

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICAS

“Asignación eficiente de espacios de exhibición y surtido óptimo de categorías de productos en una cadena de tiendas minoristas.”

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero(a) en Logística y Transporte

Presentado por:

Arguello Escudero Santiago Efraín

Coello García Angie Milenna

Tutorados por:

PhD. Suárez Hernández Carlos Aníbal

Guayaquil - Ecuador

Año: 2023

DEDICATORIA

Dedico todo mi esfuerzo y sacrificio a mis abuelitos: Clara Azucena, José Marcelino, María Antonieta y Clemente Juan, por todo el amor brindado, por las lecciones de vida, por siempre acompañarme y protegerme en cada paso. Esto es por y para ustedes, los amo con todo mi corazón.

Angie Coello García

Dedico este proyecto a mi abuelito Ramón, por su apoyo incondicional y las veces que me llevó y esperó en la universidad. A mi abuelita Martha, por tener siempre la comida lista. A mis padres Efraín y Doris, a quienes agradezco su constante respaldo. A mis hermanos Sebastián y María Emilia, motivándolos a seguir sus objetivos. A mi novia Debby, por su apoyo inquebrantable y escucha constante.

Santiago Arguello Escudero

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por permitirme compartir este logro con mis grandes amores; a mis padres Juan y Gina, por ser mi pilar fundamental, por amarme, ser mi soporte y aconsejarme siempre; a mis hermanos Emily y Juan Pablo, por ser mi motor e impulsarme a ser mi mejor versión. Agradezco a mi tutor por su valioso tiempo y guía; a mis distinguidos docentes por los conocimientos impartidos. A mi pareja Misa, por su apoyo incondicional, cariño y compañía.

Angie Coello García

Agradezco a mi tutor y profesores por su orientación y enseñanzas que han enriquecido este proyecto. Un agradecimiento especial a mis padres, quienes no solo me brindaron educación, sino también inculcaron valores fundamentales que han guiado mi trayectoria académica.

Santiago Arguello Escudero

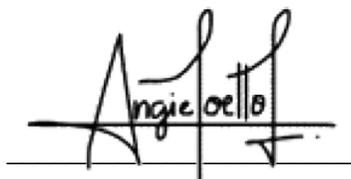
DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; SANTIAGO EFRAÍN ARGUELLO ESCUDERO y ANGIE MILENNA COELLO GARCÍA damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”.



Autor 1:

Santiago E. Arguello Escudero



Autor 2:

Angie M. Coello García

EVALUADORES

MSc. Carlos A. Ronquillo

PhD Carlos A. Suárez

RESUMEN

Este proyecto aborda la asignación eficiente de espacios de exhibición y la definición de surtidos óptimos en tiendas minoristas, cruciales para la experiencia del consumidor. Se introduce un modelo innovador basado en la técnica especializada de optimización Bi-level, considerando la demanda, acuerdos comerciales y tipos de exhibidores. Este enfoque, respaldado por análisis de datos y revisión literaria, busca evitar decisiones subjetivas al agregar objetividad al proceso de toma de decisiones, al considerar variables de nivel superior e inferior de manera equitativa.

Durante el desarrollo del proyecto, se examinaron aspectos como demanda, capacidad de exhibición y acuerdos con proveedores para asignar espacios de manera efectiva, evitando la influencia de factores subjetivos. Esta metodología busca mejorar las ventas, reducir costos, satisfacer al cliente y promover productos sostenibles.

En cuanto a los resultados, el análisis demuestra eficacia en la asignación de espacios, con mejoras notables en el Retorno de Inversión (ROI). Se presentaron dos modelos: uno basado en retorno histórico de inversión y otro en la demanda histórica, ambos impactando positivamente en la rentabilidad y optimización de recursos.

Las conclusiones generales resaltan la contribución a la gestión minorista y la ventaja competitiva obtenida mediante la implementación de los modelos propuestos. Se recomienda establecer estándares y utilizar herramientas de optimización para mejorar la satisfacción del cliente y fomentar el consumo responsable.

Palabras clave: *asignación de espacios, surtido óptimo, rentabilidad minorista, optimización de recursos, optimización Bi-level.*

ABSTRACT

This project addresses the efficient allocation of display spaces and the definition of optimal assortments in retail stores, crucial for the consumer experience. We introduce an innovative model based on the specialized Bi-level optimization technique, considering demand, trade agreements, and display types. This approach, supported by data analysis and literature review, aims to avoid subjective decisions by adding objectivity to the decision-making process, fairly considering both upper and lower-level variables.

Throughout the project's development, key aspects such as demand, display capacity, and agreements with suppliers were examined to allocate spaces effectively, steering clear of subjective influences. This methodology seeks to enhance sales, reduce costs, satisfy customers, and promote sustainable products.

Regarding results, the analysis demonstrates the effectiveness of space allocation, with notable improvements in Return on Investment (ROI). Two models were presented: one based on historical investment returns and another on historical demand, both positively impacting profitability and resource optimization.

General conclusions emphasize the contribution to retail management and the competitive advantage gained through the implementation of the proposed models. It is recommended to establish standards and use optimization tools to enhance customer satisfaction and encourage responsible consumption.

