Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Ciencias Matemáticas
Escuela Profesional de Investigación Operativa

Minimización de costos de inventarios en la empresa San Miguel Industrias Pet S.A.C con algoritmo de programación lineal

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de Licenciado en Investigación Operativa

AUTOR

Jhon Lino ORELLANA OLLERO

ASESOR

Mg. Miky Gerónimo ORTIZ RAMÍREZ

Lima, Perú

2022



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Orellana, J. (2022). *Minimización de costos de inventarios en la empresa San Miguel Industrias Pet S.A.C con algoritmo de programación lineal.* [Trabajo de suficiencia profesional de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Matemáticas, Escuela Profesional de Investigación Operativa]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Jhon Lino Orellana Ollero
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	47078053
URL de ORCID	--
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Miky Gerónimo Ortiz Ramírez
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	25796803
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-8568-8881
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Gladys Giovanna Melgarejo Estremadoyro
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	25673529
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Luis Antonio Durand Romero
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	09516593
Datos de investigación	
Línea de investigación	A.3.3.1. Optimización Matemática

Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento.
Ubicación geográfica de la investigación	Universidad Nacional Mayor de San Marcos País: Perú Departamento: Lima Provincia: Lima Distrito: Lima Coordenadas geográficas Latitud: -12.058333 Longitud: -77.083333
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Julio de 2022
URL de disciplinas OCDE	Matemáticas aplicadas https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.01.02

Anexo 6

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL EN LA MODALIDAD VIRTUAL PARA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE LICENCIADO(A) EN INVESTIGACIÓN OPERATIVA

(PROGRAMA DE TITULACIÓN PROFESIONAL 2022-I)

En la Ciudad Universitaria, Facultad de Ciencias Matemáticas, siendo las 18:09 horas del día domingo 24 de julio del año 2022, se reunieron los docentes designados como Miembros del Jurado Evaluador del Trabajo de Suficiencia Profesional:

Lic. Gladys Giovanna Melgarejo Estremadoyro	(Presidente)
Mg. Luis Antonio Durand Romero	(Miembro)
Mg. Miky Gerónimo Ortiz Ramírez	(Miembro-Asesor)

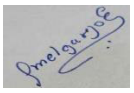
Para la sustentación del Trabajo de Suficiencia Profesional intitulada: MINIMIZACIÓN DE COSTOS DE INVENTARIOS EN LA EMPRESA SAN MIGUEL INDUSTRIAS PET S.A.C CON ALGORITMO DE PROGRAMACIÓN LINEAL, presentada por el señor Bachiller Orellana Ollero, Jhon Lino, para obtener el Título Profesional de Licenciado en Investigación Operativa.

Luego de la exposición del Trabajo de Suficiencia Profesional, el Presidente invitó al expositor a dar respuesta a las preguntas formuladas.

Realizada la evaluación correspondiente por los miembros del jurado, el expositor mereció la aprobación ***Aprobado con mención BUENO*** con un calificativo promedio de: Quince (15).

A continuación, los miembros del jurado dan manifiesto que el participante señor Bachiller Orellana Ollero, Jhon Lino, en virtud de haber aprobado la sustentación de su Trabajo de Suficiencia Profesional, será propuesto para que se le otorgue el Título Profesional de Licenciado en Investigación Operativa.

Siendo las 18:44 horas, se levantó la Sesión, firmando para constancia la presente Acta en tres (3) copias originales o archivo PDF.



PRESIDENTE
Lic. Gladys Giovanna Melgarejo Estremadoyro



MIEMBRO
Mg. Luis Antonio Durand Romero



MIEMBRO-ASESOR
Mg. Miky Gerónimo Ortiz Ramírez

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
Universidad del Perú. Decana de América
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INVESTIGACIÓN OPERATIVA

INFORME DE EVALUACIÓN DE ORIGINALIDAD

La Directora de la Escuela Profesional de Investigación Operativa, Mg. Carmela Catalina Velásquez Pino, informa lo siguiente:

1. Operador del programa informático de similitudes: Dr. Paulo Cesar Olivares Taipe
2. Documento evaluado:
   Minimización de costos de inventarios en la empresa SAN MIGUEL INDUSTRIAS PET S.A.C con algoritmo de Programación Lineal
3. Autor de la tesis: JHON LINO ORELLANA OLLERO
4. Fecha de recepción de la tesis: 23/03
5. Fecha de aplicación del programa informático de similitudes: 25/03
   - Software utilizado: Turnitin
6. Configuración del programa detector de similitudes:
   - Excluye textos entrecomillados
   - Excluye bibliografía
   - Excluye cadenas menores a 40 palabras
7. Porcentaje de similitudes según programa detector de similitudes:
8. Fuentes originales de las similitudes encontradas: 8%
   Fuentes de internet: 8%
   Publicaciones: 0%
9. Calificación de originalidad:
   - El documento mencionado cumple criterios de originalidad, sin observaciones

Lima, 25 de marzo 2023

UNMSM
Firmado digitalmente por VELASQUEZ PINO Carmela Catalina FAU 20148092282 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 27.03.2023 13:21:54 -05:00

Mg. Carmela Catalina Velásquez Pino
Directora

Dedico con todo mi corazón mi TSP a mi hermano Jhiner y a mis Padres, pues sin ellos no lo habría logrado. A mi esposa e hijos quienes son mi motivación e inspiración para superarme cada día.

RESUMEN

MINIMIZACIÓN DE COSTOS DE INVENTARIOS EN LA EMPRESA SAN MIGUEL INDUSTRIAS PET S.A.C CON ALGORITMO DE PROGRAMACIÓN LINEAL

JHON LINO ORELLANA OLLERO

Julio 2022

Título obtenido: Licenciado en Investigación Operativa

Mediante el presente proyecto de investigación se utiliza un algoritmo matemático de la investigación de operaciones, apoyado en un modelo de programación lineal, mediante el cual se propone una solución al problema con el control de los inventarios en la compañía, el modelo busca minimizar los costos totales de inventarios en el almacén de productos terminados del negocio de Tapas en la empresa San Miguel Industrias Pet.

Para ejecutar el algoritmo matemático se inicia con recopilar información referente al proceso productivo, analizar los productos con mayor volumen de producción, capacidad de las líneas de producción, así mismo se considera la información de la demanda y los costos por mantener inventarios, información necesaria para poder plantear el modelo de programación lineal con una función objetivo y sus restricciones. La ejecución de este modelo permitirá obtener la cantidad optima a producir, inventario a mantener, cantidad de unidades faltantes todo ello con el objetivo de minimizar el costo total de inventarios en un horizonte de planeación de 5 meses que dura la campaña de verano. Para resolver el modelo de programación lineal se utiliza el software Lingo®.

Palabras clave: Horizonte de planeación, inventarios, algoritmo, optimizar, programación lineal.

ABSTRACT

MINIMIZATION OF INVENTORY COSTS IN THE COMPANY SAN MIGUEL INDUSTRIAS PET S.A.C WITH LINEAR PROGRAMMING ALGORITHM

JHON LINO ORELLANA OLLERO

July 2022

Graduate: Operations Reseach

Through this research project, a mathematical algorithm of operations research is used, supported by a linear programming model, through which a solution to the problem with the control of inventories in the company is proposed, the model seeks to minimize costs total inventories in the finished products warehouse of the Lids business of the company San Miguel Industrias Pet.

To execute the mathematical algorithm, it begins with collecting information regarding the production process, analyzing the products with the highest volume of production, capacity of the production lines, as well as information on demand and costs for maintaining inventories, information necessary for be able to propose the linear programming model with an objective function and its restrictions. The execution of this model will allow obtaining the optimal quantity to produce, inventory to maintain, number of missing units, all with the objective of minimizing the total cost of inventories in a planning horizon of 5 months that lasts the summer campaign. To execute the linear programming model, the Lingo® software is used.

Keywords: Planning horizon, inventories, algorithm, optimize, linear programming.

INDICE

I. INTRODUCCIÓN 1
II. INFORMACIÓN DEL LUGAR DONDE SE DESARROLLÓ LA ACTIVIDAD 3
II.1 Institución donde se desarrolló la actividad 3
III. DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD 4
III.1 Organización de la actividad 4
III.1.1 Descripción de la empresa 4
III.2. Finalidad de la actividad 5
III.3. Objetivos de la actividad 5
III.4. Problemática 6
III.5. Formulación del problema 11
III.6. Metodología y procedimientos 12
III.6.1. Tipo de investigación 12
III.6.2. Nivel o Alcance 12
III.6.3. Diseño de Investigación 12
III.6.4. Delimitación 13
III.6.5. Justificación 13
III.6.6. Técnicas para la recolección de datos 15
III.6.7. Herramientas informáticas utilizadas para el análisis de datos 15
III.6.8. Procedimientos 15
III.7. Resultados de la actividad 17
III.7.1. Recopilación y procesamiento de datos 17
III.7.2. Pronóstico de Demanda 19
III.7.3. Costo de mantener inventario 20
III.7.4. Costo por escasez de inventario 22
III.7.5. Definición de la Capacidad productiva 23
III.7.6. Modelo de programación lineal para obtener el costo total mínimo de inventarios 23
IV. CONCLUSIONES 35
IV.1 Discusión 35
V. RECOMENDACIONES 37
VI. BIBLIOGRAFÍA 38
VII. ANEXOS E ILUSTRACIONES 39

I. INTRODUCCIÓN

El manejo de inventarios en los almacenes es muy común en las empresas, sin embargo, existe una gran diferencia entre tener inventario y controlar el inventario. Se mantienen inventarios por dos razones: por razones de economía y por razones de seguridad según (Baily, 1982). (1)

Además, la decisión respecto a cuanto inventario mantener en un periodo de tiempo es importante, por lo que es crucial administrarlos aplicando modelos científicos que permitan gestionar de manera óptima y permita reducir los costos. En la actualidad la mayor parte de las empresas en los países industrializados utilizan técnicas y modelos específicos de la investigación de operaciones según (Devoto & Vidal, 2003). (2)

Winston (1994), propone un problema de programación lineal aplicado al manejo de inventarios donde se plantea minimizar la función de costos, con el objetivo de determinar políticas de inventarios optimas.

