

# Improvement plan for the reduction of operational costs of an agroindustrial company

Kathya Muñoz-Cerin<sup>1</sup>, Ccinia Pecho-Tineo<sup>2</sup>, and Teodoro Geldres-Marchena, Master's Industrial Engineering<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Industrial Engineering students from the Private University of the North, Peru, [N00241809@upn.pe](mailto:N00241809@upn.pe), [N00237909@upn.pe](mailto:N00237909@upn.pe)

<sup>3</sup>Professor at the Private University of the North, Peru, [teodoro.geldres@upne.pe](mailto:teodoro.geldres@upne.pe)

*Abstract– This work was prepared based on the Capstone Project, which focuses on engineering design, addressing the implementation of standards such as ISO 9001 and specific legal regulations. The application of tools such as MRP, route sheet, 5S and TOC is highlighted to improve operational efficiency. In addition, the execution of the simulation in ProModel and Monte Carlo to evaluate indicators about the resolution of logistics problems and the optimization of processes in the field of engineering.*

*Keywords– Capstone project, engineering design, standards, simulation, logistical problems.*

# Plan de mejora para la reducción de costos operativos de una empresa agroindustrial

Kathya Muñoz-Cerin<sup>1</sup>, Ccinia Pecho-Tineo<sup>2</sup>, y Teodoro Geldres-Marchena, Maestro en Ing. Industrial<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Estudiantes de Ingeniería Industrial de la Universidad Privada del Norte, Perú, [N00241809@upn.pe](mailto:N00241809@upn.pe), [N00237909@upn.pe](mailto:N00237909@upn.pe)

<sup>3</sup>Docente de Ingeniería Industrial de la Universidad Privada del Norte, Perú, [teodoro.geldres@upne.pe](mailto:teodoro.geldres@upne.pe)

*Resumen– El presente trabajo fue elaborado en base a Capstone Project que se enfoca en el diseño en ingeniería, abordando la implementación de estándares como ISO 9001 y normativas legales específicas. Se destaca la aplicación de herramientas como MRP, hoja de ruta, 5S y TOC para mejorar la eficiencia operativa. Además, la ejecución de la simulación en ProModel y Monte Carlo para evaluar indicadores acerca de la resolución de problemas logísticos y en la optimización de procesos en el ámbito de la ingeniería.*

*Palabras clave– Capstone Project, diseño en ingeniería, estándares, simulación, problemas logísticos.*

## I. INTRODUCCIÓN

Los procesos productivos requieren tiempo para perfeccionarse, por lo que la mejora continua es una práctica esencial en casi todas las industrias. Cada retraso o cuello de botella en las estaciones de trabajo puede causar pérdidas significativas, e incluso paradas o lucro cesante. Es fundamental que cada rol dentro de la empresa se enfoque en la mejora constante, considerando la participación de cada parte como esencial para el éxito.

Cuando se habla de logística, se discute ampliamente sobre la configuración de los canales de distribución ignorando procesos clave como el de abastecimiento. Una gestión eficiente de compras o abastecimiento es vital para agregar valor a los clientes y generar ahorros en costos [1].

Por ello, el estudio se realiza en el contexto de una empresa agroindustrial dedicada a la producción y exportación de productos agrícolas de alta calidad, como aguacates, arándanos, uvas, mangos y mandarinas.

El proceso productivo, en especial del arándano, se divide en tres fases. La primera fase, el cultivo, comienza con la preparación del terreno, que incluye limpiar el área de cultivo, arar la tierra y aplicar fertilizantes. Luego se realiza la siembra, seguida de actividades como riego, control de plagas y enfermedades, y fertilización. Finalmente, se realiza la cosecha, que consiste en recolectar los productos agrícolas. La segunda fase, la post cosecha, empieza con la recepción de los productos en la planta de procesamiento. Posteriormente, los productos se lavan para eliminar suciedad e impurezas, se seleccionan y se clasifican según su tamaño, calidad y otras características, y finalmente se empaacan y almacenan hasta estar listos para la exportación. La tercera fase, la exportación, incluye el despacho de productos desde la planta de procesamiento hasta el puerto de embarque, y la logística de

exportación, que abarca el transporte marítimo, aéreo o terrestre hasta su destino final.

Este plan de mejora se centrará en optimizar estos procesos clave para reducir los costos operativos y mejorar la eficiencia general de la empresa.

Se logró identificar los siguientes problemas que causan costos elevados: deterioro y productos terminados perecibles, ya que tenían un gran diferencial de sus productos terminados en sus almacenes debido a errores en la planificación, cambios en la demanda, daños y vencimientos en el producto e incapacidad en la distribución generando un costo de \$1303; tiempos de espera prolongados en el transporte, haciendo referente a retrasos en el movimiento de las mercancías de un lugar a otro. Causados por contar con una falta de optimización de rutas, falta de coordinación con proveedores, uso incorrecto de la capacidad de carga, congestión vehicular, demanda excesiva y gestión de flotas lo cual provocó costos extras en un total de \$2,612; retrasos en los envíos, es decir cualquier desfase en el tiempo planificado para la entrega de un producto, en este caso la causa principal es la equivocación en la selección y empaquetado de productos debido a la falta de capacitación del personal y/o control de calidad y un sistema inadecuado lo que provoca insatisfacción de los clientes y un costo adicional de \$535 mensuales y por último la inestabilidad en la cadena de suministro la cual se refiere a una serie de perturbaciones o interrupciones que afectan el flujo normal de materias primas, insumos, componentes y productos terminados a lo largo de la cadena de suministro esto debido a una falta de planificación y coordinación de la cadena de suministro, dificultades para obtener insumos de manera oportuna y confiable, falta de control y visibilidad sobre el proceso de producción, dependencia excesiva de un número limitado de proveedores y dificultades para obtener las certificaciones necesarias y trayendo consigo un costo mensual de \$5,362.

Jiménez et al. muestran cómo la implementación de sistemas MRP de ciclo cerrado y su simulación con ProModel mejoran el rendimiento del plan maestro de producción (MPS), identificando estrategias eficientes y detectando cuellos de botella [2]. Ablanedo y González y Medina también destacan el uso de ProModel para optimizar la planificación y gestión de inventarios, y para identificar problemas antes de la implementación, reduciendo riesgos y costos [3], [4]. Restrepo y Victoria utilizaron ProModel para mejorar la programación

de producción en Itacol de Occidente Ltda., mejorando el flujo del proceso [5]. En otro contexto, Shukla y Ganvir emplearon Kaizen y 5S en una fábrica de tubos plásticos, usando Monte Carlo para analizar mejoras en productividad y calidad, mitigando riesgos [6]. Requena y Zúñiga aplicaron técnicas lean en el sector agroindustrial, logrando incrementos en eficiencia y reducciones en merma mediante 5S y balance de línea, mientras que Peinshen usó Monte Carlo para evaluar riesgos en redes de suministro, desarrollando estrategias de mitigación efectivas [7], [8]. Križanová et al. resaltan que la simulación optimiza la gestión de inventarios y procesos logísticos, reduciendo costos [9]. Gomez et al. y Aguirre et al. combinaron Monte Carlo con costeo ABC para optimizar la logística en la cadena de suministro, mejorando la eficiencia operativa y ajustando estrategias proactivamente [10], [11]. Similarmente, Muhammed y Dragan et al. utilizaron Monte Carlo para optimizar rutas de transporte, mejorando la precisión logística [12], [13]. Koroteev, et al. aplicó TOC y Monte Carlo en una planta de procesamiento de carne, automatizando cálculos y mejorando la eficiencia [14]. Camacho et al. utilizaron TOC para reducir horas extras, optimizando el flujo de trabajo [15]. Finalmente, Rubio y Mussons y Gutierrez et al. integraron Monte Carlo y TOC para optimizar recursos y evaluar el potencial de hidrocarburos, mejorando la toma de decisiones estratégicas [16], [17].