Keywords: *space allocation, optimal assortment, retail profitability, resource optimization, Bi-level optimization.*

Índice General

Capítulo 1.....	10
1. Introducción.....	10
1.1. Definición del problema	12
1.2. Justificación del problema	13
1.3. Alcance del proyecto.....	15
1.4. Objetivos.....	16
1.4.1. <i>Objetivo general</i>	16
1.4.2. <i>Objetivos específicos</i>	16
1.5. Marco teórico.....	17
1.5.1. <i>Marco conceptual</i>	17
1.5.1.1. Minoristas	17
1.5.1.2. Asignación de espacios.....	17
1.5.1.3. Planificación de surtido	17
1.5.1.4. Exhibidores.....	18
1.5.1.5. Planificación del espacio en las estanterías	18
1.5.1.6. Determinación de categorías	18
1.5.1.7. Folio.....	18
1.5.1.8. Sector.....	19
1.5.1.9. Sección.....	19

1.5.1.10. Categoría.....	19
1.5.1.11. Subcategoría	19
1.5.1.12. Producto.....	19
1.5.2. <i>Estado del arte</i>	20
1.5.2.1. Análisis de la bibliografía.....	20
Capítulo 2.....	24
2. Metodología.....	24
2.1. Técnicas de investigación	24
2.1.1. <i>Levantamiento de información</i>	24
2.1.2. <i>Recopilación de los datos</i>	24
2.2. Análisis de la información levantada: Situación actual	25
2.3. Descripción de los modelos	26
2.3.1. <i>Modelo de asignación eficiente de espacios de exhibición</i>	26
2.3.2. <i>Modelo de surtido óptimo de categorías de productos</i>	29
2.4. Uso de software.....	32
2.4.1. <i>Python</i>	32
2.4.2. <i>Spyder</i>	33
2.4.3. <i>Pulp</i>	33
2.5. Consideraciones legales y éticas.....	35
2.6. Fases del proyecto.....	36

2.7. Cronograma de trabajo.....	38
Capítulo 3.....	39
3. Análisis de resultados	39
3.1. Análisis del modelo 1.....	39
3.2. Análisis del modelo 2.....	42
3.3. Análisis de la rentabilidad.....	43
3.4. Especificaciones del prototipo	44
3.5. Diseño del prototipo.....	45
3.6. Propuesta de valor.....	46
Capítulo 4.....	47
4. Conclusiones y Recomendaciones.....	47
4.1. Conclusiones.....	47
4.2. Recomendaciones	48
Referencias.....	49

Capítulo 1

1. Introducción

Las tiendas minoristas se encuentran en un entorno competitivo, donde los proveedores con el objetivo de maximizar sus ventas adquieren espacios adicionales en tiendas minoristas para exhibir sus productos. En un mundo en constante evolución, donde la tecnología, la competencia y las preferencias del consumidor cambian rápidamente, las estrategias para lograr este objetivo son fundamentales. Una de las estrategias claves en este contexto es la asignación efectiva de espacios para la exhibición de productos considerando las categorías definidas por los proveedores.

La asignación de espacios para exhibir productos de proveedores es un proceso complejo que involucra una variedad de consideraciones estratégicas, logísticas y de marketing. Además, la toma de decisiones en este ámbito no solo afecta la rentabilidad de la tienda minorista, sino que también influye en las expectativas de los proveedores y, en última instancia, en la experiencia de compra del consumidor.

El presente trabajo de investigación propone un modelo de asignación que permite definir eficientemente los espacios acordados con los proveedores en las tiendas. Este modelo se diseñó teniendo en cuenta factores como demanda de productos, cantidad de espacios adquiridos bajo acuerdos comerciales y tipos de exhibidores. El proyecto tiene como finalidad determinar en qué tiendas minoristas se deben ubicar los espacios y qué categorías de productos se van a exhibir en los mismos. A fin de proveer a la empresa una herramienta de optimización eficiente para la asignación de espacios en una cadena de tiendas minoristas, ya que actualmente se realiza de manera empírica.

Para alcanzar este objetivo, se realizaron investigaciones exhaustivas, análisis de datos y estudios de casos presentes en la literatura de optimización aplicada. La información recopilada permitió desarrollar un enfoque práctico y aplicable contribuyendo a la toma de decisiones con respecto a la asignación de espacios. Este modelo ofrece a las tiendas minoristas una herramienta valiosa para optimizar sus operaciones.

El desarrollo e implementación de este modelo representan un aporte significativo al campo de la gestión minorista y proporciona a las empresas una ventaja competitiva en un mercado en constante cambio. La asignación eficiente de espacios para exhibición y el surtido óptimo de categorías de productos es esencial para el éxito continuo de una cadena de tiendas minoristas, y este proyecto integrador propone contribuir a este objetivo crucial.

1.1. Definición del problema

Los espacios diseñados para ubicar ciertas categorías de productos en distintos exhibidores que ofrecen los proveedores a una cadena de tiendas minoristas deben ser asignados correctamente. Para ello, se debe considerar: la cantidad de espacios acordados con los proveedores, la capacidad de espacios máximos por tienda y el nivel de rotación de los productos en cada local.

A estos espacios ubicados en las tiendas minoristas se les debe asignar correctamente la cantidad de categorías de productos considerando la limitación de capacidad de categorías por tipo de exhibidor. A su vez, se debe cumplir con los requerimientos de los proveedores como: el tipo de exhibidor, la cantidad de los espacios adquiridos bajo acuerdo comercial y que estos espacios estén ubicados en los locales con mayor demanda del producto a visualizarse en las estanterías.

La empresa tiene conocimiento sobre la importancia de analizar la demanda de sus productos a fin de asegurar la rentabilidad de estos. Lo cual, le permite cumplir los acuerdos comerciales con sus proveedores y contar con una asignación óptima de sus recursos. Para la empresa, es fundamental la definición de los productos de mayor rotación en las 254 tiendas a nivel nacional, la cantidad de categorías que se almacenan en los diferentes tipos de exhibidores y la cantidad de espacios acordados con los proveedores.