El objetivo de esta investigación se orienta a minimizar los costos de inventarios de productos terminados en San Miguel Industrias Pet, empresa dedicada a la producción y comercialización de envases pet, entre ellos se destacan las tapas. El principal problema se presenta en la planificación de la producción, debido a que no se cuenta con una política solida de inventarios y por ende genera que estos no sean controlados generando elevados costos de inventarios para la compañía.

Se utilizará la programación lineal como un modelo de optimización, la cual es una opción innovadora poco utilizada en la actualidad por las empresas peruanas, el

modelo que se planea utilizar se basa en una función objetivo que abarca los costos por mantener inventarios, y restricciones que limitan el modelo.

El presente trabajo de investigación desarrollado comprende 7 capítulos:

Primer capítulo, la introducción, se muestra el rubro de la empresa, la importancia del estudio, el objetivo del proyecto, la situación problemática y el aporte para la empresa.

Segundo capitulo, se detalla la información de la empresa donde se desarrolló el proyecto de investigación.

Tercer capítulo, Se describe la actividad de la empresa, se da a conocer la situación problemática, se presenta los objetivos, metodología, finalidad, justificación y resultados del proyecto.

Cuarto capitulo, En conclusiones se menciona la metodología y la síntesis de resultados.

Quinto capítulo, presenta las recomendaciones que se da a la empresa en base a los resultados obtenidos del proyecto de investigación.

Sexto capitulo, bibliografía.

Séptimo capitulo, anexos e ilustraciones se evidencia la información empleada en la investigación

II. INFORMACIÓN DEL LUGAR DONDE SE DESARROLLÓ LA ACTIVIDAD

II.1 Institución donde se desarrolló la actividad

- **Nombre:** San miguel industrias pet
- **Razón Social:** San miguel industrias pet SA
- **RUC:** 20513320915
- **Duración de la actividad:** abril 2022 – junio 2022

Misión:

"Proveer de soluciones de empaque que permitan a nuestros clientes entregar sus productos en óptimas condiciones, con un portafolio flexible de bienes y servicios y personal altamente capacitado".

Visión:

"Ser el líder indiscutible en la producción y comercialización de envases pet en la Región Andina, Argentina, Chile, Centro América y el Caribe".

- **Dirección postal:** Av. Materiales Nro. 2354 (Alt Cdra 25 Argentina)
- **Página web:** http://www.smi.com.pe
- **Correo electrónico:** rcaballero@smi.com.pe

III. DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD

III.1 Organización de la actividad

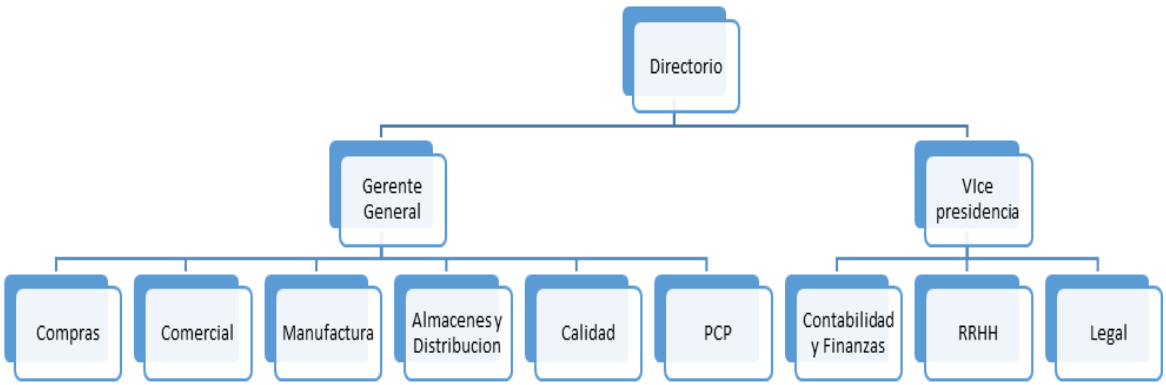
III.1.1 Descripción de la empresa

La empresa San Miguel Industrias Pet con 27 años en el mercado es una empresa perteneciente al grupo Intercorp operando en 14 países en América Latina con ingresos de más de $700 MM al año, siendo lideres indiscutibles en producción y comercialización de envases rígidos y reciclados.

Cuenta con unidades de negocios como: Tapas, Preformas, Botellas, Laminas, Termoformados y Reciclado, que abastecen a diversos mercados como refrescos, Home care, frutas Etc.

Figura 1

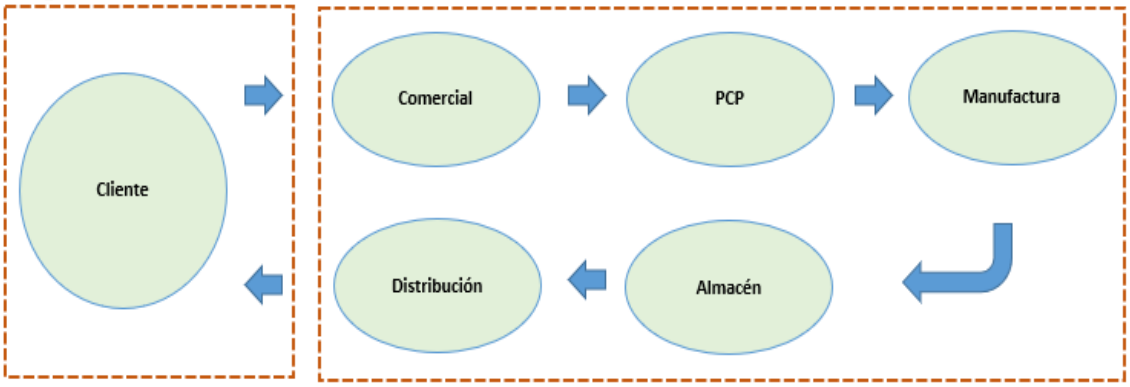
Estructura organizacional de SMI



Nota: Elaboración SMI Pet

Figura 2

Flujo de IN & OUT de la Empresa



Nota: Elaboración propia

III.2. Finalidad de la actividad

La finalidad de la presente investigación es exponer una propuesta de optimización de costos de inventarios, tomando como muestra las líneas de producción de la tapa CSD8 de la empresa SMI mediante uso de programación lineal.

III.3. Objetivos de la actividad

Objetivo General

El objetivo principal es minimizar los costos de inventarios generados en las líneas de producción de Tapas CSD8 en la empresa SMI, utilizando programación lineal.

Objetivos específicos

- Determinar el costo de mantener inventarios de la tapa CSD8 en almacén de Productos terminados de la empresa SMI.

- Determinar la cantidad optima a producir en las líneas de producción de tapas CSD8 en la empresa SMI.
- Determinar el costo por desabastecimiento en cada periodo de horizonte de planeación de tapas CSD8 en SMI.

III.4. Problemática

Cuando hablamos de gestión de inventarios en la actualidad nos referimos a un elemento crítico en la cadena de suministros de una empresa. Los costos que se incurren al no realizar una buena gestión de inventarios conllevan a las empresas a tener menos márgenes de utilidad en las ventas y muchas veces perdida por obsolescencia de productos o por daños que pudiesen sufrir al tener altos niveles de inventarios.

SMI Pet, es una empresa que se dedica a la producción de envases rígidos (Tapas, Termoformados, Laminas, Preformas, Botellas y Reciclado) con presencia en Latinoamérica, teniendo su sede principal en Perú (Pet, 2016).