La presente investigación se justifica por presentar herramientas industriales innovadoras que pueden abordar los desafíos logísticos y operativos que enfrentan las empresas agroindustriales al implementar estándares de calidad y herramientas de mejora. Este estudio es relevante en el ámbito de la ingeniería y la gestión operativa porque propone soluciones tecnológicas y metodologías innovadoras de mejora continua para abordar problemas, incluyendo el sistema de Planificación de Requerimientos de Materiales (MRP) para gestionar la demanda interna de inventarios de manera más eficiente [18], el simulador ProModel para pronosticar resultados potenciales [5], y la optimización de rutas utilizando métodos como TSP, CPP y VRP [19]. Además, la metodología 5S incrementa la productividad, eficiencia y eficacia, y un sistema de gestión de la cadena de suministro añade valor al producto [20]. Estas herramientas son efectivas en diversos sectores, incluyendo el agroindustrial, mejorando productividad y logística, y asegurando la mejora continua.

La presente investigación se realizó teniendo en cuenta el problema de saber ¿Cuál es el efecto del plan de mejora sobre los costos operativos de una empresa agroindustrial? y teniendo como objetivo general el determinar el efecto del plan de mejora sobre los costos operativos de una empresa agroindustrial. Nuestros objetivos específicos son: Diagnosticar la problemática de la empresa, medir los costos iniciales, diseñar y desarrollar un plan de mejora, simular la implementación del plan de mejora, determinar la variación de los costos operativos y realizar la evaluación económica. Además, se define como hipótesis que, el plan de mejora

reduce los costos operativos y optimiza los procesos de una empresa agroindustrial.

## II. METODOLOGÍA

### A. Diseño de la investigación

El diseño utilizado para el presente proyecto es preexperimental con una prueba pretest (O1), el plan de mejora (X) y el post test (O2) sin grupo testigo. Donde se obtiene la modificación y la medida de cambio que se realiza del pretest al post test.

### B. Alternativas de solución

Se propusieron 2 alternativas (A y B) para poder combatir los problemas ya antes mencionados, cada alternativa es detallada en la siguiente tabla con sus herramientas y metodologías.

TABLA I  
POSIBLES ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

Alternativa A	Alternativa B
Tecnología RFID	MRP y un simulador
Alianzas estratégicas	Hoja de rutas
Control de calidad	5 "S"
Relaciones colaborativas	TOC

### C. Descripción de criterios y restricciones realistas

**Criterio efectivo:** Se realizará una evaluación exhaustiva de todos los costos operativos de la empresa, incluyendo producción, logística y administración. Se identificarán las áreas de mayor gasto y las ineficiencias en los procesos internos mediante evaluaciones periódicas para eliminar costos innecesarios.

**Criterio económico:** Se evaluará la rentabilidad de cada actividad de negocio, identificando áreas con márgenes bajos o pérdidas. Esto permitirá enfocar las medidas de reducción de costos en las áreas más necesitadas, considerando el costo unitario de producción y la cadena de valor.

**Criterio de tiempo:** Se establecerán plazos claros y realistas para la implementación de iniciativas de reducción de costos, con metas a corto, mediano y largo plazo. Además, se monitorearán indicadores clave de desempeño (KPI) relacionados con estos plazos y los resultados esperados.

**Restricción económica:** La empresa dispone de \$58,000 para mejoras, con un plazo de 9 a 12 meses. Las etapas incluyen el análisis del proceso actual (ASIS) y el diseño del proceso deseado (TOBE).

**Restricción de políticas:** El proyecto debe ser presentado al comité de inversiones para su evaluación. Las capacitaciones varían en duración y no incurren en horas extras, siendo programadas con anticipación. Ejemplos incluyen capacitaciones de 2 horas para BASC y 6 horas para primeros auxilios, hasta 3 veces al año.

**Restricción de logística:** La empresa utiliza dos rutas principales, los puertos de Callao y Paita, que no suelen modificarse a menos que cambie el destino del pedido. Están optimizadas para la eficiencia en la llegada a destino.

**Restricción de capacidad y demanda:** El área de congelado puede producir hasta 95 toneladas diarias por turno. La demanda no debe exceder la capacidad de producción,

aunque en ocasiones la demanda ha superado la producción debido a proyecciones elevadas de ventas.

Restricción de proveedor: Cuentan con contratos fijos con proveedores de materiales de empaque, pero utilizan alternativos según necesidad para agroquímicos y otros materiales. En caso de falta de abastecimiento, se buscan proveedores alternativos.

#### D. Selección de la mejor alternativa

Para selección de la mejor alternativa para resolver las cuatro principales problemáticas de la empresa, se evaluarán las opciones basándose en su efectividad, plazo y costo, considerando también las restricciones realistas previamente mencionadas. El siguiente cuadro detalla cada alternativa, especificando el sistema, los recursos necesarios y su coste.

TABLA II  
INVERSIÓN APROXIMADA DE LAS ALTERNATIVAS

Alternativa	Sistema / Herramienta	Recursos	Cantidad	Costo (\$)	Costo total (\$)
A	Tecnología RFID	Especialista	1	\$7,700	\$62,300
		Simulador	1	\$15,000	
	Alianzas estratégicas	Especialista	3	\$4,400	
	Control de calidad	Especialista	2	\$6,700	
	Relaciones colaborativas	Especialista	2	\$6,500	
B	MRP	Especialista	1	\$3,700	\$48,200
	ProModel	Especialista	1	\$3,500	
		Simulador	1	\$4,500	
	Hoja de rutas	Especialista	3	\$4,500	
	5S	Especialista	2	\$3,700	
TOC	Especialista	3	\$5,200		

En el área de logística y de producción, la alternativa ganadora para la reducción de costos operativos es la "B", la cual está compuesta por MRP, hoja de rutas, capacitación en 5S y teoría de restricciones (TOC) ofrece una solución integral y efectiva que se ajusta a los criterios técnicos y restricciones realistas establecidos por la empresa.

#### E. Diseño de la alternativa seleccionada

El punto de partida del proceso es la identificación precisa de los problemas que se pretenden abordar. Para ello, se puede recurrir a diversas metodologías de investigación, tales como el análisis cuantitativo y cualitativo de datos, la implementación de encuestas estructuradas y la realización de entrevistas semiestructuradas con las partes interesadas. A continuación, se debe determinar si los problemas son costeados. Esto significa que se debe realizar un análisis de viabilidad económica, evaluando si los costos asociados a la implementación de la solución son justificables por los beneficios esperados. Al identificar las herramientas y metodologías se establece que el MRP y el simulador deben seguir un enfoque sistemático y metodológico. El primer paso es identificar los problemas que se quieren resolver. Después, se identifican sistemas que puedan mejorar y reducir el problema. Seguidamente, se realiza la implementación del plan de acción y se formulan preguntas de investigación como: ¿Se redujo el deterioro y la perecibilidad del producto terminado?