1.2. Justificación del problema

En esta investigación se determinó cómo asignar las categorías de productos de los proveedores en los diversos tipos de exhibidores en una cadena de supermercados nacional. Es de suma importancia, porque impactan tanto a las empresas minoristas como a los proveedores, además de la sostenibilidad económica y ambiental.

A continuación, se detallan algunas de las razones claves:

- **Mejora en las ventas y la rentabilidad:** Un espacio de exhibición efectivamente asignado puede aumentar la visibilidad y el atractivo de los productos de los proveedores, lo que a su vez puede impulsar las ventas. Un aumento en las ventas no solo beneficia a los minoristas al aumentar sus ingresos, sino que también beneficia a los proveedores al promover sus productos, lo que crea una relación de beneficio mutuo.
- **Reducción de costos:** La optimización en la asignación de espacios también puede llevar a una gestión más eficiente de los inventarios, reduciendo costos asociados con el almacenamiento y el manejo de exceso de stock. Esto contribuye directamente a la rentabilidad tanto de las tiendas minoristas como de los proveedores.
- **Satisfacción del cliente:** Una mejor disposición de los productos en las tiendas puede mejorar la accesibilidad de los productos hacia los clientes. Lo que a su vez mejora la satisfacción del cliente y la experiencia de compra. Clientes satisfechos tienden a ser más leales y a realizar compras repetidas.
- **Promoción de productos sostenibles:** Estos productos han sido fabricados respetando el medioambiente. Permitiendo que la asignación de estos espacios fomente la responsabilidad ambiental y social, debido a que los consumidores están cada vez más interesados en comprar productos sostenibles.

- Optimización de recursos: La asignación eficiente de espacios contribuye a la gestión sostenible de recursos al reducir el desperdicio y la sobreproducción, lo que es coherente con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas.

El presente proyecto se relaciona con el objetivo de desarrollo sostenible número 12: “Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles” (Organización de las Naciones Unidas, 2015). El modelo de asignación propuesto logra exhibir los productos de los proveedores de manera más efectiva reduciendo el riesgo de sobreproducción y desperdicio, lo que es esencial para una producción más sostenible. Además, asignando correctamente las categorías de productos en los tipos de exhibidores en las tiendas minoristas, se promueve el consumo sostenible y responsable.

En resumen, optimizar la asignación de espacios para la exhibición de productos considerando las categorías definidas por los proveedores en tiendas minoristas no solo tiene un impacto directo en las ventas y la rentabilidad, sino que también contribuye a la satisfacción del cliente, la promoción de productos sostenibles, la gestión eficiente de recursos, la competitividad, la sostenibilidad de las empresas minoristas y los proveedores en la economía actual.

1.3. Alcance del proyecto

En este proyecto, se presentan dos modelos con el objetivo general de asignar espacios para la exhibición de productos considerando las categorías definidas por los proveedores bajo acuerdos comerciales. El primer modelo consiste en una asignación eficiente basada en el retorno histórico de la inversión de los proveedores con respecto a los diferentes tipos de exhibidores. El segundo modelo ayuda a determinar el surtido de categorías en los exhibidores basándose en la demanda histórica.

Además, los resultados se relacionan directamente con la rentabilidad de las tiendas minoristas, ya que una asignación eficiente de espacios de exhibición puede llevar a mayores márgenes de beneficio.

Así mismo, se busca reducir costos; el modelo optimiza la asignación de espacios de manera eficiente, lo que permite que las tiendas y los proveedores puedan reducir los costos asociados con el almacenamiento y la gestión de inventarios. Esto implica una disminución en los costos de almacenamiento de productos en bodegas, así como una mejor gestión de inventario para evitar el exceso de stock. También, se considera una contribución a la sostenibilidad económica de las tiendas minoristas, lo cual era esencial para su supervivencia a largo plazo.

El impacto comercial reside en la correcta asignación de espacios para la exhibición de categorías de productos en las tiendas. Esto permite la optimización de los espacios dentro de los locales de la cadena de tiendas minoristas y garantiza el uso máximo de las capacidades de exhibidores en cada tienda, asegurando así el cumplimiento de los acuerdos comerciales con los proveedores.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Asignar espacios de exhibición para productos de una cadena de tiendas minoristas a nivel nacional mediante un modelo de optimización considerando la rentabilidad histórica de los tipos de exhibidores por proveedor.

1.4.2. Objetivos específicos

- Desarrollar una herramienta de optimización en un lenguaje de programación open source para generar una asignación de espacios basada en la rentabilidad de cada tipo de exhibidor.
- Evaluar la efectividad del modelo de optimización en las tiendas minoristas comparando las ventas y asignaciones previas al modelo a fin de determinar su aplicabilidad.
- Proveer a la empresa una herramienta de optimización eficiente para identificar oportunidades de mejora en la asignación de espacios evitando la subjetividad.
- Centralizar el proceso de asignación de espacios en tiendas para un control efectivo de los acuerdos comerciales con los proveedores.

1.5. Marco teórico

En esta sección se definen términos claves para entender cómo se desarrolla la asignación de espacios para la exhibición de productos considerando las categorías definidas por los proveedores en tiendas minoristas. La revisión de literatura de trabajos e investigaciones previos aportaron para una mejor comprensión sobre la terminología implementada en el desarrollo del proyecto integrador.

1.5.1. Marco conceptual

1.5.1.1. Minoristas

Según Mulhern (1997), el minorista se encarga de agrupar diferentes tipos de mercancía en un solo lugar y ofrecerla al cliente con el objetivo de satisfacer sus necesidades. Además, representa la culminación del proceso de marketing que vincula al consumidor con la empresa productora.

1.5.1.2. Asignación de espacios

Ostermeier et al. (2021) indican que, el punto de partida para la asignación de espacios es la planificación del diseño de la tienda que incluye definir el papel de las divisiones de productos, su ubicación dentro de la tienda y los límites superior e inferior para los tamaños de las divisiones.

