$237.84	\$387.02	\$5,526.21
Febrero	\$4,217.57	\$2.16	\$351.61	\$4,571.34
Marzo	\$5,282.70	\$49.19	\$394.05	\$5,725.94
Abril	\$5,126.49	\$194.59	\$339.85	\$5,660.93
Total	\$19,528.11	\$483.78	\$1,472.53	\$21,484.42
Porcentaje	90.89%	2.25%	6.85%	100%

Posteriormente se diseñó la mejora en la cadena de suministro para reducir los costos de almacenamiento en la cámara de frío, empezando por identificar los tipos de productos cárnicos más vendidos, cada uno con su costo de unidad, costo de venta, unidades de venta por mes, el peso de empaque por presentación, kilos vendidos por mes, costo neto, salida por mes y ganancia. Para ello fue necesario la aplicación de una clasificación ABC. Esta metodología indica que los productos se clasifican por categoría (A= Productos que venden mayores kilos en el mes, B= Productos que venden kilos regulares en el mes, C= Productos que venden menores kilos en el mes). A continuación, se muestra el análisis ABC en la Tabla IV:

TABLA IV
CLASIFICACIÓN ABC DE LOS PRODUCTOS PRINCIPALES EN LA CÁMARA DE FRÍO

Producto	Kilos vendidos x mes	Costo venta(k)	Valor de consumo	% Acum.	Tipo
Pollo fresco San Fernando entero	1800	\$2.54	\$4,572.97	29%	A
Pechuga especial San Fernando	1350	\$4.73	\$6,385.14	51%	A
Pancita Redondo	600	\$10.81	\$6,486.49	61%	A
Sasami de pollo Buen corte	600	\$6.73	\$4,037.84	70%	A
Carne molida Buen corte	600	\$6.19	\$3,713.51	80%	B
Bistec de cadera Buen corte	375	\$14.30	\$5,361.49	86%	B
Lomo saltado Buen corte	300	\$11.59	\$3,478.38	91%	B
Malaya Buen corte	225	\$9.32	\$2,097.97	95%	B
Guiso tierno Buen corte	180	\$10.78	\$1,941.08	98%	C
Chuleta Don Porquino	150	\$6.19	\$928.38	100%	C
Total	6180	\$83.19	\$39,003.24		

De la misma manera, se realizaron en la presente investigación 3 tipos de pronóstico de la demanda y se eligió el método de regresión lineal ya que presentó el menor porcentaje de error. Posteriormente se halló el pronóstico de la demanda de mayo, junio, julio y agosto (Tabla V). Un pronóstico adecuado permitirá la reducción de costos por pedidos, sobre todo de los productos clasificados como tipo A.

TABLA V
PRONÓSTICO DE LA DEMANDA MEDIANTE REGRESIÓN LINEAL MAYO- AGOSTO 2024

	Mes	Demanda	Pronóstico
1	Enero	\$7,063,614	
2	Febrero	\$7,333,851	
3	Marzo	\$7,641,795	
4	Abril	\$7,176,614	
5	Mayo		\$7,465,704
6	Junio		\$7,530,398
7	Julio		\$7,595,092
8	Agosto		\$7,659,787

Respecto a los costos por merma, se puede mencionar que el control de mermas es gestionado por un personal asignado que necesita capacitación para mejorar el proceso. Actualmente, el método de control de mermas es ineficiente, consume mucho tiempo de los empleados y recursos administrativos (hojas, lapiceros, etc.), y no logra cumplir con los tiempos establecidos. Para abordar estos desafíos, se implementará un programa específico para el proceso de mermado. Este programa incluirá una capacitación especializada para los trabajadores y material complementario para el manejo del software. Con este enfoque, se logrará un mejor manejo y control, lo cual se cumplirán todos y cada uno de los aspectos de calidad según los siguientes métodos preestablecidos por la FIFO (First In, First Out) y el Just InTime.