Otra herramienta es la hoja de ruta, que incluye varios elementos críticos para la implementación exitosa del plan. Evaluar recursos implica realizar un análisis detallado de los recursos humanos, financieros y tecnológicos disponibles. Identificar puntos de recogida y entrega se refiere a la evaluación de la logística de entrada y salida. Plantear una ruta logística involucra el diseño de una red de distribución eficiente. Identificar herramientas y/o metodologías se enfoca en seleccionar tecnologías y enfoques metodológicos avanzados. Implementar la solución incluye una evaluación rigurosa de la reducción de horas prolongadas.

La siguiente metodología es 5S, una herramienta de mejora continua que se utiliza para organizar y mantener un entorno de trabajo productivo. La implementación de esta técnica permite evaluar si se generaron menos retrasos en los envíos.

Por último, la Teoría de Restricciones (TOC) se aplica para analizar la situación actual de los procesos. Se formulan preguntas de investigación como: ¿Hay menos horas extras? Si la respuesta a estas preguntas es negativa, se procede a investigar y desarrollar nuevos planes de acción. Si es positiva para todas las cuestiones, se investiga e identifican estándares de ingeniería, seleccionando los más relevantes para especificar y modificar en el diseño principal. Esto incluye la realización de una evaluación económica exhaustiva, comparando los costos antes y después de la implementación de la mejora. Finalmente, se evalúa el objetivo principal, que es la reducción de costos operativos. En caso de no cumplirse, se descartan o ajustan las alternativas; de lo contrario, se calculan los beneficios y la inversión.

El primer flujograma es la representación gráfica del análisis descrito previamente, donde se identifican los problemas de manera secuencial y se desarrollan los pasos necesarios para su diagnóstico en función de los resultados obtenidos. El segundo flujograma aborda específicamente la selección y evaluación de soluciones, destacando cómo los estándares pertinentes son aplicados para guiar la elección de propuestas que contribuyan a la mejora económica.

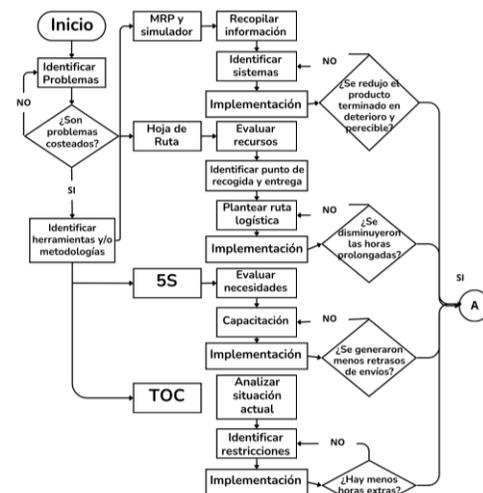


Fig. 1 Flujograma de diseño de la alternativa seleccionada.



Fig. 2 Flujoograma de diseño de la alternativa seleccionada.

#### F. Identificación y descripción de estándares de ingeniería

Se procede a priorizar los estándares encontrados mediante criterios del rango, si 1 es poca relación para el uso con el estudio, 2 es relación con poca importancia para el uso con el estudio y 3 es gran relación para el uso con el estudio.

Por consiguiente, se procede a evaluar cada estándar que tiene es relevante para cada mejora planteada en la empresa.

Los estándares que se tomaron en cuenta fueron los que obtuvieron como puntaje 2 o 3, ya que ellos tienen mayor relación con el estudio, estos fueron ISO 9001, BRC, IFS, Global Gap, HACCP, Ley N° 30224, Decreto Supremo N° 010.2009-EF y Decreto Legislativo N° 1062. Seguidamente, se realiza una descripción y especificación de ellos.

TABLA III  
ESTÁNDARES SELECCIONADOS

Estándar	Herramienta	Especificación
ISO 9001	Hoja de ruta 5S TOC	8.1 Planificación y control operacional
		8.2 Requisitos para los productos y servicios
		8.4 Control de los procesos:
		10.3 Mejora continua
BRC	MRP 5S TOC	Control de los procesos
IFS	MRP	IFS food
	Hoja de ruta 5S, TOC	IFS Logística
Global Gap	5S	Capacitación y formación al personal
HACCP	Hoja de ruta 5S	Artículo 28°.- Responsabilidad de la calidad sanitaria e inocuidad de los alimentos y bebidas
Ley N° 30224	5S TOC	Capítulo I
Decreto Supremo	Hoja de ruta TOC	Artículo 4°.- Sistema de Gestión de Calidad
		Artículo 21°.- Facultad para efectuar el despacho aduanero
Decreto Legislativo	5S TOC	Artículo II: Principios que sustentan la política de inocuidad de los alimentos

#### G. Formulación y cálculo de indicadores

Para determinar los indicadores de la herramienta del MRP y un simulador, se tomará en cuenta el costeo por deterioro en las cajas producidas de arándanos que se pierden por daño de la fruta o condiciones de almacenamiento como puede ser la alta humedad y el costeo por obsolescencia de productos terminados que se da por la vida útil limitada de la fruta incluso en condiciones óptimas de almacenamiento mostrado en la parte inicial de costos, tomando valores como

la pérdida de valor de cajas por deterioro, pérdida de obsolescencia y el mes lo que va a permitir encontrar la fórmula para hallar los resultados ayudando a planificar mejor la producción y evitar obsolescencia de los productos terminados. En la hoja de ruta, se utilizará la tabla de costeo de los tiempos de espera prolongado en el transporte tomando indicadores tanto de almacén externo como en puerto los cuales tienen un impacto significativo en la calidad y la vida útil de los arándanos tomando en cuenta las horas por mes que va a beneficiar a la empresa a optimizar sus rutas de transporte y reducir los tiempos de espera permitiendo medir el desempeño de las rutas de transporte y evaluar la efectividad de las medidas de optimización. En la herramienta de las 5S, tomaremos los datos del coste de los retrasos de envío con indicadores por digitación de documentos y reempaques utilizando los valores de las guías erróneas por mes que se producen por sistemas de información deficientes o documentación inadecuada el cual tiene un costo de \$60/guía y el número de horas no producidas para obtener las fórmulas y calcular el valor final lo cual mejora la organización y aumenta la eficiencia en las instalaciones identificando las causas de los problemas, reduciendo el desorden y la suciedad, estandarizando los procesos de envío y creando una cultura de mejora continua. Por último, para la herramienta del TOC, se tomará en cuenta la inestabilidad que hay en la cadena el cual es producido por el transporte ineficiente y los tiempos de esperas prolongados. Por otro lado, se tomará en cuenta valores de la producción como el número de horas extras por mes; analizando proveedores, producción, logística y distribución lo cual nos permitirá implementar un sistema con una planificación y programación más precisa.