1.5.1.3. Planificación de surtido

Según (Hübner & Kuhn, 2011), la planificación de surtido es un listado de decisiones que se enfoca en el comportamiento de elección del consumidor y los efectos de sustitución.

1.5.1.4. Exhibidores

De acuerdo con Hübner et al. (2021), los exhibidores son ajustables dependiendo de la variedad de estantes, así como la altura y profundidad de cada estante. Los planificadores de estanterías ajustan los tableros en consecuencia a intervalos regulares cuando crean los planos de los exhibidores y asignan los productos. Los modelos actuales de planificación de estanterías asumen configuraciones de estantería determinadas y asignan únicamente productos.

1.5.1.5. Planificación del espacio en las estanterías

(Hübner & Kuhn, 2011) definen a la planificación del espacio en las estanterías como las decisiones de afrontamiento y reabastecimiento basadas en los efectos de la elasticidad del espacio, el espacio limitado en las estanterías y las limitaciones operativas de reabastecimiento.

1.5.1.6. Determinación de categorías

Con respecto al nivel de categorías, Ostermeier et al. (2021) indican que, para cada categoría se debe proporcionar un número mínimo y máximo de elementos de estantería, considerando parte de los datos maestros del minorista y generalmente teniendo en cuenta varios impactos como: estrategia de marketing, pautas de diseño, contratos de compra y planificación logística.

1.5.1.7. Folio

(Chong & Morán, 2023) indicaron que, el “folio” es un código único que sirve para identificar a un proveedor. Éste es quien abastece a la empresa de los insumos que requiere para empezar o continuar sus labores productivas.

1.5.1.8. Sector

(Chong & Morán, 2023) indicaron que, el “sector” se encarga de categorizar a los productos en grupos específicos basados en su naturaleza y uso.

1.5.1.9. Sección

(Chong & Morán, 2023) definieron el término “sección” como la clasificación de los productos de acuerdo con su naturaleza, su función, su tipo y su uso.

1.5.1.10. Categoría

Según (Chong & Morán, 2023) la “categoría” es un grupo específico de productos relacionados entre sí. Estos productos comparten características comunes, funciones similares o se utilizan para propósitos relacionados.

1.5.1.11. Subcategoría

De acuerdo con (Chong & Morán, 2023) la “subcategoría” es una clasificación más específica dentro de una categoría más amplia que tienen funciones específicas dentro de una categoría principal.

1.5.1.12. Producto

(Chong & Morán, 2023) indicaron que, el “producto” es aquel bien que se fabrica y se destina al mercado para satisfacer una demanda.

1.5.2. *Estado del arte*

A continuación, se dan a conocer las referencias bibliográficas que se relacionan con el proyecto integrador:

- A model and solution approach for store-wide shelf space allocation
 - **Autores:** Manuel Ostermeier, Tobías Düsterhöft, Alexander Hübner
 - **Origen:** Reino Unido
 - **Año:** 2021
- Study on shelf space allocation and management
 - **Autores:** Ming-Hsien Yang, Wen-Cher Chen
 - **Origen:** Alemania
 - **Año:** 1999
- A model for optimizing retail space allocations
 - **Autores:** Marcel Corstjens, Peter Doyle
 - **Origen:** Francia
 - **Año:** 1981

1.5.2.1. **Análisis de la bibliografía**

El artículo "A Model for Optimizing Retail Space Allocations" elaborado por Marcel Corstjens y Peter Doyle aborda el tema de la asignación de espacio en tiendas minoristas y cómo esta asignación afecta la rentabilidad de la tienda. El artículo presenta un modelo que incorpora tanto los efectos de la demanda como los costos en la asignación de espacio, lo que lo hace único en su enfoque. A través de un estudio de caso y la aplicación de un marco de programación geométrica, los autores demuestran que su modelo produce reglas de asignación

significativamente diferentes y un rendimiento de beneficio superior en comparación con otros procedimientos alternativos.

Este artículo es relevante para el presente proyecto porque aborda directamente el problema de asignación de espacios en tiendas minoristas. Los autores (Corstjens & Doyle, 1981) se centran en la optimización de la asignación de espacios, presentan un modelo que busca maximizar la rentabilidad de la tienda a través de la óptima asignación de espacios.

Sin embargo, en este artículo se consideran algunos costos asociados como los costos de aprovisionamiento y los costos de manejo de inventario; que no se consideraron en el proyecto integrador porque sobrepasa el alcance de este. También se muestra un enfoque empírico aplicando el modelo a un caso de estudio que demuestra la aplicabilidad práctica del modelo y la importancia de la asignación de espacios en la rentabilidad de la tienda.

Por otro lado, el artículo "A model and solution approach for store-wide shelf space allocation" elaborado por Manuel Ostermeier, Tobías Düsterhöft y Alexander Hübner se enfoca en asignar el espacio en estanterías en tiendas minoristas de manera óptima. Mencionan que es crucial para los minoristas, ya que el espacio en la tienda es un recurso valioso y costoso. Así mismo, los minoristas deben distribuir este espacio de manera eficiente entre las diferentes categorías de productos, y esto afecta directamente a la demanda de los productos y, en última instancia, a la rentabilidad de toda la categoría.