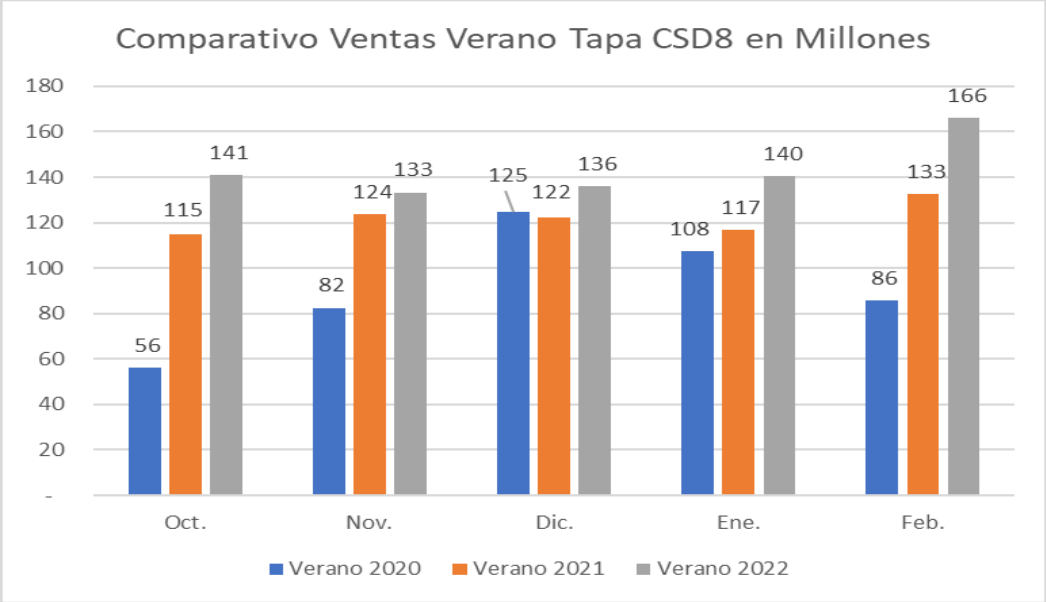
La planificación de la producción en la UEN Tapas depende del tipo de mercado al que va dirigido (Exportacion, Intercompany, Contratos, Farmacias, Otros Local), en total se producen 22 tipos de tapas fabricadas en las diferentes 19 líneas de producción. Esta planificación se realiza según proyección de demanda y capacidad en cada línea de producción.

La empresa, históricamente tiene una tasa de crecimiento anual del 20%, sin embargo, debido al incremento de nuevos clientes contratos principalmente de tapas CSD8 se estima incrementar esa tasa de crecimiento al 25% en la campaña de verano 2023 (Ver Figura 3). La empresa no cuenta con una buena planificación de la producción, por lo que ha generado que se tengan almacenados productos con lenta

rotación, y productos con sobre cobertura, aun teniendo una demanda inferior a la capacidad de producción.

Figura 3

Comparativo de ventas en campaña de verano de tapa CSD8



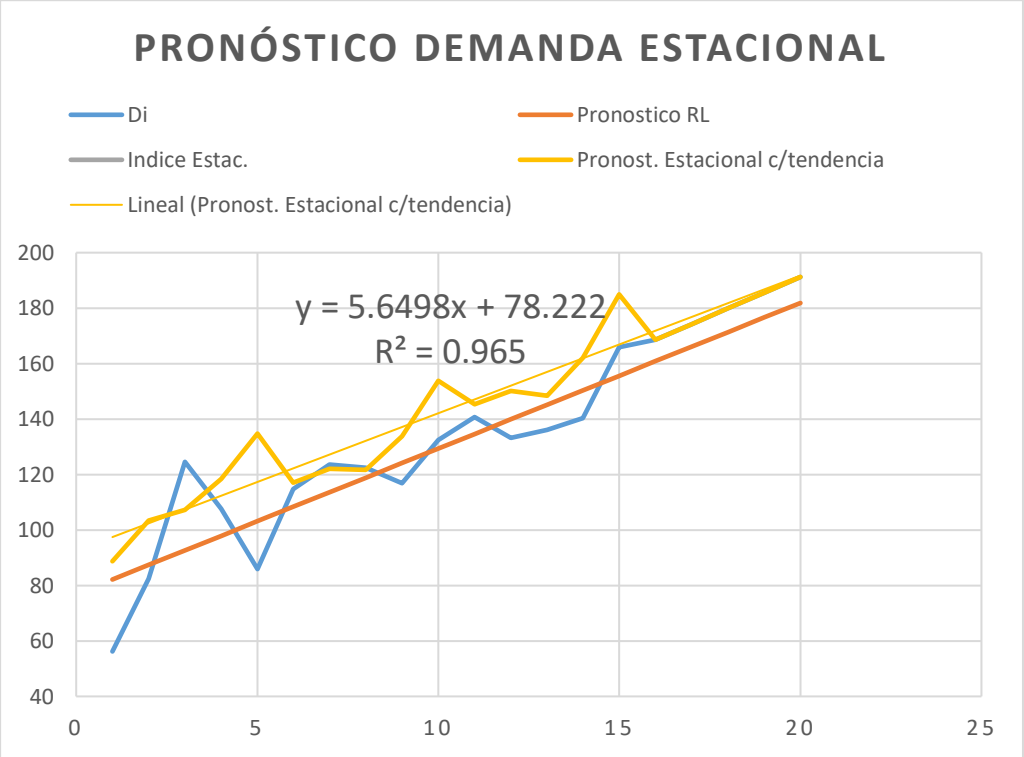
Nota: Elaboración propia

Utilizando la demanda de las campañas de verano 2020, 2021 y 2022 de las tapas CSD8, se determinó mediante el modelo estacional con tendencia, el pronóstico de demanda de la campaña de verano 2023 de tapas CSD8 ver Tabla 2.

Realizando un análisis vertical de la demanda en las campañas de verano 2022 vs 2023 se observa un incremento en la demanda del 25% respecto al 2022, esto se ve reflejado en el incremento de volumen de producción que a su vez debido a la mala gestión de los inventarios elevan los volúmenes de estos y esto se refleja en altos costos de inventarios.

Figura 4

Pronóstico de demanda Tapas CSD8 en campaña de verano 2023 utilizando regresión con ajuste estacional.



Nota: Elaboración propia.

Tabla 1

Información estadística, considerando el coeficiente de determinación y error típico.

Estadística: Pronóstico Demanda Estacional	
Ecuación de Pronóstico	y = 5.6498x + 78.222
Coef. de Determinación	R^2 = 0.965
Error Típico Sxy	32.68

Nota: Elaboración propia.

Tabla 2

Pronóstico de Demanda campaña verano 2023 (Millones de Tapas CSD8).

Periodo (k)	Campaña	Mes	Di
1	Verano 2020	Oct	56
2		Nov	82
3		Dic	125
4		Ene	108
5		Feb	86
6	Verano 2021	Oct	115
7		Nov	124
8		Dic	122
9		Ene	117
10		Feb	133
11	Verano 2022	Oct	141
12		Nov	133
13		Dic	136
14		Ene	140
15		Feb	166
16	Verano 2023	Oct	169
17		Nov	174
18		Dic	180
19		Ene	186
20		Feb	191

Nota: Elaboración propia.

Los datos a continuación se obtuvieron de la información histórica de la compañía de la campaña de verano pasada, que servirá para comparar con el resultado que se obtenga al ejecutar el modelo de programación lineal, ver Tabla 3.

Tabla 3

Costo de Mantener Inventario, Cantidad de producción y Costo por desabastecer tapas CSD8.

Periodo (k)	Campaña	Mes	Costo Mantener Inv. ($)	Cant. Producción (MM)	Costo unitario por desabastecer ($/MM)	Costo del producto $	Costo total de Inventario $
11	Verano 2022	Oct	$164,275	236	$3,500	$1,493,408	$1,657,683
12		Nov	$151,745	115	$3,500	$729,682	$881,427
13		Dic	$183,765	182	$3,500	$1,151,833	$1,335,599
14		Ene	$184,024	121	$3,500	$829,034	$1,013,058
15		Feb	$190,033	174	$3,500	$1,187,385	$1,377,418

Nota: Elaboración propia.

Tabla 4

Cuadro comparativo de costo de mantener inventario, cantidad de producción y costo por desabastecer en campañas de verano 2020, 2021, 2022 y 2023 de tapas CSD8.

Comparativo	Costo Mantener Inv. ($)	Cant. Producción (MM)	Costo Desabastecer ($)	% Costo Mantener Inv.	% Cant. Producción	% Costo Desabastecer
Verano 21 vs 20	$90,848	121	$25,033	23%	23%	
Verano 22 vs 21	$81,216	108	$243,059	17%	17%	971%
Verano 23 vs 22	$45,189	184	$641,598	8%	25%	239%

Nota: Elaboración propia

Figura 5

Imagen de tapa CSD8 con incremento de demanda en campaña de verano 2023



CSD8 (1881)

Nota: Elaboración propia

III.5. Formulación del problema

Declarativo

Al no planificar la producción tomando en cuenta la capacidad de almacenamiento y al no tener políticas de stock de seguridad, ocasiona que se tengan que incurrir costos elevados por altos inventarios.

Pregunta principal

¿Cuál es el costo mínimo de inventarios generados en las líneas de producción de Tapas CSD8 de la empresa SMI, utilizando PL?

Preguntas específicas

- ¿Cuál es el costo de mantener inventarios de tapa CSD8 en almacén de Productos terminados en SMI?
- ¿Cuál es la cantidad optima a producir en las líneas de producción de tapas CSD8 en SMI?