Fig. 6 Software propuesto para mejorar la cadena de suministro y reducción de costo por mermas en cámara de frío de carnes de supermercado

Ahora bien, para que la mejora pueda ser sostenible en el largo plazo se requiere una actualización del procedimiento (Fig. 7). Se contempla iniciar con una verificación inicial para asegurar que esta reúna todos los requisitos necesarios. Si la cámara de frío cumple con estos requisitos se puede avanzar al siguiente paso. En caso contrario, es necesario verificar que el tamaño del área sea apropiado para la frecuencia de pedidos, la cantidad y las características del layout, además de realizar

una muestra de distribución y aprovisionar los elementos necesarios. Una vez confirmado que la cámara de frío cumple con los requisitos se procede a revisar si la documentación para el almacenamiento es adecuada. Si la documentación no es suficiente o correcta, se deben realizar los ajustes necesarios, lo que incluye la preparación de una muestra de distribución y la provisión de los elementos faltantes. Si la documentación es adecuada, se procede a ubicar las diferentes áreas de almacenamiento y estanterías dentro de la cámara. El siguiente paso consiste en verificar la disponibilidad de recursos y materiales necesarios para el correcto funcionamiento del almacén. En caso de que estos recursos no estén disponibles, se deben tomar medidas para aprovisionar los elementos necesarios. Si los recursos están disponibles, se

avanza a la organización de la mercadería en los estantes, siguiendo los métodos recomendados según el layout establecido. Es crucial realizar inventarios de forma periódica o permanente para mantener un control adecuado sobre los productos almacenados. Si no se está llevando a cabo este proceso, es necesario tomar decisiones administrativas para corregir la situación. Cuando se realiza el inventario de manera adecuada, se procede a solicitar las cantidades necesarias de productos para mantener el stock. Finalmente, todos los movimientos de productos deben ser registrados en el software, lo que permite mantener un registro detallado y preciso de las entradas y salidas de mercancía.