El artículo introduce un modelo de asignación de espacio en estanterías a nivel de tienda que optimiza la asignación de espacio en las categorías de productos según las contribuciones de beneficios de las asignaciones de productos correspondientes. Este enfoque descompone el problema en dos subproblemas interconectados jerárquicamente y muestra que proporciona

soluciones eficientes aplicables a problemas de gran tamaño en la práctica minorista. Según un estudio de caso con un importante minorista europeo Ostermeier et al. (2021), se demuestra que este enfoque puede mejorar las ganancias de las tiendas en un 3.2%

Este trabajo se relaciona con el presente proyecto al abordar un aspecto crítico de la gestión minorista: la asignación eficiente del espacio en las estanterías. No obstante, en este modelo la cantidad de productos a colocar por exhibidor no es una variable de decisión ya que esto depende de muchos factores que no están al alcance del proyecto.

Sin embargo, este artículo aporta como punto de partida para descomponer el problema en dos subproblemas. El primero consiste en la asignación de espacios de exhibición para los proveedores en todas las tiendas. El segundo implica tomar decisiones sobre qué productos de dicho proveedor se deben exhibir en estos espacios, con el objetivo de maximizar las ventas de estos productos.

Por último, el artículo "A model and solution approach for store-wide shelf space allocation" elaborado por Ming-Hsien Yang y Wen-Cher Chen se centra en la asignación y gestión de espacio en estanterías en entornos minoristas. En este destacan la importancia del espacio en estanterías en las operaciones minoristas y cómo su gestión adecuada puede tener un impacto significativo en la satisfacción del cliente y las relaciones con los proveedores

El artículo presenta un modelo de asignación de espacios con el mismo objetivo que el presente proyecto. También se mencionan diferentes estrategias de gestión del espacio en estanterías, lo que se relaciona con el objetivo de asignación de espacios. Además, Yang & Chen (1999) examinan cómo estas estrategias de gestión del espacio y las operaciones de asignación afectan el rendimiento de las tiendas minoristas.

Sin embargo, este artículo utiliza una metodología de encuesta para recopilar datos y analizar la relación entre estrategias, operaciones y rendimiento. Lo cual involucra una investigación empírica que no se utiliza en metodología aplicada.

Se puede concluir que, en conjunto, estos trabajos previos subrayan la relevancia de desarrollar un modelo de optimización para la asignación de productos de proveedores en tiendas minoristas. Si bien cada uno de ellos presenta enfoques y metodologías ligeramente diferentes, todos convergen en la importancia de asignar eficazmente el espacio en estanterías para mejorar las ventas y la rentabilidad de las tiendas minoristas. El proyecto propuesto tiene la oportunidad de construir sobre estos enfoques, adaptándolos a su alcance y objetivos específicos, con el fin de lograr una asignación de espacios eficiente en tiendas minoristas.

Capítulo 2

2. Metodología

2.1. Técnicas de investigación

En el presente proyecto se realizaron entrevistas al equipo encargado de la asignación de categorías de productos en una cadena de tiendas minoritas. Además, se visitaron algunos locales con la finalidad de conocer y observar cómo es la asignación de las categorías de productos en los diferentes tipos de exhibidores.

2.1.1. Levantamiento de información

Se analizó a profundidad la problemática de la empresa, lo que desea solucionar con el proyecto integrador y las necesidades que presentan actualmente. Después de una investigación exhaustiva, se determinaron cuáles eran los documentos necesarios para crear los modelos de asignación y se procedió a requerir el acceso a estos.

2.1.2. Recopilación de los datos

Se recibió archivos con datos correspondientes a la jerarquía de los productos a exhibirse en los diferentes tipos de exhibidores, las capacidades máximas de espacios en las 254 tiendas a nivel nacional y la cantidad de espacios adquiridos bajo acuerdos comerciales con los proveedores.

Adicional, se proporcionó información sobre los productos con mayor número de ventas en cada local, el retorno histórico de la inversión de los proveedores con respecto a los diferentes tipos de exhibidores y una matriz que indica los productos que pueden ser almacenados en cada exhibidor considerando sus limitaciones.

2.2. Análisis de la información levantada: Situación actual

Al contar con el acceso a los documentos necesarios, se generaron formatos que faciliten el análisis y la manipulación de datos. Esto permitió controlar de mejor manera la base de datos en el lenguaje de programación open source utilizado.

Cabe recalcar que, al analizar la información proporcionada por la empresa, se destacaron los siguientes datos:

- La empresa mantiene acuerdos comerciales con 83 proveedores.
- Existen 5 tipos de exhibidores adicionales (cabeceras, exhibidores laterales, mesas, mini góndolas y rumas).
- La cadena de tiendas minoristas cuenta con 254 locales a nivel nacional.
- La empresa manipula 274 clases de productos para exhibir en estos espacios.

El objetivo de este análisis era que la herramienta recibiera los datos ingresados por la empresa y gracias a los modelos creados se refleje la asignación eficiente de espacios de exhibición y el surtido óptimo de categorías de productos en una cadena de tiendas minoristas. Considerando que, actualmente la cadena de supermercados realiza estas asignaciones de manera empírica.

El presente proyecto creó un modelo de optimización con el fin de generar una asignación de espacios basada en la rentabilidad de cada tipo de exhibidor, comparó las ventas y asignaciones previas al modelo a fin de determinar su aplicabilidad, logrando un control efectivo de los acuerdos comerciales con los proveedores.

2.3. Descripción de los modelos

Se desarrolló un modelo de optimización combinatoria, tomando como referencia el problema Bin Packing. Este modelo se dividió en dos fases.

2.3.1. Modelo de asignación eficiente de espacios de exhibición

En esta primera fase se creó un modelo que permitiera asignar eficientemente los diferentes tipos de exhibidores en las 254 tiendas a nivel nacional, considerando todas las restricciones mencionadas anteriormente y detalladas a continuación:

Conjuntos:

- P : Conjunto de proveedores.
- L : Conjunto de locales.
- T : Conjunto de tipos de exhibidores.