TABLA IV  
CÁLCULO DE INDICADORES INICIALES

Problema	Indicador	Fórmula	Inicial	
			Valor	\$
1	N° Cajas perdidas por deterioro /mes	$\frac{N^{\circ} \text{ Cajas producidas} - N^{\circ} \text{ Cajas exportadas} - N^{\circ} \text{ Cajas con otros defectos}}{\text{mes}}$	62	\$620.00
	N° Cajas perdidas perecibles /mes	$\frac{N^{\circ} \text{ Cajas producidas} - N^{\circ} \text{ Cajas exportadas} - N^{\circ} \text{ Cajas con otros defectos}}{\text{mes}}$	22	\$220.00
2	N° Horas prolongadas1 /mes	$\frac{N^{\circ} \text{ Horas de transporte reales} - N^{\circ} \text{ Horas de transporte previstas}}{\text{mes}}$	9	\$162.00
	N° Horas prolongadas2 /mes	$\frac{N^{\circ} \text{ Horas de transporte reales} - N^{\circ} \text{ Horas de transporte previstas}}{\text{mes}}$	6	\$180.00
3	N° Guías erróneas/mes	$\frac{N^{\circ} \text{ Guías reales} - N^{\circ} \text{ Guías enviadas}}{\text{mes}}$	5	\$300.00
	N° horas muertas/mes	$\frac{N^{\circ} \text{ Horas totales} - N^{\circ} \text{ Horas productivas}}{\text{mes}}$	55	\$234.85
4	N° horas extras / mes	$\frac{N^{\circ} \text{ horas laboradas} - N^{\circ} \text{ horas por turno}}{\text{mes}}$	22	\$660.00

### III. RESULTADOS

Primero, se procedió a investigar diferentes modelos o software para evaluar los que sean más adecuados y precisos con respecto a los indicadores de entre los cuales se encontraron simuladores como: ProModel, Montecarlo,

Simul8, FlexSim, Anylogic, Arena y Simio. Para lograr identificar cual era el simulador ideal para utilizar en cada herramienta se tuvo en cuenta el costo del simulador, su información en cuanto a manuales de uso y antecedentes donde se utiliza este mismo simulador para solucionar problemas parecidos, la relación que puede tener el problema con el simulador y por último su efectividad con los resultados. Los simuladores que lograr superar nuestros filtros fueron ProModel y Monte Carlo, siendo estos los más aptos para ayudarnos a conseguir los resultados más precisos para cada una de nuestras herramientas de mejora.

A continuación, se presenta el diseño del modelo o software de simulación, empleados en simultáneo.

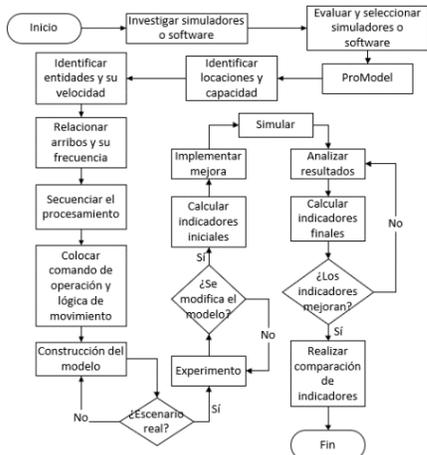


Fig. 3 Flujoograma de simulación de ProModel

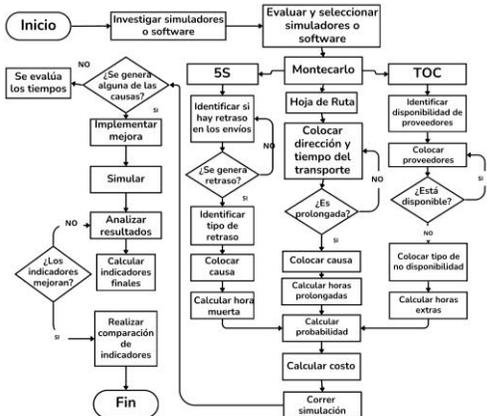


Fig. 4 Flujoograma de simulación de Monte Carlo

### A. Simulación en ProModel para MRP y un simulador

Antes de empezar con la simulación se realizó un estudio de la data histórica del año pasado (2023) y los meses de enero y febrero del presente año, siendo un total de 14 meses como base de datos sobre los problemas que tuvo la empresa de como lo son el número cajas perdidas, el número de horas prolongadas, el número de guías erróneas, el número de horas muertas y el número de horas extras. En la siguiente tabla se logra visualizar con mayor claridad los datos mencionados.

TABLA V  
DATA HISTÓRICA

Mes	Nº Cajas perdidas	Nº Horas prolongadas	Nº Guías erróneas	Nº Horas muertas	Nº Horas Extras
1	82	14	5	58	26
2	99	12	7	51	19
3	81	15	6	49	27
4	93	14	5	48	26
5	81	18	5	58	29
6	88	21	9	50	30
7	78	12	4	53	27
8	79	18	5	48	22
9	80	12	8	54	27
10	97	16	4	47	26
11	90	12	9	50	23
12	90	21	5	57	28
13	79	16	9	59	21
14	88	15	5	55	22

Para implementar ProModel en MRP y un simulador, primero establecemos el Plan Maestro de Producción usando tres presentaciones de arándanos como productos base. Identificamos los SKU y definimos la lista de materiales para cada SKU: arándanos en cajas de 4 oz, 6 oz y pinta flat, detallando componentes como divisores, cintas y etiquetas. Revisamos el inventario de materiales, incluyendo cantidad, tamaño del lote, tiempo de espera, stock de seguridad y entradas programadas. Desarrollamos el MRP estableciendo el PMP, seguido del plan de necesidades de materiales, comenzando desde los SKU hasta los componentes individuales. Simulamos el proceso logístico del SKU 2 (Caja de Taper de arándanos de 6 oz), diseñando el proceso de empaquetado y paletizado en ProModel. Los datos se transfirieron a Excel para identificar los puntos de simulación. Definimos las ubicaciones necesarias en el layout, como picking, packing, paletizado, almacenamiento refrigerado, despacho, transporte y almacenamiento externo, usando datos históricos para la presentación de 6 oz. Delimitamos la capacidad y los tiempos requeridos para cada estación, detallados en la siguiente tabla.

TABLA VI  
ESTACIONES EN PROMODEL

Ingresos	Estación	Cap.	Unidades	TS
P. Recogido	E1	36	1	0.5 min
P. Recogido	E2	36	1	3 min
P. Empa.	E3	312	1	8 min
P. Paletizado	E4	20	1	7 días
P. Paletizado	E5	15	1	2 horas
P. por Entregar	E6	15	1	30 min
P. Terminado	E7	10	1	2 horas
P. Terminado	E8	20	1	8 horas
Pallet	Banda	INF	1	-
Pallet	Banda	INF	1	-
P. Recogido	Transportadora	INF	1	-

Luego, teniendo en cuenta las fajas que intervienen dentro del proceso identificamos las cualidades de estas, en la siguiente podremos comprender la longitud y velocidad en que se configuró cada transportadora y banda.

TABLA VII  
LONGITUD Y VELOCIDAD DE LAS ESTACIONES

Estación	Longitud	Velocidad	Tipo	
Banda	30	10	Rodillo	Accum
Transportadora	20	10	Cola	Accum

De igual forma se asignaron la cantidad, frecuencia y ocurrencia para cada uno de los arribos.

TABLA VIII  
CANTIDAD, OCURRENCIA Y FRECUENCIA EN PROMODEL

Arribos	Cantidad	Ocurrencia	Frecuencia
MP	36	INF	3
Pallets	1	INF	90
Pallets	1	INF	90

En la siguiente figura se muestra el layout de la simulación en ProModel antes de la implementación de la mejora, donde se trabajó con un deteriorado de 0.2292% y un valor obsoleto de 0.1042%.