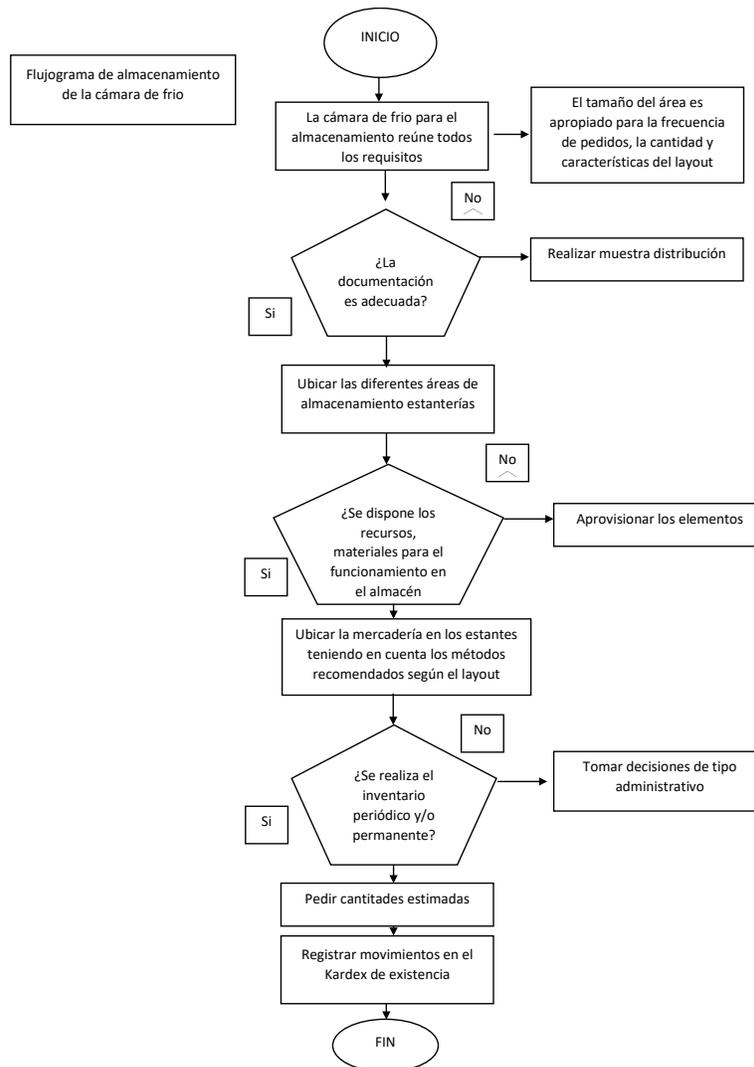


Fig. 7 Diagrama de Flujo propuesto para mejorar la cadena de suministro en la zona de cámara de frío de carnes de un supermercado.

Una vez que se diseñaron las herramientas propuestas, se elaboró la Tabla VI, la cual proporciona una visión general de los costos asociados a la implementación de mejoras en la

cadena de suministro de un supermercado, específicamente en su cámara de frío para carnes. Cada herramienta o recurso no solo conlleva un costo mínimo para su implementación, sino

que también ofrece un potencial significativo para reducir los costos operativos de almacenamiento a través de mejoras en la eficiencia, la organización, y la reducción de mermas y errores.

TABLE VI

INVERSIÓN PRESUPUESTADA DE LA PROPUESTA Y ESTIMACIÓN DEL IMPACTO SOBRE LOS COSTOS DE ALMACENAMIENTO DE LA CÁMARA DE FRIO DEL SUPERMERCADO

Recurso/Herramienta	Inversión (USD)	Impacto en los costos de almacenamiento	Intervalo porcentual de reducción (%)
Software de Gestión de Inventarios	5000	Mejora en el control y reducción de mermas	30-50%
Capacitación de Personal	2000	Mejora en la generación de pedidos y reducción de errores humanos en pronósticos	5-15%
Estanterías	3000	Mejor organización del almacenamiento, reduciendo tiempos de búsqueda	5-10%
Etiquetas y Sistemas de Identificación	500	Reducción de errores en la identificación y manejo de productos	2-5%
Consultoría para Implementación de Herramientas	10000	Implementación de prácticas eficientes, reducción de tiempos y desperdicios	20-30%
Actualización de Procedimientos y Documentación	1000	Estandarización de procesos y documentación, reduciendo retrabajos	3-7%

Tomando en cuenta la incertidumbre en el comportamiento de los costos estimados, se procedió a simular distintos escenarios posibles mediante la fluctuación aleatoria de los porcentajes establecidos en la tabla anterior. La Figura 7 muestra una simulación de datos (1000 escenarios anuales) para predecir la posible reducción de costos de almacenamiento. Esta simulación tomó en cuenta los intervalos de ahorros proyectados, menos la inversión presupuestada, en contraste con los costos promedios de almacenamiento diagnosticados. Dicho análisis demuestra que los datos simulados siguen una distribución asimétrica con alta variabilidad, donde la mayoría de las reducciones se agrupan alrededor de los 5190,9 dólares, específicamente, se podría afirmar que los costos anuales tendrían una reducción estimada de $5190,9 \pm 3495,2$ dólares. La prueba de Anderson-Darling indica que los datos no siguen una distribución normal, y las estadísticas descriptivas refuerzan esta dispersión, con un rango considerable que va desde -3596,9 hasta 13704,7 dólares. En ese sentido, la simulación estima que el ahorro máximo en costos podría alcanzar los 13704,7 dólares.

Los intervalos de confianza para la media y la mediana sugieren una estimación razonablemente precisa, pero la variabilidad implica que las reducciones de costos pueden variar significativamente según las condiciones. La

probabilidad de que los datos sean menores a 0 es aproximadamente 6.92%. Esto significa que hay una baja probabilidad de que la reducción de costos sea menor a la inversión presupuestada.