Parámetros:

- $CE_{p,t}$: Cantidad de exhibidores por tipo para cada proveedor p y tipo de exhibidor t .
- $ME_{l,t}$: Capacidad máxima de exhibidores tipo t en el local l .
- $ROI_{p,l,t}$: Retorno de inversión de cada exhibidor tipo t por cada proveedor p en el local l .
- $MT_{p,t}$: Cantidad máxima de exhibidores del mismo tipo t que puede tener el proveedor p en un *local*.

Variables de decisión:

- ❖ $x_{p,l,t}$: Cantidad de exhibidores de tipo t asignados para el proveedor p en el local l

Función objetivo:

$$\text{Max} \sum_{p \in P} \sum_{l \in L} \sum_{t \in T} ROI_{p,l,t} * x_{p,l,t}$$

Restricciones:

1. Restricción de cantidad acordada por proveedor y tipo de exhibidor:

$$\sum_{l \in L} x_{p,l,t} = CE_{p,t} \quad \forall p \in P, \forall t \in T$$

2. Restricción del número máximo permitido de exhibidores tipo t en el local l :

$$\sum_{p \in P} x_{p,l,t} \leq ME_{l,t} \quad \forall l \in L, \forall t \in T$$

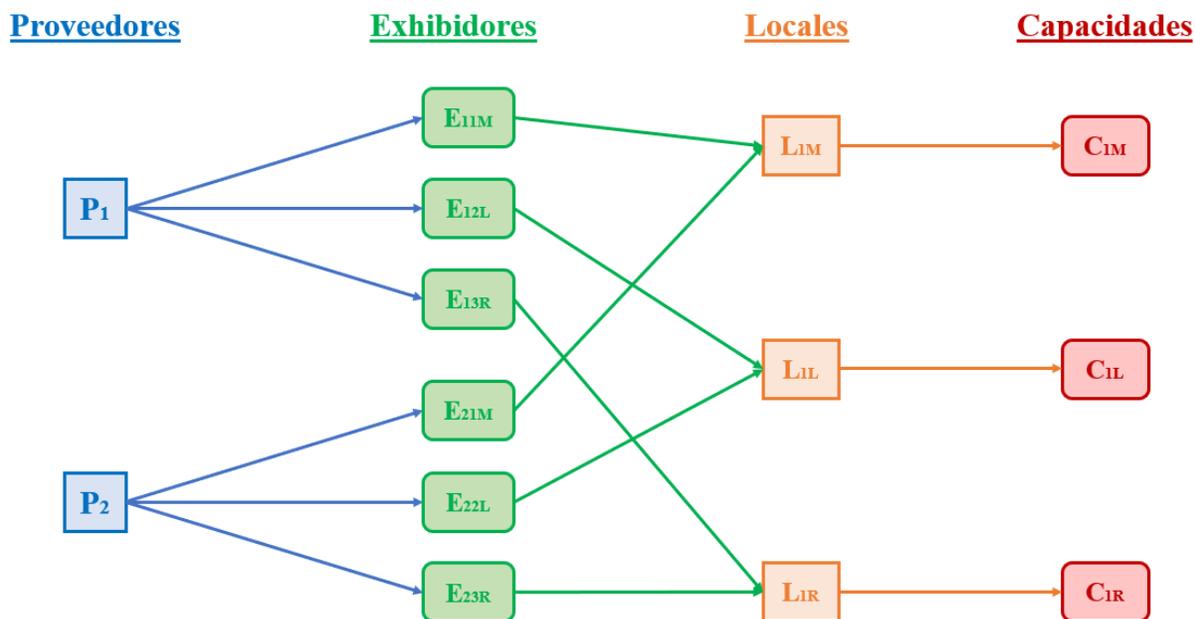
3. Límite de exhibidores del mismo tipo por proveedor p en un local:

$$x_{p,l,t} \leq MT \quad \forall p \in P, \forall l \in L, \forall t \in T$$

4. Restricción de no negatividad:

$$x_{p,l,t} \geq 0$$

Imagen 1. Diagrama del modelo 1 con respecto a la asignación de tipo de exhibidores en cada local por proveedores considerando sus capacidades.



Nota. Se explica el modelo 1, el cual tiene como objetivo maximizar el ROI. En el diagrama se visualiza cómo se realiza la asignación de tipos de exhibidores en cada local a nivel nacional por cada proveedor, considerando la capacidad mínima y máxima de tipo de exhibidor por local.

Elaborada por: Santiago Arguello y Angie Coello.

2.3.2. Modelo de surtido óptimo de categorías de productos

En esta segunda fase se creó un modelo que permitiera asignar de manera óptima el surtido de categorías de los productos de los proveedores, considerando las restricciones de la empresa, basado en:

Conjuntos:

- P : Conjunto de proveedores asignados.
- T : Conjunto de tipos de exhibidores asignados.
- $I_{p,t}$: Conjunto con la cantidad de exhibidores de tipo t asignados del proveedor p .
- S_p : Conjunto de sectores por proveedor $p \in P$.
- $C_{p,s}$: Conjunto de secciones por sector $s \in S$ y por proveedor $p \in P$.
- $E_{p,s,c}$: Conjunto de clases del sector $s \in S$ y de la sección $c \in C_s$ por proveedor $p \in P$.
- $U_{p,s,c,e}$: Conjunto de subclases del sector $s \in S$, sección $c \in C_s$, clase $e \in E_{s,c}$ y por proveedor $p \in P$.