- ¿Cuál es el costo por desabastecimiento en cada periodo de horizonte de planeación de tapas CSD8 en SMI?

III.6. Metodología y procedimientos

III.6.1. Tipo de investigación

La presente investigación es básica porque propone a la empresa SMI Pet optimizar los costos Inventarios según la ejecución de un modelo de Programación Lineal. Según Ñaupas H. M., 2013, (págs. 69-70).

III.6.2. Nivel o Alcance

La presente investigación es de nivel descriptiva, porque se han definido ciertas variables sobre las cuales fundamentar el estudio, que finalizan en una propuesta de Optimización. Según Hernández Sampieri y otros (págs. 92-98, 2014).

III.6.3. Diseño de Investigación

El diseño de esta investigación es transeccional por que los datos analizados fueron tomados en un solo tiempo (Liu, 2008 y Tucker, 2004), y el estudio es descriptivo ya que se describe el comportamiento de las variables en un periodo establecido. Según Hernández Sampieri y otros (págs. 154-156, 2014).

III.6.4. Delimitación

- Los datos históricos recolectados y analizados corresponden a las campañas de verano 2020, 2021 y 2022
- Para el estudio se consideran 4 Líneas de producción de tapa CSD8.

III.6.5. Justificación

La finalidad de este estudio es ofrecer una propuesta de optimización para la empresa San Miguel Industrias Pet que le permita minimizar los costos de inventarios mediante el uso de programación lineal.

- **Relevancia social**

Esta investigación se justifica por el uso de la programación lineal como instrumento de la investigación operativa en la problemática de la empresa en estudio, con la finalidad de optimizar los costos de inventarios produciendo cantidades optimas, con políticas de inventario de seguridad optimas que permitan abastecer a los clientes contrato de manera ininterrumpida evitando roturas de stock y todo esto conlleve a mejorar el nivel de servicio con sus clientes.

- **Implicancias prácticas**

La investigación presenta una propuesta de optimización de costos de inventarios según su proyección de demanda para el verano 2023, la empresa encomendará analizar, evaluar y ejecutar la propuesta.

- **Valor teórico**

Esta investigación puede servir como referencia para futuras investigaciones en casos similares, donde se plantean propuestas de optimización utilizando la programación lineal.

- **Utilidad metodológica**

Para esta investigación se utilizó el ERP SAP para la recopilación de datos y la herramienta Excel para el análisis de estos. Adicional a ello se utilizó el software Lingo para resolver el modelo de PL.

- **Viabilidad o factibilidad**

La recolección de los datos fue a través del ERP SAP reporte de demanda histórica “ZPPR013SMI” el cual fue facilitado con autorización de la gerencia de ventas, el reporte de máquinas en Excel fue facilitado por la gerencia de producción y la información de valor monetario facilitado por la gerencia de costos.

III.6.6. Técnicas para la recolección de datos

Las técnicas para la recolección de datos son:

- Descargar los datos registrados en el ERP SAP.
- Observación de los procesos operacionales.
- Entrevista personal a la gerencia de ventas, producción y contabilidad para obtener la información necesaria para el proyecto.

III.6.7. Herramientas informáticas utilizadas para el análisis de datos

- Para la recopilación de los datos se utiliza el ERP SAP y Microsoft Excel.
- Para el análisis de los datos se utiliza la herramienta Microsoft Excel.
- Mediante el software Lingo® se ejecutó el modelo de optimización con programación lineal.

III.6.8. Procedimientos

La información es obtenida mediante la aplicación de técnicas de recolección de datos, así como las observaciones a los procesos operativos, la revisión de datos registrados en el ERP de la empresa y entrevista a al personal encargado de cada área relacionados con los inventarios; por otro lado, también se requerirá información bibliográfica enfocada al control de inventarios.

Para la realización de esta investigación se desarrollaron los siguientes pasos:

III.6.8.1. Recopilación de información

1. Se solicitó autorización a RRHH de la empresa SMI Pet para realizar la investigación.
2. Se realizo la visita en las áreas involucradas para observar los procesos productivos y de almacenamiento.
3. Entrevista con las gerencias relacionadas con los inventarios, para conocer la problemática del área y el impacto en la empresa.
4. Se descargó la información solicitada del ERP de la empresa.

III.6.8.2. Procesamiento y análisis de datos

Luego de la recopilación de información se realizan los siguientes pasos:

1. Se revisa la información obtenida.
2. Se realiza el análisis estadístico de los datos de forma apropiada.
3. Formular alternativas de solución al estudio planteado.
4. Observación e interpretación para los resultados.

III.6.8.3. Desarrollo del modelo de programación lineal

1. Reconocimiento de los procesos productivos realizados en SMI Pet.
2. Obtención del detalle de Skus y líneas de producción.
3. Análisis de la demanda.
4. Calcular todos los costos referentes a los inventarios.
5. Determinar la capacidad de línea de producción.
6. Definición de variables del modelo.
7. Definir la función objetivo del modelo.
8. Definición de restricciones del modelo.

9. Aplicación del modelo de PL.
10. Ejecución del software Lingo® para la solución del modelo de PL planteado.
11. Análisis de los resultados.
12. Conclusión

III.7. Resultados de la actividad

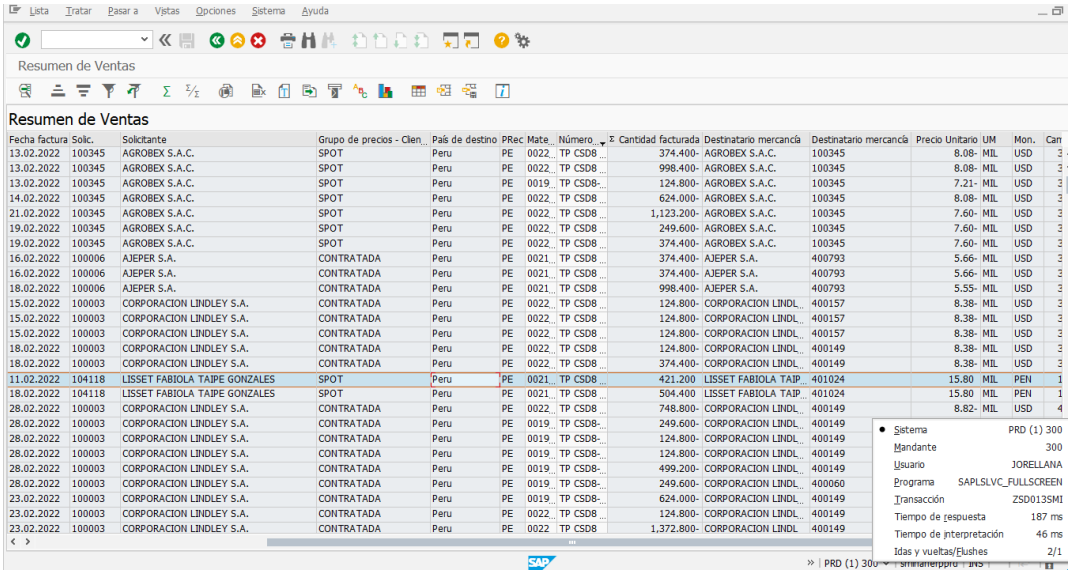
III.7.1. Recopilación y procesamiento de datos

Todos los datos se obtuvieron mediante el ERP de la compañía, el reporte de ventas de las campañas de verano 2020, 2021 y 2022, haciendo un total de 1,783 millones de tapas vendidas, considerando que cada campaña se considera de octubre a febrero.

En las entrevistas realizadas con la Gerencia de Producción, Contabilidad y Comercial de tapas de la empresa SMI Pet, se obtuvo información respecto a los procesos productivos, capacidad de líneas de producción, costos de producción, costos unitarios, reporte de ventas, precios unitarios y tasa de almacenamiento.

Figura 6

Reporte de ventas ERP SAP de la empresa SMI Pet.



Nota: Fuente SMI Pet

Tabla 5

Resumen de ventas de tapas CSD8 - ERP SAP de la empresa SMI Pet.

Periodo (k)	Campaña	Mes	Venta (MM)
1	Verano 2020	Oct	56
2		Nov	82
3		Dic	125
4		Ene	108
5		Feb	86
6	Verano 2021	Oct	115
7		Nov	124
8		Dic	122
9		Ene	117
10		Feb	133
11	Verano 2022	Oct	141
12		Nov	133
13		Dic	136
14		Ene	140
15		Feb	166

Nota: Elaboración propia

Tabla 6

Capacidad de líneas de producción de Tapas.