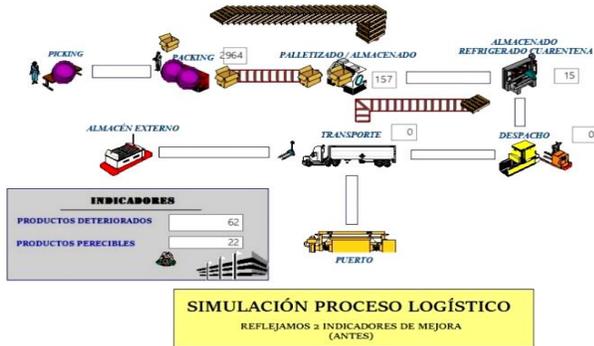


Fig. 5 Layout actual en ProModel

Una vez terminada la simulación podemos analizar los indicadores obtenidos, donde se visualiza que el número de productos deteriorados es de 62 y el número de productos obsoletos son 22, siendo estos el reflejo de los indicadores tomados como problema para solucionar.

En la figura 4 se muestra el layout de la simulación en ProModel después de la implementación de la mejora, donde se trabajó con un deteriorado de 0.1103% y un valor obsoleto de 0.0193%.



Fig. 6 Layout después de la implementación de la herramienta.

Después de la implementación de la mejora se lograron reducir el número de productos terminados deteriorados a 21 unidades y de productos obsoletos a 7 unidades, significativa

reducción que trae consigo un ahorro en los costos excesivos que se genera en la empresa.

B. Simulación en Monte Carlo para las hojas de rutas

La evaluación, realizada durante un mes, utilizó simulaciones de Montecarlo para analizar si el tiempo de transporte era estándar o prolongado, revelando una probabilidad del 35% de prolongación en las hojas de ruta. De este porcentaje, el 60% corresponde a envíos al almacén en Lima y el 40% a la ruta hacia el puerto de envío. Las causas identificadas incluyen planificación deficiente (40%), falta de coordinación (25%) y falta de monitoreo (35%). Los costos asociados al tiempo de espera son \$18 por hora hacia el almacén y \$30 por hora hacia el puerto. La simulación, realizada en 30 días laborales, permitió identificar los días específicos de prolongación en ambas rutas.

Para el modelo actual se trabajó con la probabilidad de tiempos prolongados en las rutas a el almacén externo y para el puerto de embarque con un 35%. La siguiente figura representa el número de numero de rutas prolongadas en almacén, ascendiendo al valor de 8 paradas las cuales hacen referencia a un total de 10 horas más de lo previsto lo cual genera un gasto de \$180 al mes.

En la ruta a el puerto de embarque se hicieron un total de 4 rutas prologadas las cuales generaron un exceso de 7 horas más de lo debido y esto genera un costo adicional de \$210.

Días	Aleatorio	Tiempo de transporte	Aleatorio	Dirección	Aleatorio	Causa	Aleatorio	Horas prolongadas almacén	Aleatorio	Horas prolongadas puerto	Costo por almacén	Costo por puerto
1	0.314194	Estándar	0.83037	Puerto	0.86588		0.41375	0	0.20195	0		
2	0.593991	Estándar	0.78009	Puerto	0.24740		0.74463	0	0.19078	0		
3	0.848649	Prolongado	0.74664	Puerto	0.27561	Planificación deficiente	0.42985	0	0.33482	1		\$30.00
4	0.687454	Prolongado	0.14296	Almacén	0.41061	Falta de coordinación	0.53635	1	0.42716	0	\$18.00	
5	0.864158	Prolongado	0.58360	Almacén	0.59062	Falta de monitoreo	0.69495	2	0.29808	0	\$36.00	
6	0.301441	Estándar	0.36187	Almacén	0.70129		0.90228	0	0.39284	0		
7	0.086297	Estándar	0.48087	Almacén	0.59224		0.44919	0.00000	0.81747	0		

Fig. 7 Simulación de los primeros 7 días actual.

Luego de la implementación de un nuevo sistema de optimización de rutas para el transporte, se logró reducir la probabilidad de horas prolongadas entre rutas a un 15%. Esto se reflejó en la disminución de horas prolongadas en la ruta hacia el almacén externo, las cuales ahora solo ocurrieron en 2 días, sumando un total de 3 horas adicionales, lo que 69 representa un costo de \$54. La figura 7 ilustra claramente este cambio y su impacto. En la ruta hacia el puerto de embarque para el producto listo para enviar a los clientes el número de días con horas prologada es de 1 al mes, siendo un 96% efectiva la implementación en esta ruta. Podemos ver la simulación respecto a 7 de los 30 días en la siguiente figura.

Días	Aleatorio	Tiempo de transporte	Aleatorio	Dirección	Aleatorio	Causa	Aleatorio	Horas prolongadas almacén	Aleatorio	Horas prolongadas puerto	Costo por almacén	Costo por puerto
1	0.54371	Estándar	0.36419	Almacén	0.62440		0.76771	0	0.63576	0		
2	0.56513	Estándar	0.80155	Puerto	0.98659		0.04961	0	0.14998	0		
3	0.98138	Prolongado	0.06065	Almacén	0.23721	Planificación deficiente	0.07770	1	0.47983	0	\$18.00	
4	0.47205	Estándar	0.92759	Puerto	0.44210		0.88170	0	0.94122	0		
5	0.92154	Prolongado	0.74950	Puerto	0.94277	Falta de monitoreo	0.97641	0	0.42116	1		\$30.00
6	0.53924	Estándar	0.47693	Almacén	0.81967		0.78858	0	0.81926	0		
7	0.52326	Estándar	0.99729	Puerto	0.95537		0.22398	0	0.41149	0		

Fig. 8 Simulación de los primeros 7 días mejorado.

C. Simulación en Monte Carlo para 5S

Antes de la implementación de la herramienta, se registraron retrasos en los envíos con una probabilidad del 55%, divididos en retrasos por mala digitación de documentos (35%) y por reempaque (65%). Las causas de los retrasos por mala digitación son capacitación insuficiente del personal (45%) y alto volumen de documentos (55%). Para los retrasos por reempaque, las causas son problemas de calidad en la materia prima (65%) y suspensión de pedidos (35%). El costo por guía mal digitada es de \$60, mientras que el costo por hora de reempaque es de \$4.27.

La simulación se va a realizar en un plazo de 30 días a futuro en donde se analizará el comportamiento de las probabilidades mencionadas en el día a día en el mes simulado unidades para cada cantidad que uses en una ecuación. En la siguiente figura se muestra los primeros 7 días.

Días	Aleatorio	Retrasos en los envíos	Aleatorio	Tipo de retrasos en los envíos	Aleatorio	Digitación de documentos	Aleatorio	Reempaque	Aleatorio	Horas muertas	Costo por digitación	Costo por reempaque
1	0.05884	Se genera	0.28952	Digitación de documentos	0.15743	Capacitación insuficiente	0.44657		0.02207	0	\$60.00	
2	0.58543	No se genera	0.18926		0.79584		0.15953		0.83835	0		
3	0.23616	Se genera	0.82299	Reempaque	0.74576		0.71645	Suspensión	0.82613	6		\$25.62
4	0.17403	Se genera	0.33293	Digitación de documentos	0.50313	Volumen de	0.48341		0.79614	0	\$60.00	
5	0.39587	Se genera	0.04217	Digitación de documentos	0.21502	Capacitación insuficiente	0.11967		0.95907	0	\$60.00	
6	0.93566	No se genera	0.46401		0.76723		0.72692		0.11100	0		
7	0.21271	Se genera	0.74194	Reempaque	0.14459		0.93053	Suspensión de pedido	0.63673	5		\$21.35

Fig. 9 Simulación 5S actual de 7 días.