Parámetros:

- l : Local donde se desea realizar el surtido de subclases.
- m : Mes para el cual se desea realizar el surtido de subclases.
- $CA_{l,p,t}$: Cantidad de exhibidores asignados del proveedor p y exhibidor tipo t en el local l .
- $CP_{m,p,u}$: Consumo promedio de la subclase u del proveedor p en el mes m .
- $CAPMIN_t$: Número mínimo de subclases por exhibidor tipo t .
- $CAPMAX_t$: Número máximo de subclases por exhibidor tipo t .
- $MC_{u,t}$: Matriz binaria si la subclase u puede ser exhibida en el mejor t .

Variables de decisión:

- ❖ $x_{p,t,i,s,c,e,u}$: 1 si la subclase u , de la clase e , de la sección c y del sector s se asigna al exhibidor tipo t número i del proveedor p . 0 caso contrario.
- ❖ $y_{p,t,i,s,c}$: 1 si el exhibidor tipo t número i del proveedor p es asignado a la sección c de C_s del sector s elemento de S .

Función objetivo:

$$Max \sum_{p \in P} \sum_{t \in T} \sum_{i \in I_{p,t}} \sum_{s \in S_p} \sum_{c \in C_{p,s}} \sum_{e \in E_{p,s,c}} \sum_{u \in U_{p,s,c,e}} CP_{m,p,u} * x_{p,t,i,s,c,e,u}$$

Restricciones:

1. Restricción de cantidad mínima de subclases u por exhibidor tipo t .

$$\sum_{e \in E_{p,s,c}} \sum_{u \in U_{p,s,c,e}} x_{p,t,i,s,c,e,u} \geq y_{p,t,i,s,c} * CAPMIN_t \quad \forall p \in P, \forall t \in T, \forall i \in I_{p,t}, \forall s \in S_p, \forall c \in C_{p,s}$$

2. Restricción de cantidad máxima de subclases u por exhibidor tipo t .

$$\sum_{e \in E_{p,s,c}} \sum_{u \in U_{p,s,c,e}} x_{p,t,i,s,c,e,u} \leq y_{p,t,i,s,c} * CAPMAX_t \quad \forall p \in P, \forall t \in T, \forall i \in I_{p,t}, \forall s \in S_p, \forall c \in C_{p,s}$$

3. Restricción de solo exhibir subclases u permitidas en el exhibidor tipo t .

$$x_{p,t,i,s,c,e,u} \leq MC_{u,t} \quad \forall p \in P, \forall t \in T, \forall i \in I_t, \forall s \in S_p, \forall c \in C_{p,s}, \forall e \in E_{p,s,c}, \forall u \in U_{p,s,c,e}$$

4. Restricción de exhibidor i de tipo t , solo puede estar asignado a lo sumo a una sección.

$$\sum_{c \in C_{p,s}} y_{p,t,i,s,c} \leq 1 \quad \forall p \in P, \forall t \in T, \forall i \in I_{p,t}, \forall s \in S_p$$

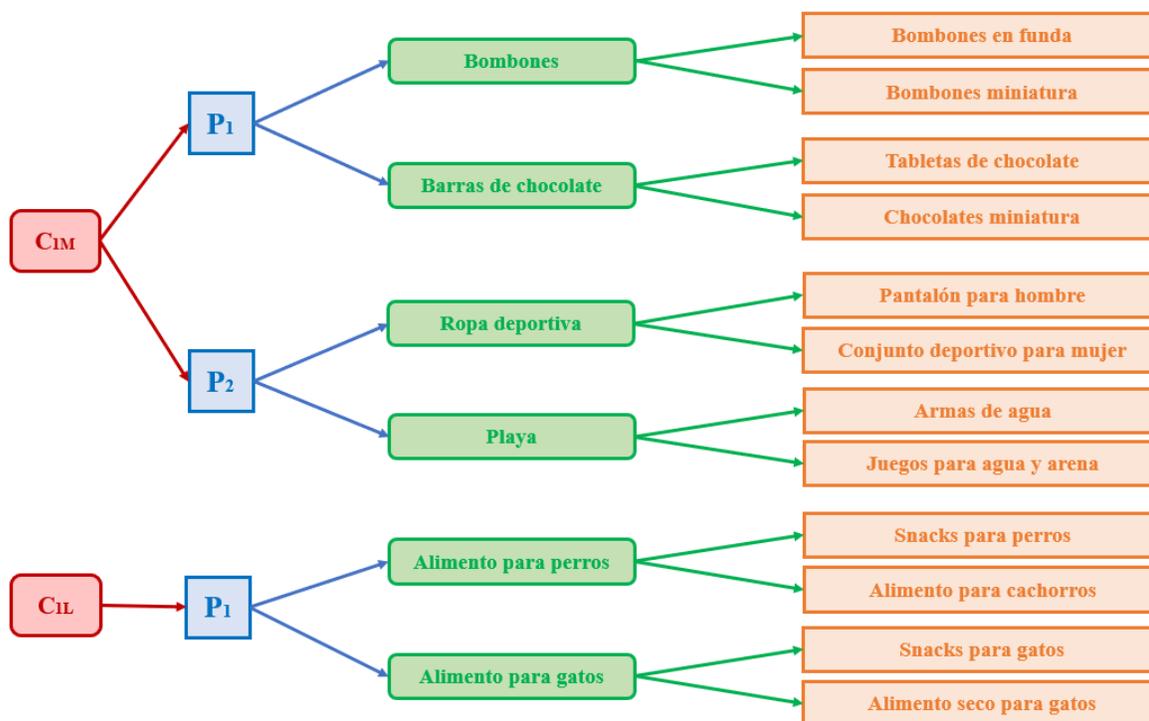
5. Restricción de que los exhibidores i de tipo t del proveedor p sean de diferente sección.

$$\sum_{i \in I_{p,t}} y_{p,t,i,s,c} \leq 1 \quad \forall p \in P, \forall t \in T, \forall s \in S_p, \forall c \in C_{p,s}$$

6. Restricciones de integralidad:

$$x_{p,t,i,s,c,e,u} \in \{0,1\}, y_{p,t,i,s,c} \in \{0,1\}$$

Imagen 2. Diagrama del modelo 2 con respecto a la asignación de clases y subclases por proveedor considerando las capacidades de los tipos de exhibidores.