Compresión e Inyeccion de tapas						Nominal		Real	Nominal		Real		
Linea	Tipo Linea	Tipo de Tapa	Cav	Piezas	TPM	Mill/día	Eficiencia	Millar/día	Mill/mes	Eficiencia	Mill/mes	Peso (gr)	Comentarios
L1	Compresion	BU32S	32	2	450	648,000	70%	453,600	19440	70%	13,608	2.9	Tapa Larga (antigua) - Proceso (WIP)
L2	Compresion	BU32S	32	2	250	360,000	70%	252,000	10800	70%	7,560	2.9	Tapa Larga (antigua) - Proceso (WIP)
CORLAI01	Corte-Lainado	BU32S	-	2	700	1,008,000	70%	705,600	30240	70%	21,168	3.15	Corta dobla y Laina Tapas de L1 y L2
L3	Compresion	AB1881-1	32	2	921	1,326,240	70%	928,368	39787.2	70%	27,851	2.6	Tapa Corta (antigua) - Proceso complet
L4	Compresion	PG283	32	2	500	720,000	70%	504,000	21600	70%	15,120	2.9	Tapa Larga - Proceso Completo
L17	Compresion	PG283	32	2	500	720,000	70%	504,000	21600	85%	18,360	2.9	Tapa Larga - Proceso Completo
L5	Inyeccion	Flexseal	96	1	1200	1,728,000	30%	518,400	51840	30%	15,552	2.6	Tapa Corta
L6	Inyeccion	SportCap	32	1	600	864,000	30%	259,200	25920	30%	7,776	2.9	Tapa Chupon
L7	Compresion	CSD6	32	1	500	720,000	85%	612,000	21600	85%	18,360	2.45	Tapa Corta - Proceso Completo
L15	Compresion	CSD6	32	1	500	720,000	60%	432,000	21600	60%	12,960	2.45	Tapa Corta - Proceso Completo
L12	Compresion	CSD6	64	1	1100	1,584,000	75%	1,188,000	47520	75%	35,640	2.45	Tapa Corta - Proceso Completo
L14	Compresion	CSD6	64	1	1100	1,584,000	80%	1,267,200	47520	65%	30,888	2.45	Tapa Corta - Proceso Completo
L8	Compresion	2925	48	1	1600	2,304,000	70%	1,612,800	69120	85%	58,752	1.35	Tapa Corta - Proceso Completo
L8	Compresion	CAF-1	48	1	1600	2,304,000	85%	1,958,400	69120	85%	58,752	1.81	Tapa Corta - Proceso Completo
L9	Compresion	CSD8	48	1	1340	1,929,600	80%	1,543,680	57888	85%	49,205	2.15	Tapa Corta - Proceso Completo
L10	Compresion	CSD8	48	1	1340	1,929,600	85%	1,640,160	57888	85%	49,205	2.15	Tapa Corta - Proceso Completo
L18	Compresion	CSD8	48	1	1340	1,929,600	90%	1,736,640	57888	85%	49,205	2.15	Tapa Corta - Proceso Completo
L19	Compresion	CSD8	48	1	1340	1,929,600	90%	1,736,640	57888	85%	49,205	2.15	Tapa Corta - Proceso Completo
L11	Compresion	Alaska	24	1	550	792,000	70%	554,400	23760	70%	16,632	1.33	Tapa Corta - Proceso Completo
L13	Compresion	Alaska	64	1	1000	1,440,000	70%	1,008,000	43200	70%	30,240	1.33	Tapa Corta - Proceso Completo
L13	Compresion	HF (Hot Fill)	64	1	950	1,368,000	70%	957,600	41040	70%	28,728	2.5	Tapa Corta - Proceso Completo
L16	Compresion	A36D	32	1	600	864,000	70%	604,800	25920	70%	18,144	2.5	Tapa Corta - Proceso Completo

Nota: Fuente SMI Pet

III.7.2. Pronóstico de Demanda

Con la data histórica brindada por la empresa se consideró necesario realizar un pronóstico de regresión con ajuste estacional de la demanda ver Figura 4 y Tabla 7 ya que esto ayuda a obtener los niveles adecuados de inventarios y por ende a optimizar los costos de estos.

Tabla 7

Pronóstico de regresión lineal con ajuste estacional para Demanda de Tapas CSD8 en campaña de verano 2023

Periodo (k)	Campaña	Mes*Año	Demanda
1	Verano 2023	Oct-22	169
2		Nov-22	174
3		Dic-22	180
4		Ene-23	186
5		Feb-23	191

Nota: Elaboración propia

III.7.3. Costo de mantener inventario

Estos costos son asociados a resguardar inventario en un periodo considerado, para los cuales consideramos costos variables como la cantidad y el tiempo de almacenamiento por otra parte los costos fijos para los cuales se consideran los costos por obsolescencia, costos de operación, infraestructura e inversión. Se utiliza la siguiente ecuación para el cálculo del costo de mantener inventario (CM):

$$CM = \frac{Q}{2} xTxCuxI \qquad (1)$$

Donde,

Q = cantidad de producto almacenado en el periodo.

T = Tiempo que un producto permanece en la bodega.

Cu = Precio unitario.

I = Tasa de almacenamiento.

La tasa de almacenamiento se considera como el costo fijo de almacenamiento y es la suma de todos los factores y se expresa en porcentaje ver Tabla 8.

Tabla 8

Porcentaje de tasa de almacenamiento.

Costos Fijos	valor del inventario en %
Costos de infraestructura (renta o depreciación de la Nave, mantenimiento)	5%
Costo de operación (renta del equipo, energía, mano de obra)	7%
Costo de inversión (costos de préstamos, impuestos y seguro)	6%
Costo por obsolescencia (daños, mala manipulación, Vigencia)	4%
Tasa de almacenamiento total	**22%**

Nota: Fuente SMI Pet

En la Tabla 9, se muestra los datos de inventario final y el costo unitario (Cu = 1millon de tapas) de la tapa CSD8 en cada periodo de la campaña de verano 2022.

Tabla 9

Inventario al final de cada periodo de Tapa CSD8.

Periodo (k)	Campaña	Mes	Stk Final (MM)	Costo Unitario ($/MM)	Total $
11	Verano 2022	Oct	236	$6,328	$1,493,408
12		Nov	218	$6,328	$1,379,504
13		Dic	264	$6,328	$1,670,592
14		Ene	245	$6,828	$1,672,947
15		Feb	253	$6,828	$1,727,573

Nota: Elaboración propia

Contando ya con todos los datos se procede a reemplazar en la ecuación 1 y se calcula el valor del costo de mantener inventario (CM) en cada mes ver Tabla 10.

Tabla 10

Costo de almacenamiento mensual de tapas CSD8

Periodo (k)	Campaña	Mes	Stk Final (MM)	Cobertura (Mes)	Costo Unitario ($/MM)	Tasa de Alm.	Costo Mantener Inv. ($)	Costo de mantener una unidad ($/MM)
11	Verano 2022	Oct	236	1	$6,328	0.22	$164,275	$696
12		Nov	218	1	$6,328	0.22	$151,745	$696
13		Dic	264	1	$6,328	0.22	$183,765	$696
14		Ene	245	1	$6,828	0.22	$184,024	$751
15		Feb	253	1	$6,828	0.22	$190,033	$751

Nota: Elaboración propia

III.7.4. Costo por escasez de inventario

El costo por escasez de inventario está definido por el contrato que se tiene con los clientes que demandan la tapa CSD8, debido a que si no se abastece según lo programado el cliente desecha el jarabe de las bebidas y se le cobra la penalidad a la empresa SMI pet y es el que se muestra en Tabla 11.

Tabla 11

Costo por desabastecimiento de tapas CSD8.

Tipo de material	Costo unitario por desabastecer ($/MM)
Tapa CSD8	$3,500

Nota: Fuente SMI Pet

III.7.5. Definición de la Capacidad productiva

La capacidad de producción está definida por la suma de capacidades de las 4 líneas de producción según su eficiencia operativa, donde ya se considera el tiempo por mantenimiento preventivo y correctivos en cada periodo, Ver tabla 12.

Tabla 12

Capacidad de líneas de producción tipo de tapa CSD8.

Linea	Tipo Linea	Tipo de Tapa	Cav	Piezas	TPM	Millar/día	Mill/mes	Eficiencia	Mill/mes	Cap. Mes (MM)
L9	Compresion	CSD8	48	1	1340	1,544	57,888	80%	46,310	46
L10	Compresion	CSD8	48	1	1340	1,544	57,888	85%	49,205	49
L18	Compresion	CSD8	48	1	1340	1,544	57,888	90%	52,099	52
L19	Compresion	CSD8	48	1	1340	1,544	57,888	90%	52,099	52
Capacidad total de produccion Lineas CSD8/Mes										**200**

Nota: Fuente SMI Pet

III.7.6. Modelo de programación lineal para obtener el costo total mínimo de inventarios

A continuación, se presenta un modelo de programación lineal tomando como referencia el planteado por Ponsot y Márquez, con la finalidad de minimizar los costos de inventarios de tapa CSD8 en almacén de productos terminados

Primeramente, se han realizado cálculos para conseguir los datos más importantes para plantear el modelo, tales como:

- Costos que tienen que ver con los inventarios.
- Capacidad de producción.
- Demanda.

- Inventario inicial.

También, se sabe que el modelo abarca múltiples periodos donde las variables son lineales. A continuación, se presenta la definición de los elementos que comprende el modelo para el tipo de tapa CSD8, el cual es el que representa el mayor impacto en el costo total de inventario de la empresa.