Antes de la implementación de la herramienta 5s hubo un total de 17 retrasos en los envíos donde 4 son a causa de una mala digitación y dentro de este se subdivide una mala capacitación al personal y por el alto volumen en los documentos, la pérdida total en esta primera causa es de \$240. Los reempaques son 13 y se subdivide en 6 problemas que son a causa de una calidad deficiente en el producto y 7 por suspensión del pedido, en esta segunda causa su pérdida total es de \$234.85. En la siguiente figura se muestra la simulación de 7 de 30 días.

Días	Aleatorio	Retrasos en los envíos	Aleatorio	Tipo de retrasos en los envíos	Aleatorio	Digitación de documentos	Aleatorio	Reempaque	Aleatorio	Horas muertas	Costo por digitación	Costo por reempaque
1	0.13244	Se genera	0.02955	Digitación de	0.36754	Volumen de	0.32027		0.28206	0	\$60.00	
2	0.92989	No se genera	0.16130		0.36847		0.21601		0.58532	0		
3	0.34421	No se genera	0.74497		0.00594		0.73767		0.92845	0		
4	0.14815	Se genera	0.40692	Reempaque	0.98353		0.15582	Problema de	0.05097	2		\$8.54
5	0.76172	No se genera	0.65019		0.15936		0.89886		0.47221	0		
6	0.99348	No se genera	0.87825		0.12905		0.21830		0.36204	0		
7	0.78987	No se genera	0.69551		0.98507		0.55096		0.03659	0		

Fig. 10 Simulación 5S Mejorada de 7 días.

#### D. Simulación en Monte Carlo para TOC

Antes de la implementación de una nueva teoría de las restricciones, la empresa tuvo una disponibilidad de proveedores del 55%, donde los proveedores se dividen en tres tipos: alta probabilidad (30%), alta demanda (35%) y pedidos tardíos (35%). Los proveedores que contratan el servicio son: RVC (35%), MAERKS (25%) y MEDLOG (35%). Esta teoría de las restricciones genera horas extras, con una probabilidad del 50% de una hora extra, del 30% de dos horas, y del 20% de tres horas. El costo por hora extra es de \$30. La simulación de Montecarlo se realizó con una estimación de 30 días.

Antes de la implementación, se generó ausencia de disponibilidad a causa de 5 retrasos por tráfico, 6 alta demanda y 3 pedidos perdidos, el número de horas extras generadas por

estas causas es de 22, acumula un costo adicional de \$660. En la siguiente figura se muestra la simulación de 7 de 30 días.

Fig. 11 Simulación TOC actual de 7 días.

DÍAS	ALEATORIO	PROVEEDORES	ALEATORIO	DISPONIBILIDAD DE PROVEEDORES	ALEATORIO	TIPO DE NO DISPONIBILIDAD	ALEATORIO	Horas extras	Costo por hora extra
1	0.1584	RVC	0.3908	DISPONIBLE	0.1835		0.1666	0	
2	0.4122	MAERKS	0.2160	DISPONIBLE	0.7339		0.9258	0	
3	0.0088	RVC	0.6427	DISPONIBLE	0.2560		0.2182	0	
4	0.0284	RVC	0.6902	DISPONIBLE	0.7967		0.8839	0	
5	0.9560	MEDLOG	0.3950	DISPONIBLE	0.3012		0.1504	0	
6	0.7684	MEDLOG	0.2038	DISPONIBLE	0.3443		0.1726	0	
7	0.8090	MEDLOG	0.8931	NO DISPONIBLE	0.5241	ALTA DEMANDA	0.6138	2	\$60.00

Después de la implementación se generó ausencia de disponibilidad a causa de 3 retrasos por tráfico, 2 alta demanda y 2 pedidos perdidos, el número de horas extras generadas por estas causas es de 10, lo cual acumula un costo adicional de \$300. En la siguiente figura se muestra la simulación de 7 de 30 días.

DÍAS	ALEATORIO	PROVEEDORES	ALEATORIO	DISPONIBILIDAD DE PROVEEDORES	ALEATORIO	TIPO DE NO DISPONIBILIDAD	ALEATORIO	Horas extras	Costo por hora extra
1	0.7640	MEDLOG	0.0534	DISPONIBLE	0.7886		0.9920	0	
2	0.2999	RVC	0.1086	DISPONIBLE	0.2764		0.8279	0	
3	0.1263	RVC	0.9553	NO DISPONIBLE	0.4732	ALTA DEMANDA	0.8615	2	\$60.00
4	0.9180	MEDLOG	0.6822	NO DISPONIBLE	0.3739	ALTA DEMANDA	0.8021	2	\$60.00
5	0.5417	MAERKS	0.4172	DISPONIBLE	0.1536		0.5988	0	
6	0.4467	MAERKS	0.7545	NO DISPONIBLE	0.2428	TRASO POR TRÁFICO	0.7619	2	\$60.00
7	0.0782	RVC	0.0488	DISPONIBLE	0.0657		0.6027	0	

Fig. 12 Simulación TOC mejorada de 7 días.

#### E. Análisis de indicadores después de las simulaciones

Una vez culminada la simulación en todas las problemáticas podemos identificar cuáles son las mejores en cada uno de los problemas planteados en la empresa Camposol, esto se ve reflejado con mayor claridad en la siguiente tabla.

TABLA IX  
INDICADORES FINALES

Problema	Indicador	Fórmula	Final	
			Valor	\$
1	N° Cajas perdidas por deterioro /mes	N° Cajas producidas - N° Cajas exportadas - N° Cajas con otros defectos	21	\$210.00
	N° Cajas perdidas perecibles/mes	N° Cajas producidas - N° Cajas exportadas - N° Cajas con otros defectos	7	\$70.00
2	N° Horas prolongadas1/ mes	N° Horas de transporte reales - N° Horas de transporte previstas	6	\$108.00
	N° Horas prolongadas2/ mes	N° Horas de transporte reales - N° Horas de transporte previstas	3	\$90.00
3	N° Guías erróneas/mes	N° Guías reales - N° Guías enviadas	2	\$120.00
	N° horas muertas/mes	N° Horas totales - N° Horas productivas	28	\$119.56
4	N° horas extras / mes	N° horas laboradas - N° horas por turno	10	\$300.00

La implementación de las herramientas MRP, Hoja de Rutas, 5S y TOC ha logrado una reducción significativa en la cadena de suministro. El MRP y el simulador redujeron el deterioro de productos terminados de 62 a 21 cajas al mes (66.13%) y los productos perecibles de 22 a 7 cajas al mes (68.18%). La Hoja de Rutas disminuyó los tiempos de espera en el transporte al almacén de 9 a 6 horas al mes (33.33%) y al puerto de 6 a 3 horas al mes (50%). La herramienta 5S redujo los errores en la digitación de documentos de 55 a 28 guías al mes (49.09%) y las horas muertas por reempaque de 55 a 28 horas al mes (49.09%). Finalmente, la TOC mejoró la

estabilidad en la cadena de suministro reduciendo las horas extras de 22 a 10 horas al mes (54.55%). Estas mejoras contribuyen a una mayor eficiencia operativa y a la reducción de costos asociados. La comparación entre los resultados de cada herramienta y sus indicadores muestra una clara evidencia de su efectividad, reflejada en una reducción de costos de \$1,503.50 en la problemática general. Esta reducción ha mejorado otros indicadores, sugiriendo que a largo plazo se podrá observar una mejora continua.