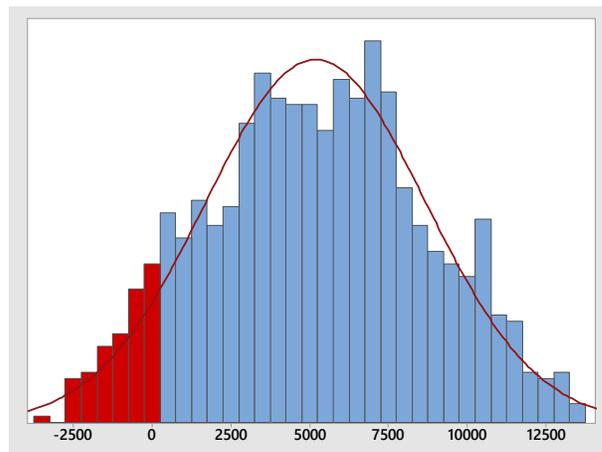


Fig. 8 Simulación de 1000 escenarios probables para la reducción de costos anuales de almacenamiento en la cámara de frío de un supermercado.

La Fig. 9 representa la media de reducción neta, que se refiere a la cantidad promedio en dólares que cada factor contribuye a la reducción de costos netos en el sistema (eje y) y muestra diferentes factores o categorías que influyen en la reducción de costos netos, tales como el software de gestión de inventarios, la capacitación del personal, las estanterías, etc. Cada punto en la gráfica representa la media ajustada de la reducción neta para cada factor. La línea que une los puntos no tiene un significado matemático específico, pero se usa para visualizar cómo cambian las medias entre diferentes factores. La figura muestra que la consultoría para la implementación es el factor que más influye en la reducción neta de costos, seguido por la capacitación del personal y la actualización de procedimientos. Los otros factores, como el software de gestión de inventarios, las estanterías, y las etiquetas, tienen un impacto menor, aunque aún contribuyen positivamente.



Fig. 9 Gráfica de efectos principales para reducción neta, con medias ajustadas.

Un análisis estadístico inferencial demostró que el valor p es mucho menor que 0,05. Por eso se rechaza la hipótesis nula (H_0), lo que significa que existe evidencia suficiente para concluir que la media verdadera de la reducción neta no es

4500, sino que es significativamente mayor (como lo indica la media observada de 5191). Además, la figura 9 muestra que el intervalo de confianza (4974; 5408) no incluye el valor 4500 (H_0), lo que refuerza esta conclusión.

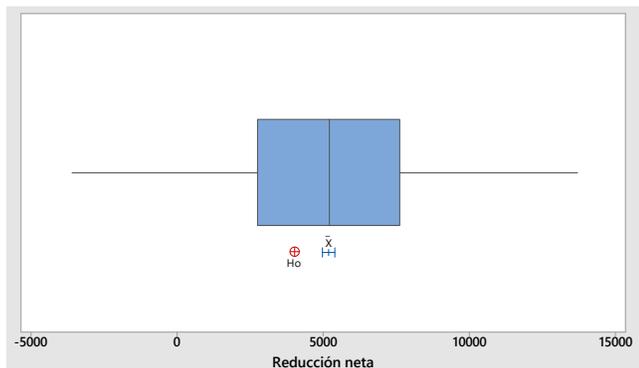


Fig. 10 Gráfica de caja para la reducción de costos estimados con intervalo de confianza t de 95% para la media