En seguida se presenta el modelo de programación lineal:

III.7.6.1. Definición de las variables de decisión

A través de las variables de decisión se logran los objetivos del proyecto. Para el modelo de programación lineal, se determina la función objetivo el cual está orientado en minimizar los costos de inventario en función de la producción, para ello se presentan tres variables de decisión:

- Xi = Cantidad de tapas CSD8 producidas en el i-ésimo período.
- Yi = Cantidad de tapas CSD8 en stock al final del i-ésimo período.
- Zi = Cantidad de tapas CSD8 no satisfechas en el i-ésimo período.

En la tabla 13, se describen las variables que engloban el modelo de programación lineal.

Tabla 13

Cuadro de variables de decisión

Variable	detalle
k	Cantidad de períodos: cuantía de períodos en el cual está dividido el horizonte de planeación de manera que se ejecute el modelo, k =5.
xi	Cantidad de tapas manufacturadas en i-ésimo período, i = 1,...,k.
yi	Cantidad de tapas en stock al final del i-ésimo período, i= 1,...,k.
zi	Cantidad de tapas no satisfechas en el i-ésimo período, i =1,...,k.
di	Cantidad de tapas vendidas en el i-ésimo período, i =1,...,k.
yo	Nivel del inventario al inicio del período 1.
L	Capacidad máxima de producción de tapas en cualquier período.
C1	Costo unitario de la tapa.
C2	Costo unitario por mantener inventario.
C3	Costo unitario por insuficiencia o escasez.

Nota: Elaboración Ponsot y Márquez

III.7.6.2. Planteamiento de función objetivo

La función objetivo para el modelo de programación lineal planteado es minimizar los costos de inventarios en almacén de productos terminados para el tipo de tapa CSD8; para ello se enfoca en reducir los costos que influyen en los inventarios y son los siguientes:

1. Cu del producto
2. Cu de mantener inventario
3. Cu por escasez.

Si se logra disminuir en lo posible la adición de los costos mencionados, se llega reducir el costo total del inventario.

La función objetivo quedaría de la siguiente manera:

$$C_t = C_1 \sum_{i=1}^{k} X_i + C_2 \sum_{i=1}^{k} Y_i + C_3 \sum_{i=1}^{k} Z_i$$

III.7.6.3. Planteamiento de las restricciones

Nivel de inventario

Nos referimos a la cantidad de inventario que se debe tener al final de cada periodo. Este se obtiene al sumar el inventario inicial de ese periodo con la producción del mismo periodo menos la venta en el mismo.

La restricción queda de la siguiente manera:

$$y_i - \sum_{j=1}^{i} x_j - z_i = y_0 - \sum_{j=1}^{i} d_j$$

$$i = 1, \ldots, k$$

Capacidad máxima de manufactura

Es importante considerar esta restricción porque existe una capacidad máxima de producción en cada periodo.

$$x_i \leq L$$

$$i = 1, \ldots, k$$

Unidades no satisfechas

Para evitar que existan unidades no satisfechas cada período, es importante considerar la siguiente restricción:

$$z_i = 0$$

$$i = 1, \dots, k$$

Por último, es indispensable considerar las restricciones de no negatividad a las variables, y se representa de la siguiente manera:

$$x_i, y_i, z_i \geq 0$$

$$i = 1, \dots, k$$

III.7.6.4. Resumen de la formulación del modelo

Se formula el siguiente modelo de programación lineal con el objetivo de Minimizar los costos de inventarios (en forma algebraica):

$$C_t = C_1 \sum_{i=1}^{k} X_i + C_2 \sum_{i=1}^{k} Y_i + C_3 \sum_{i=1}^{k} Z_i$$

Sujeto a:

$$y_i - {}_{j=1}^{i}x_j - z_i = y_0 - {}_{j=1}^{i}d_j$$

$$x \leq L$$

$$z_i = 0$$

$$x_i, y_i, z_i \geq 0$$

Ya determinado el modelo se procede en aplicar al producto terminado en estudio, y se resuelve el modelo utilizando el software Lingo®.

La información necesaria para la ejecución del modelo se muestra en la tabla 14, donde se presenta la demanda, capacidad de producción, costos unitarios del producto, costos unitarios por mantener y costos unitarios por faltantes en cada horizonte de planeación verano 2023.

Tabla 14

Datos para el modelo de programación lineal de Tapa CSD8.

Periodo (k)	Campaña	Mes*Año	Demanda	Li	C1i ($/Periodo)	C2i ($/Periodo)	C3i ($/Periodo)
1	Verano 2023	Oct-22	169	200	$6,328	$696	$3,500
2		Nov-22	174	200	$6,328	$696	$3,500
3		Dic-22	180	200	$6,328	$696	$3,500
4		Ene-23	186	200	$6,828	$751	$3,500
5		Feb-23	191	200	$6,828	$751	$3,500

Nota: Elaboración propia

Enseguida, se ingresan los datos del modelo de PL en el Software Lingo®.

Al resolver los datos en el software Lingo®, se observan los siguientes resultados:

```
model:
title MODELO DE PROGRAMACION LINEAL PARA MINIMIZAR LOS COSTOS DE INVENTARIOS;

min=6328*X1+6328*X2+6328*X3+6828*X4+6828*X5+696*Y1+696*Y2
+696*Y3+751*Y4+751*Y5+3500*Z1+3500*Z2+3500*Z3+3500*Z4+3500*Z5; !Funciòn Objetivo;

y1-x1-z1=84;      !Restricciòn de nivel de inventario;
y2-x2-z2=y1-174;
y3-x3-z3=y2-180;
y4-x4-z4=y3-186;
y5-x5-z5=y4-191;

x1<200;x2<200; x3<200; x4<200; x5<200;     !Restricciòn de capacidad de producciòn;

z1=0; z2=0; z3=0; z4=0; z5=0;             !Restricciòn de faltante de unidades en inventario;

z1>0; z2>0; z3>0; z4>0; z5>0;             !Restricciòn de no negatividad;

x1>0; x2>0; x3>0; x4>0; x5>0;

y1>0; y2>0; y3>0; y4>0; y5>0;
```

```
Global optimal solution found.
Objective value:                              4341180.
Infeasibilities:                              0.000000
Total solver iterations:                             7
Elapsed runtime seconds:                          0.14
```

```
Model Title: MODELO DE PROGRAMACION LINEAL PARA MINIMIZAR LOS COSTOS DE INVENTARIOS

                            Variable           Value        Reduced Cost
                                  X1        0.000000            696.0000
                                  X2        90.00000            0.000000
                                  X3        180.0000            0.000000
                                  X4        186.0000            0.000000
                                  X5        191.0000            0.000000
                                  Y1        84.00000            0.000000
                                  Y2        0.000000            696.0000
                                  Y3        0.000000            196.0000
                                  Y4        0.000000            751.0000
                                  Y5        0.000000            7579.000
                                  Z1        0.000000            0.000000
                                  Z2        0.000000            0.000000
                                  Z3        0.000000            0.000000
                                  Z4        0.000000            0.000000
                                  Z5        0.000000            0.000000
```

A continuación, se explican los resultados obtenidos del Lingo:

Objetive Value: Indica el costo total mínimo de inventario. El software da como resultado $4,341,180 y este es el costo mínimo de inventario.

Value: Indica el valor que debe tener cada variable para que el costo total sea el mínimo. A continuación, se presenta un ejemplo:

Variable	Value	Reduced Cost
X1	0.000000	696.0000
X2	90.00000	0.000000
X3	180.0000	0.000000

Para el mes 1, no será necesario producir (X1), el stock inicial es suficiente para bastecer la demanda.

Para el mes 2, se deberá producir 90 MM de tapas CSD8, para cubrir la demanda.

Para el mes 3, se deberá producir 180 MM de tapas CSD8, para cubrir la demanda.

Reduced Cost: Es la cantidad que debe cambiar el coeficiente de una variable de la función objetivo para que la solución óptima tenga un valor positivo, en el caso del modelo planteado no es necesario realizar ningún cambio en los coeficientes, ya que nuestras variables no tienen un valor negativo.

La tabla 15, muestra la solución óptima adquirida a través del modelo de programación lineal para la tapa CSD8.

Tabla 15

Valores óptimos mediante el software Lingo® para la tapa CSD8.

Xi (MM)	Yi (MM)	Zi (MM)
0	84	0
90	0	0
180	0	0
186	0	0
191	0	0

Nota: Elaboración propia

A continuación, se analizan los resultados respecto a los datos históricos de la campaña 2022. Los datos de las cantidades a comparar fueron tomados de la Tabla 3.

Tabla 16

Comparativo de cantidad a producir en cada periodo de tapa CSD8.