#### F. Evaluación económica

Se presenta el beneficio anual según los indicadores.

TABLA X  
BENEFICIO ANUAL TOTAL POR HERRAMIENTA

Herramienta	Problema	Beneficio Anual	Total
MRP y un simulador	Deterioro de productos terminados	\$4,920.00	\$6,720.00
	Productos terminados perecibles	\$1,800.00	
Hoja de rutas	Tiempos de espera prolongados en el transporte a almacén	\$648.00	\$1,728.00
	Tiempos de espera prolongados en el transporte a puerto	\$1,080.00	
5S	Retrasos en los envíos por digitación de documentos	\$2,160.00	\$3,543.48
	Retrasos en los envíos por reempaque	\$1,383.48	
TOC	Inestabilidad en la cadena de suministro	\$4,320.00	\$4,320.00

En la siguiente figura se observa la inversión total considerando su IGV del 18% para la implementación de todas las herramientas de mejora.

DESCRIPCIÓN	INVERSIÓN			DEPRECIACION / AMORTIZACIÓN		
	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL (\$)	VIDA UTIL (años)	TASA	VALOR (\$)
<b>MRP y un simulador</b>						
Especialista	2	3700.00	7400.00			
Software	1	4500.00	4500.00			
Impresiones	25	0.20	5.00			
<b>Hojas de Ruta</b>						
Especialista	3	4500.00	13500.00			
Hojas de control	50	0.20	10.00			
<b>5S</b>						
Especialista	2	3700.00	7400.00			
Compra de tarjetas rojas	50	3.50	175.00			
Etiquetas	50	2.00	100.00			
Impresiones	25	0.20	5.00			
<b>TOC</b>						
Especialista	3	5200.00	15600.00			
Proyector multimedia	1	400.00	400.00	10	10%	40
<b>TOTAL</b>			<b>\$49,095.00</b>			
<b>IGV</b>			<b>\$57,932.10</b>			

Fig. 13 Inversión

Para calcular la inversión, se recolectaron datos de la tabla de selección de alternativas, obteniendo la cantidad y precio de especialistas y software, así como de impresiones, hojas de control, tarjetas rojas, etiquetas y proyector multimedia. La inversión final fue de \$57,932.10, cumpliendo con la restricción económica de \$58,000.00. Con estos datos, se procedió a elaborar el estado de resultados, el flujo de caja y la comparativa entre ingresos y egresos a 5 años.

Ingresos	0	1	2	3	4	5
Beneficios herramienta 1		\$6,720.00	\$6,720.00	\$6,720.00	\$6,720.00	\$6,720.00
Beneficios herramienta 2		\$1,728.00	\$1,728.00	\$1,728.00	\$1,728.00	\$1,728.00
Beneficios herramienta 3		\$3,543.48	\$3,543.48	\$3,543.48	\$3,543.48	\$3,543.48
Beneficios herramienta 4		\$4,320.00	\$4,320.00	\$4,320.00	\$4,320.00	\$4,320.00
Total ingresos		\$16,311.48	\$16,311.48	\$16,311.48	\$16,311.48	\$16,311.48

Fig. 14 Ingresos.

Egresos	0	1	2	3	4	5
Inversión	\$57,932.10					
Capacitación		\$480.00	\$480.00	\$480.00	\$480.00	\$480.00
Costos operativos adicionales		\$600.00	\$600.00	\$600.00	\$600.00	\$600.00
Depreciación		\$40.00	\$40.00	\$40.00	\$40.00	\$40.00
Total egresos	\$57,932.10	\$1,120.00	\$1,120.00	\$1,120.00	\$1,120.00	\$1,120.00

Fig. 15 Egresos

Flujo	0	1	2	3	4	5
	-\$57,932.10	\$15,191.48	\$15,191.48	\$15,191.48	\$15,191.48	\$15,191.48

Fig. 16 Flujo de Caja

Finalmente, se determinó, VAN, TIR y B/C siendo los resultados de \$6,324.06, 10.99% y 1.10, respectivamente.

La tasa mínima de retorno que se consideró fue de 7%, debido a que se calculó la suma de la tasa de inflación y premio al riesgo. Se considera un premio al riesgo máximo del 3.82% que se justifica con las condiciones del mercado y la naturaleza del negocio [21]; además, la tasa de inflación se obtuvo utilizando la media geométrica de los datos históricos, siendo 3.18%. Con los resultados, nos indica que el plan de mejora es rentable para la agroindustrial. Además, se calculó la relación Costo-Beneficio (B/C) utilizando el VAN de ingresos y egresos, obteniendo un resultado de 1.10, lo que confirma que el plan de mejora es económicamente viable.

#### IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El primer problema fue el deterioro y obsolescencia de productos terminados y perecibles. Según la simulación de ProModel y MRP permite una comprensión más profunda de los flujos de trabajo y la identificación de cuellos de botella [2]. Además, ayuda a las empresas a mejorar su capacidad de respuesta a la demanda del mercado [3]. Asimismo, identifica áreas problemáticas y a probar soluciones potenciales [4].

El segundo problema fue el tiempo de espera prolongado en el almacén y transporte a puerto. Los resultados proporcionan una base sólida para la toma de decisiones estratégicas, mejorando significativamente la precisión y eficiencia de las hojas de ruta logísticas [12]. Esta metodología ayuda a las empresas a optimizar sus hojas de ruta logísticas, reduciendo costos y mejorando la eficiencia operativa [13].

El penúltimo problema fueron los retrasos en envíos debido a errores en la digitación de documentos y empaques. La implementación del método 5S ayudó a predecir y mitigar riesgos asociados [6]. También, se logró una mejora en el picking y packing [7].

Finalmente, la inestabilidad en la cadena de suministro se abordó con la implementación de la teoría de restricciones. Lo cual, permitió reducir el tiempo de cálculo y considerar un mayor número de opciones para esquemas [14]. Además, permite evaluar diferentes escenarios y mejorar la gestión de recursos [16].

#### V. CONCLUSIONES

Las conclusiones del proyecto resaltan la importancia de las herramientas para mejorar las operaciones empresariales. Metodologías como MRP y 5S, junto con simulaciones en ProModel y Monte Carlo, fueron cruciales para optimizar la

gestión de recursos y evaluar estratégicamente las operaciones sin interrumpir el trabajo.

MRP mejoró la planificación de recursos, asegurando la disponibilidad de materiales y reduciendo costos operativos. La metodología 5S aumentó la eficiencia al organizar el entorno de trabajo, disminuyendo tiempos de búsqueda. La Teoría de Restricciones (TOC) identificó y eliminó cuellos de botella, maximizando el flujo de trabajo sin gastos adicionales. Las simulaciones con ProModel permitieron modelar y analizar flujos de trabajo detalladamente, identificando problemas y evaluando soluciones antes de implementarlas. La simulación Monte Carlo proporcionó análisis bajo incertidumbre, permitiendo prever escenarios futuros y ajustar decisiones.