IV. CONCLUSIONES

La investigación logró identificar los principales factores que elevan los costos de almacenamiento en la cámara de frío de carnes, como el mal manejo de la rotación de inventarios y la implementación inadecuada del método FIFO. En ese sentido, se diseñó una propuesta a partir de un conjunto de herramientas y mejoras, que incluyen la implementación de un software de gestión de inventarios, la capacitación del personal, entre otras alternativas. Las mejoras propuestas, basadas en la simulación de diferentes escenarios, sugieren que los costos de almacenamiento podrían reducirse en un promedio de \$5,190.9 anuales, con un máximo de hasta \$13,704.7, dependiendo de las condiciones de implementación. Este análisis resalta la viabilidad de las medidas y la potencial mejora en la eficiencia operativa. También se pudo concluir que la consultoría para la implementación de nuevas prácticas y la capacitación del personal son los factores más influyentes en la reducción de costos. Estas acciones no solo mejoran la eficiencia, sino que también contribuyen a la sostenibilidad de las mejoras a largo plazo. Finalmente, la implementación de un procedimiento estandarizado y una actualización continua de la documentación y los procesos son cruciales para mantener la eficiencia operativa en el largo plazo. El control adecuado de inventarios y la correcta organización del almacén, con un seguimiento permanente, garantizarán la sostenibilidad de las mejoras.

REFERENCIAS

[1] M. Musavi, F. Werner, M. Mahdi, A. Rahbari, and F. Jolai, "The vehicle routing and scheduling problem with cross-docking for perishable products under uncertainty: Two robust bi-objective models," *Applied Mathematical Modelling*, vol. 70, pp. 605-625, June 2019.

[2] L. Ferreira, M. Caridad, and C. Vilarino, "Modelo conceptual de gestión de costos logísticos ambientales en la cadena de suministros de combustibles y lubricantes," *Retos de la dirección*, vol. 13, no. 1, pp. 188-207, January 2019.

[3] D. Barrios, W. Barrios, A. Cerinza, and G. Hernández, "Propuesta de mejora en el proceso de almacenamiento de productos perecederos en el programa del banco de alimentos," *Boletín en Innovación, Logística y Operaciones (BIL/O)*, vol. 4, no. 2, pp. 88-90, November 2022.

[4] R. Golini, A. Moretto, F. Caniato, M. Caridi, and M. Kalchschmidt, "Developing sustainability in the Italian meat supply chain: an empirical investigation," *International Journal of Production Research*, vol. 55, no. 4, pp. 1183-1209, February 2017.

[5] L. Rios, "Retos de la cadena de suministro y planificación comercial en empresas de Retail en Colombia frente a la pandemia en el año 2020. estudio de caso Cencosud s.a.," Universidad Santo Tomas Primer Caustro Univerisatio de Colombia, April 2020. Disponible: <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/50431>

[6] P. Salvador, "Madurez en la cadena de suministro del Perú," EY. November 2021. Disponible: https://www.ey.com/es_pe/consulting/madurez-cadena-de-suministro-peru

[7] S. Hilario, and D. Robles, "Propuesta de un modelo básico de gestión de supply chain del café orgánico en la región San Martín," Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, October 2018. Disponible: <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/625505>

[8] G. Guevara, A. Verdesoto, and N. Castro, "Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción)," *Recimundo*, vol. 4, no. 3, pp. 163-173, July 2020.

[9] C. Institucional, "¿Qué es la investigación aplicada y cuáles son sus principales características?" *IBERO TIJUANA*, September 2020. <https://blogposgrados.tijuana.ibero.mx/investigacion-aplicada/>

[10] S. Suarez, "Estrategias para el pensamiento crítico, según el enfoque metacognitivo de John Flavell, en Estudiantes Universitarios," *Journal of Science and Research*, vol. 6, no. Ex3, pp. 407-426, June 2021.

[11] S. Hernandez, and C. Mendoza, "Metodologia de la investigacion. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta" *Mc Graw Hill Education*, December 2018.

[12] R. Feldman, "Psicología con aplicaciones a los países de habla hispana," *McGraw-Hill*, vol. 8. pp. 575-618, January 2022.

[13] C. Monasterios, "Beneficios del estudio de caso como método de investigación para el análisis económico de procesos de transferencia tecnológica," *Divulgatio*, vol. 4., no. 11, pp. 15-26, May 2020.

[14] A. Casasempere-Satorres, and M. Verchez, "Análisis documental bibliográfico. Cómo sacar el máximo partido a la revisión de la literatura en la investigación cualitativa," *New Trends in Qualitative Research*, vol. 4, pp. 247-257, July 2020.