Periodo (k)	Oct 2021 - Feb 2022 (MM)	Oct 2022 - Feb 2023 (MM)
1	236	0
2	115	90
3	182	180
4	121	186
5	174	191
∑	**829**	**647**

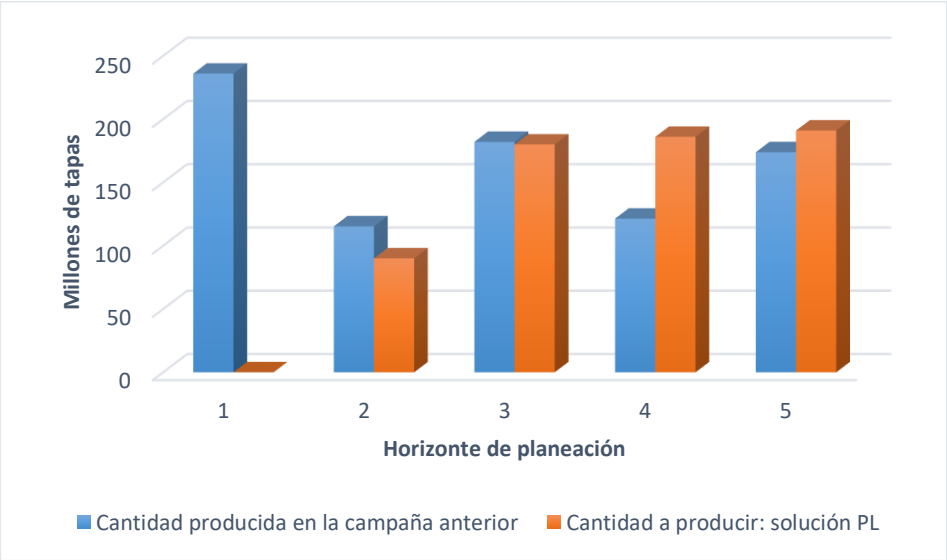
Nota: Elaboración propia

Del análisis de la Tabla 16, se observa gráficamente como la cantidad a producir se reduce al inicio del periodo debido a que el inventario inicial cubre la demanda, y en los siguientes periodos se estabiliza la cantidad a producir,

representando al final un volumen de inventario inferior respecto a la campaña anterior, Ver figura 7.

Figura 7

Comparativo de cantidad a producir en cada periodo de tapa CSD8.



Nota: Elaboración propia.

Se realiza también un comparativo del inventario a mantener al final de cada periodo en el horizonte de planeación, respecto al volumen de inventario que se mantenía en la campaña anterior ver Tabla 17.

Tabla 17

Comparativo de inventario al final de cada periodo de tapa CSD8.

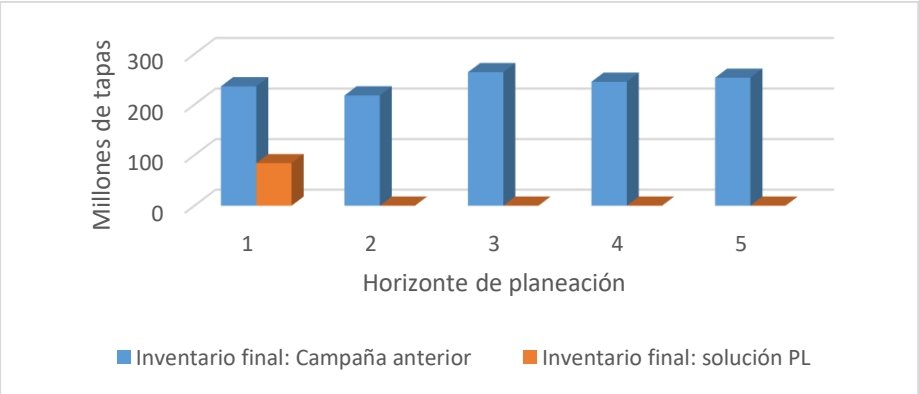
Periodo (k)	Oct 2021 - Feb 2022 (MM)	Oct 2022 - Feb 2023 (MM)
1	236	84
2	218	0
3	264	0
4	245	0
5	253	0
∑	**1216**	**84**

Nota: Elaboración propia.

Del análisis de la Tabla 17, se observa gráficamente como el inventario al final de cada periodo se ve totalmente reducido en comparación a la campaña anterior es decir que solo se mantiene lo necesario, la demanda es inferior a la capacidad de producción por ende se cubre la demanda sin necesidad de tener inventario de seguridad ver figura 8.

Figura 8

Comparativo de inventario al final de cada periodo de tapa CSD8.

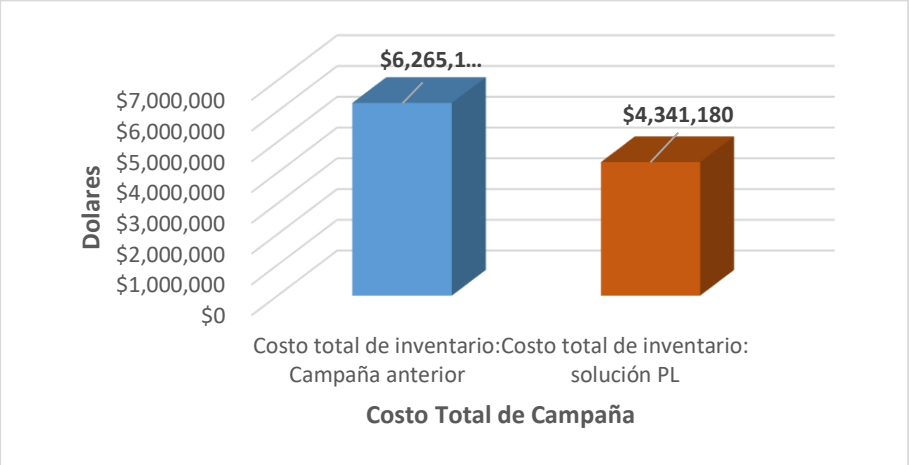


Nota: Elaboración propia.

Los costos totales de inventarios incluyen el costo del producto, costo de mantener inventario e inclusive al desabastecer de inventario en cada periodo, se presenta el análisis de los costos totales de la campaña anterior y los valores de la función objetivo. Los datos de la campaña anterior fueron tomados de la Tabla 3.

Figura 9

Comparativo del costo total de inventario de campaña de verano de tapa CSD8.



Nota: Elaboración propia.

A continuación, se muestra la eficiencia del modelo de programación lineal.

$$\% \text{ Eficiencia } = \frac{Costo\ total\ inv.campaña\ 2022 - \ Costo\ total\ inv.solución\ PL}{Costo\ total\ inventario\ campaña\ 2022} x100$$

$$\% \ Eficiencia_{TpCSD8} = \frac{\$6{,}265{,}185 - \$4{,}341{,}180}{\$6{,}265{,}185} x100 = 30.71\%$$

Con los resultados de la Eficiencia calculada podemos afirmar que el modelo muestra cantidades óptimas.

IV. CONCLUSIONES

Con el modelo de programación lineal planteado se determinó las cantidades optimas a producir, en base a minimizar el costo total de inventario de $4,341,180 en comparación a la campaña 2022 que presenta un costo total de inventario de $6,265,185 según el modelo que aplica la empresa, generando así un ahorro de $1,924,005 a la compañía en campaña de verano.

El modelo presenta una mejora del 30.71% en relación con el modelo de inventarios empleado por la empresa para la campaña 2022.

Las cantidades necesarias para producir están en función de la demanda, es decir que solo se tiene inventario cuando se requiera; las unidades faltantes en inventario ocurren cuando la demanda proyectada es superior a la producción, en estos casos es necesario mantener inventario de seguridad, para evitar desabastecimiento y que estos generen costos por desabastecer, en este caso no es necesario el inventario de seguridad, a menos que la demanda varié por un caso fortuito de los clientes, en este caso tendría que realizar otro estudio.

IV.1 Discusión

Validez interna

Los resultados obtenidos al ejecutar el modelo de programación lineal son confiables por que se realizó una validación de la información obtenida por la empresa y análisis estadístico de la demanda proyectada con error típico y coeficiente de determinación aceptables.

Integración

Este modelo de programación lineal es similar al presentado por Ponsot y Marquez, para realizar control de inventario, ya que en ambos casos el objetivo es minimizar los costos de inventarios.

V. RECOMENDACIONES

Al finalizar la investigación se recomienda a la empresa San Miguel Industrias Pet lo siguiente:

Se recomienda utilizar este modelo de programación lineal para armar el programa de producción, aplicando el modelo para los demás productos no analizados.

Se recomienda, definir una política solida de inventarios, que permita tomar mejores decisiones a la hora de planificar la producción.

Implementar el indicador diario de cumplimiento de venta, respecto a la demanda enviada, para garantizar que se produzca lo necesario, según se avance de las ventas.

VI. BIBLIOGRAFÍA

(1) Peter J. H. Baily, Administración de compras y abastecimientos, Segunda ed. México: Compañía Editorial Continental, 1982.

(2) Renzo Devoto Ratto and Eduardo Ruiz Vidal, Programación lineal para administración, Primera ed. Valparaíso, Chile: Ediciones universitarias de Valparaíso, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, 2003.