La mejor disponibilidad de materiales, reducción de tiempos de espera y aumento de productividad fueron directamente puntos importantes. Indirectamente, se logró mayor satisfacción del personal, mejoras en seguridad laboral y mayor competitividad gracias a mejores tiempos de entrega y satisfacción del cliente. Por ello se entendió también que la investigación contribuye al conocimiento en ingeniería y gestión operativa, demostrando cómo combinar herramientas avanzadas puede mejorar la eficiencia y reducir costos significativamente. Ofrece un enfoque práctico replicable en otras empresas, basado en herramientas como MRP, 5S, TOC y simulaciones.

Se establece un marco metodológico para análisis y mejora de procesos, destacando la integración de tecnología y simulaciones para tomar decisiones informadas. Promueve prácticas basadas en datos y evidencia, contribuyendo a un enfoque más científico en la gestión operativa. El estudio enfatiza la innovación tecnológica y la adaptabilidad en ingeniería. Ofrece un ejemplo tangible de cómo las empresas pueden evolucionar usando herramientas avanzadas para mejorar operaciones y mantener competitividad en un mercado dinámico.

En conclusión, el plan de mejora no solo optimizó la eficiencia y redujo costos en la empresa estudiada, sino que establece un modelo validado aplicable en otros contextos industriales. Refuerza la necesidad de adoptar tecnologías innovadoras y metodologías de mejora continua para asegurar el éxito operativo y financiero en ingeniería y gestión operativa.

#### REFERENCIAS

- [1] S. Arce, "Identificación de los principales problemas en la logística de Abastecimiento de las empresas constructoras bogotanas y Propuesta de mejoras", 2009. <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/9110/tesis189.pdf?seque>
- [2] F. Jiménez, et al, "Comparación por simulación de sistemas de manufactura tipo push y pull", Ciencia e Ingeniería Neogranadina, vol. 29, no. 1, pp.81-94. 2019. <https://doi.org/10.18359/rcin.3075>
- [3] J. Ablanedo, "Concepts of Production Management", OSCM 5308 May 18th, 2020. <https://digitalmeasures.utep.edu/ai/jablanedorosas2/schteach/Syllabus%20oscm%205308%20Summer%202020%20AMBA-1.pdf>
- [4] M. González and M. Medina, "Simulación y análisis de sistemas con ProModel", Academia.edu, 2015. [https://www.academia.edu/13078510/La\\_simuLaci%C3%B3n\\_de\\_procesos\\_industriaLes](https://www.academia.edu/13078510/La_simuLaci%C3%B3n_de_procesos_industriaLes)
- [5] D. Restrepo and J. Victoria, "Diseño de un modelo de simulación utilizando el software ProModel para programar la producción de alimentos concentrados de la empresa Itacol de Occidente Ltda", 2012. <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/server/api/core/bitstreams/b10a343c-ccf3-42b9-ab38-2a73ef0654e9/content>
- [6] H. Shukla and D. Kanchan, "Implementation of Kaizen and 5S in Plastic Pipe Manufacturing Unit", International Journal of Applied Science and Engineering, vol. 6, no. 1, pp. 15-24, 2019. <https://ndpublisher.in/admin/issues/IJASEV6N1b.pdf>
- [7] Y. Requena and E. Zúñiga, "Aplicación de técnicas lean para incrementar la eficiencia del sector agroindustrial", 2021. [https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/654908/RequenaI\\_Y.pdf?sequence=3](https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/654908/RequenaI_Y.pdf?sequence=3)
- [8] L. Peinshen, "Risk Assessment of Supply Chain Network Through Subset Simulation", Journal of Risk Analysis and Crisis Response, vol. 13, no. 2, pp. 45-58, 2023. <https://ebooks.iospress.nl/doi/10.3233/FAIA230757>
- [9] A. Križanová, et al., "Monte Carlo Cost Simulation in the Supply Chain in E-business", Naše more, vol. 60, no. 5-6, pp. 99-104, 2013. <https://hrcak.srce.hr/file/166286>
- [10] R. Gomez, et al. "Método costeo ABC con simulación de Monte Carlo en la logística en la cadena de suministro en la industria 4.0", 2020. [https://revistas.javeriana.edu.co/files-articulos/CC/21%20\(2020\)/151563103010/](https://revistas.javeriana.edu.co/files-articulos/CC/21%20(2020)/151563103010/)
- [11] E. Aguirre, et al. "Propuesta de Mejora en Logística y Producción según Balance de Líneas", Proceedings of LACCEI, vol. 12, no. 2, pp. 45-58. 2023. <https://www.iiis.org/CDs2023/CD2023Summer/papers/CA305VV.pdf>
- [12] E. Muhammed, "Optimization and Uncertainty Analysis in Transportation Logistics: A Monte Carlo Approach", Medium, 2023. <https://medium.com/@kagglefire/optimization-and-uncertainty-analysis-in-transportation-logistics-a-monte-carlo-approach-da36d2175547>
- [13] D. Dragan, et al., "Road Freight Transport Forecasting: A Fuzzy Monte-Carlo Simulation-Based Model Selection Approach", Gale. 2022. [https://www.researchgate.net/publication/360835694\\_Road\\_Freight\\_Transport\\_Forecasting\\_A\\_Fuzzy\\_Monte-Carlo\\_Simulation\\_Based\\_Model\\_Selection\\_Approach](https://www.researchgate.net/publication/360835694_Road_Freight_Transport_Forecasting_A_Fuzzy_Monte-Carlo_Simulation_Based_Model_Selection_Approach)
- [14] M. Koroteev, et al., "Optimization of food industry production using the Monte Carlo Simulation Method: a case study of a meat processing plant", Informatics, 2022. <https://doi.org/10.3390/informatics9010005>
- [15] M. Camacho, et al., "Aplicación de la teoría de restricciones en un proceso productivo", 2023. <https://reclamuc.com/index.php/RECIAMUC/article/view/1114/1729>
- [16] J. Rubio and J. Mussons, "Gestión de Proyectos Según Metodología Lean", Simulador, 2009. [https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/7490/SIMULAN\\_vF6.pdf](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/7490/SIMULAN_vF6.pdf)
- [17] L. Gutiérrez, et al., "METHODOLOGY TO DEFINE HYDROCARBON POTENTIAL IN a SHALE RESERVOIR BASED ON GEOCHEMICAL DATA AND WELL LOGS", 2019. <https://www.redalyc.org/journal/465/46570769001/html/>
- [18] J. Reis, "Exploring Applications and Practical Examples by Streamlining Material Requirements Planning (MRP) with Python", Logistics, vol. 7, no. 4, pp. 91, 2023. <https://doi.org/10.3390/logistics7040091>
- [19] E. Bermeo and J. Calderón, "Diseño de un modelo de optimización de rutas de transporte", El hombre y la máquina, no. 32, 2009. <https://www.redalyc.org/pdf/478/47811604005.pdf>
- [20] H. Fang, et al., "Supply Chain Management: A Review and Bibliometric Analysis", Processes, vol. 10, no. 9, pp. 1681, 2022. <https://doi.org/10.3390/pr10091681>  
A. Damodaran. "Equity Risk Premiums (ERP): Determinants, Estimation and Implications – The 2020 Edition". [https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=3550293](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3550293).