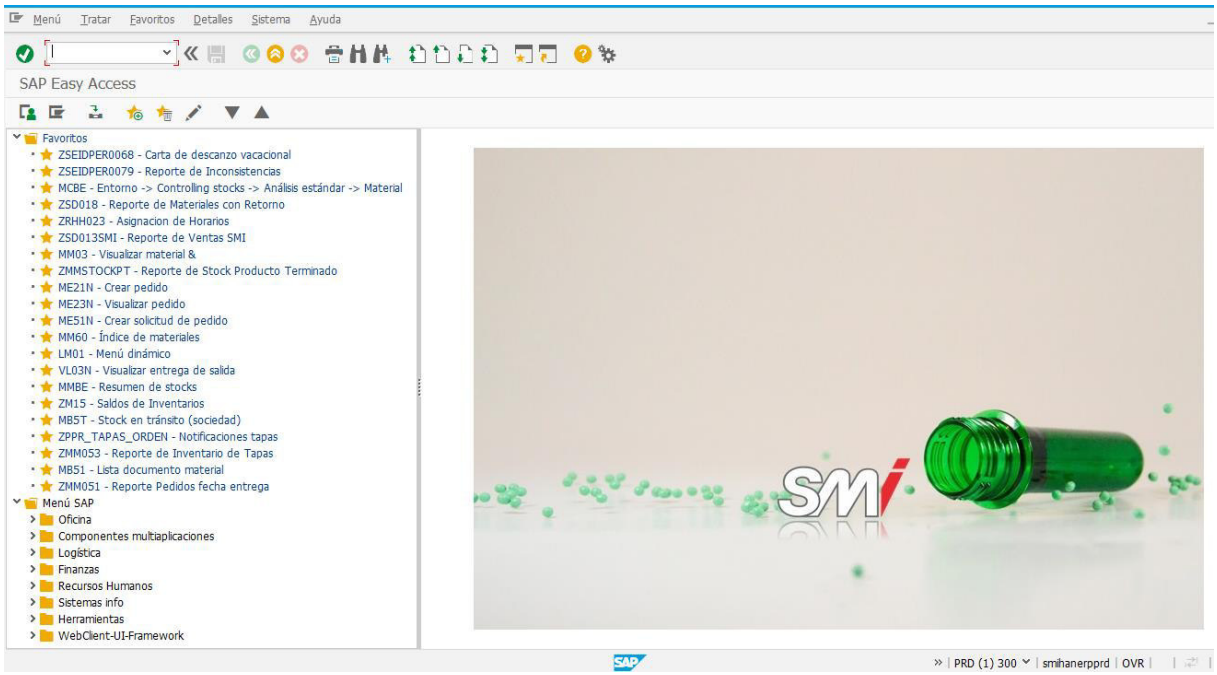
Santiago Sanchez, "Control de inventarios mediante programación lineal en la empresa la Fortaleza cía. ltda." Ambato – Ecuador, 2015.

Norman Gaither y Greg Frazier, Administración de producción y operaciones, Octava edición, Texas 2003.

VII. ANEXOS E ILUSTRACIONES

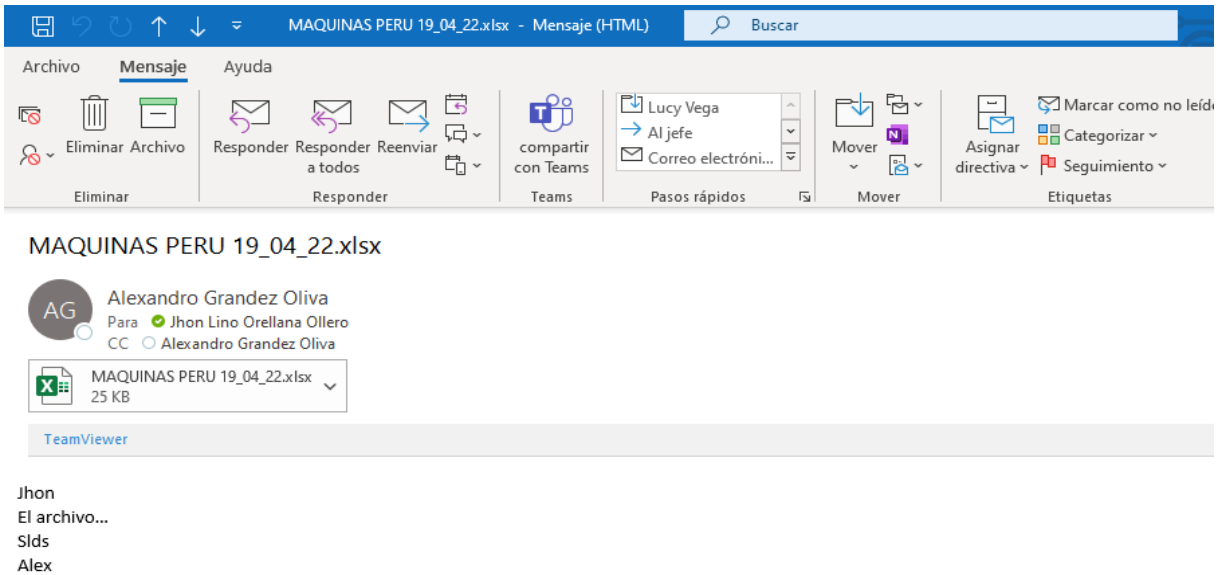
Anexo N°01

Sistema ERP SAP utilizado para descarga de información.



Anexo N°02

Información otorgada por la empresa.



Anexo N°03

Pronóstico de demanda Horizonte de planeación verano 2023.

Periodo (k)	Campaña	Mes	Di	Pronostico RL	Indice Estac.	Pronost. Estacional c/tendencia
1	Verano 2020	Oct	56	82	1.08	89
2		Nov	82	87	1.18	103
3		Dic	125	93	1.16	107
4		Ene	108	98	1.21	118
5		Feb	86	103	1.31	135
6	Verano 2021	Oct	115	108	1.08	117
7		Nov	124	114	1.07	122
8		Dic	122	119	1.02	122
9		Ene	117	124	1.08	134
10		Feb	133	129	1.19	154
11	Verano 2022	Oct	141	135	1.08	145
12		Nov	133	140	1.07	150
13		Dic	136	145	1.02	148
14		Ene	140	150	1.08	162
15		Feb	166	156	1.19	185
16	Verano 2023	Oct	169	161	1.08	169
17		Nov	174	166	1.07	174
18		Dic	180	171	1.02	180
19		Ene	186	177	1.08	186
20		Feb	191	182	1.19	191

Anexo N°04

Maestro de líneas de producción.

Compresión e Inyeccion de tapas						Nominal		Real	Nominal		Real	
Linea	Tipo Linea	Tipo de Tapa	Cav	Piezas	TPM	Mill/día	Eficiencia	Millar/día	Mill/mes	Eficiencia	Mill/mes	Peso (gr)
L1	Compresion	BU32S	32	2	450	648,000	70%	453,600	19440	70%	13,608	2.9
L2	Compresion	BU32S	32	2	250	360,000	70%	252,000	10800	70%	7,560	2.9
CORLAI01	Corte-Lainado	BU32S	-	2	700	1,008,000	70%	705,600	30240	70%	21,168	3.15
L3	Compresion	AB1881-1	32	2	921	1,326,240	70%	928,368	39787.2	70%	27,851	2.6
L4	Compresion	PG283	32	2	500	720,000	70%	504,000	21600	70%	15,120	2.9
L17	Compresion	PG283	32	2	500	720,000	70%	504,000	21600	85%	18,360	2.9
L5	Inyeccion	Flexseal	96	1	1200	1,728,000	30%	518,400	51840	30%	15,552	2.6
L6	Inyeccion	SportCap	32	1	600	864,000	30%	259,200	25920	30%	7,776	2.9
L7	Compresion	CSD6	32	1	500	720,000	85%	612,000	21600	85%	18,360	2.45
L15	Compresion	CSD6	32	1	500	720,000	60%	432,000	21600	60%	12,960	2.45
L12	Compresion	CSD6	64	1	1100	1,584,000	75%	1,188,000	47520	75%	35,640	2.45
L14	Compresion	CSD6	64	1	1100	1,584,000	80%	1,267,200	47520	65%	30,888	2.45
L8	Compresion	2925	48	1	1600	2,304,000	70%	1,612,800	69120	85%	58,752	1.35
L8	Compresion	CAF-1	48	1	1600	2,304,000	85%	1,958,400	69120	85%	58,752	1.81
L9	Compresion	CSD8	48	1	1340	1,929,600	80%	1,543,680	57888	85%	49,205	2.15
L10	Compresion	CSD8	48	1	1340	1,929,600	85%	1,640,160	57888	85%	49,205	2.15
L18	Compresion	CSD8	48	1	1340	1,929,600	90%	1,736,640	57888	85%	49,205	2.15
L19	Compresion	CSD8	48	1	1340	1,929,600	90%	1,736,640	57888	85%	49,205	2.15
L11	Compresion	Alaska	24	1	550	792,000	70%	554,400	23760	70%	16,632	1.33
L13	Compresion	Alaska	64	1	1000	1,440,000	70%	1,008,000	43200	70%	30,240	1.33
L13	Compresion	HF (Hot Fill)	64	1	950	1,368,000	70%	957,600	41040	70%	28,728	2.5
L16	Compresion	A36D	32	1	600	864,000	70%	604,800	25920	70%	18,144	2.5