Nota. Se explica el modelo 2, el cual tiene como objetivo exhibir los productos que más se venden basándose en la demanda. En el diagrama se visualiza cómo se realiza la asignación de clases y subclases de productos en los diferentes tipos de exhibidores con respecto a cada proveedor.

Elaborada por: Santiago Arguello y Angie Coello.

2.4. Uso de software

2.4.1. Python

De acuerdo con (Python Software Foundation, 2023), Python es un lenguaje de programación potente y fácil de aprender. Este lenguaje tiene estructuras de datos de alto nivel eficientes y un simple pero efectivo sistema de programación orientado a objetos. La sencilla sintaxis de Python y su tipado dinámico, junto a su naturaleza interpretada lo convierten en un lenguaje ideal para scripting y desarrollo rápido de aplicaciones en muchas áreas, para la mayoría de las plataformas.

El intérprete de Python es fácilmente extensible con funciones y tipos de datos implementados en C o C++ (u otros lenguajes que permitan ser llamados desde C). Python también es apropiado como un lenguaje para extender aplicaciones escalables.

Imagen 3. *Logotipo de Python*



Nota. Python es un lenguaje de programación ampliamente utilizado en las aplicaciones web, el desarrollo de software, la ciencia de datos y el machine learning (ML). Los desarrolladores utilizan Python porque es eficiente y fácil de aprender, además de que se puede ejecutar en muchas plataformas diferentes (Amazon Web Services, 2023).

Además de ser un software gratuito, se integra bien a todos los tipos de sistemas y aumenta la velocidad del desarrollo. Por estas características, este lenguaje de programación fue elegido para el desarrollo de la propuesta de solución en el proyecto integrador, a fin de facilitar su implementación dentro de la cadena de tiendas minoristas.

2.4.2. *Spyder*

(Spyder, 2023) es un entorno científico gratuito y de código abierto escrito en Python, para Python y diseñado por y para Científicos, Ingenieros y Analistas de datos. Presenta una combinación única de funciones avanzadas de edición, análisis, depuración y creación de perfiles de una herramienta de desarrollo integral con la exploración de datos, ejecución interactiva, inspección profunda y hermosas capacidades de visualización de un paquete científico.

Imagen 4. *Logotipo de Spyder*



Nota. Spyder es un entorno de desarrollo integrado (IDE) de código abierto que utilizan numerosos científicos y analistas de datos. Proporciona una experiencia integral de desarrollo con características para el análisis avanzado de datos, su visualización y depuración (Amazon Web Services, 2023).

Al ser un editor completo de código que admite varios lenguajes, una consola interactiva de IPython que ofrece las posibilidades de explorar variables en el código y de visualizar documentación en tiempo real, era esencial que sea el entorno en el que se desarrolle la metodología del presente proyecto.

2.4.3. *Pulp*

Según (Universitat Oberta de Catalunya, 2023), Pulp es una librería de Python utilizada para modelar y resolver problemas de optimización mediante programación lineal, lo cual incluye soporte para problemas de maximización y minimización con restricciones.

Esta librería se encuentra disponible bajo una licencia de código abierto (open source), lo que fomenta y facilita su uso dentro de otros proyectos que necesiten capacidades de optimización lineal.

A su vez, Pulp permite indicar el tipo de problema que hay que optimizar mediante palabras reservadas de la propia librería, maximización (LpMaximize) o minimización (LPMinimize), que deberán usarse cuando comenzamos a definirlo. Además, incluye soporte base para todos y cada uno de los elementos básicos de un problema de optimización:

- Variables (LpVariable)
- Función objetivo
- Restricciones o constraints

Imagen 5. *Logotipo de Pulp*



Nota. El lenguaje de programación Python permite el uso de diferentes librerías, cada una de ellas con marcadas diferencias entre ellas. Pulp es una librería de software libre, se especializa en la gestión de restricciones y la definición de variables para problemas de este tipo. También, es la encargada de generar la matriz que engloba el conjunto de restricciones a aplicar, siendo dicha matriz la base de todo problema de optimización. (Gil-Alberdi, 2019).

En este caso, se optó por el uso de la librería Pulp, ya que es un paquete de programación lineal en Python y es ideal para los diferentes tipos de problemas de programación lineal, como problemas de combinación y de enteros mixtos, permitiendo una solución óptima en Python.

2.5. Consideraciones legales y éticas

Las consideraciones legales se basan en cumplir con los acuerdos comerciales con los proveedores, estos obligan a la cadena de tiendas minoristas a cumplir con la cantidad de espacios acordados con los proveedores.

Las consideraciones éticas se enfocan en abastecer correctamente los tipos de exhibidores con las categorías de productos con mayor rentabilidad en las 254 tiendas a nivel nacional. A su vez, no solo se debe cumplir en tiempo, forma y cantidad a cada uno de los proveedores, también se debe considerar los siguientes factores:

- Los tipos de exhibidores asignados para un proveedor no deben usarse para exhibir productos de la empresa o productos de otros proveedores.
- Los tipos de exhibidores asignados para un proveedor no deben abastecerse con los mismos tipos de categorías de productos de otros proveedores.
- Un proveedor no puede tener más de un tipo de exhibidor con las mismas categorías de productos en un solo local.

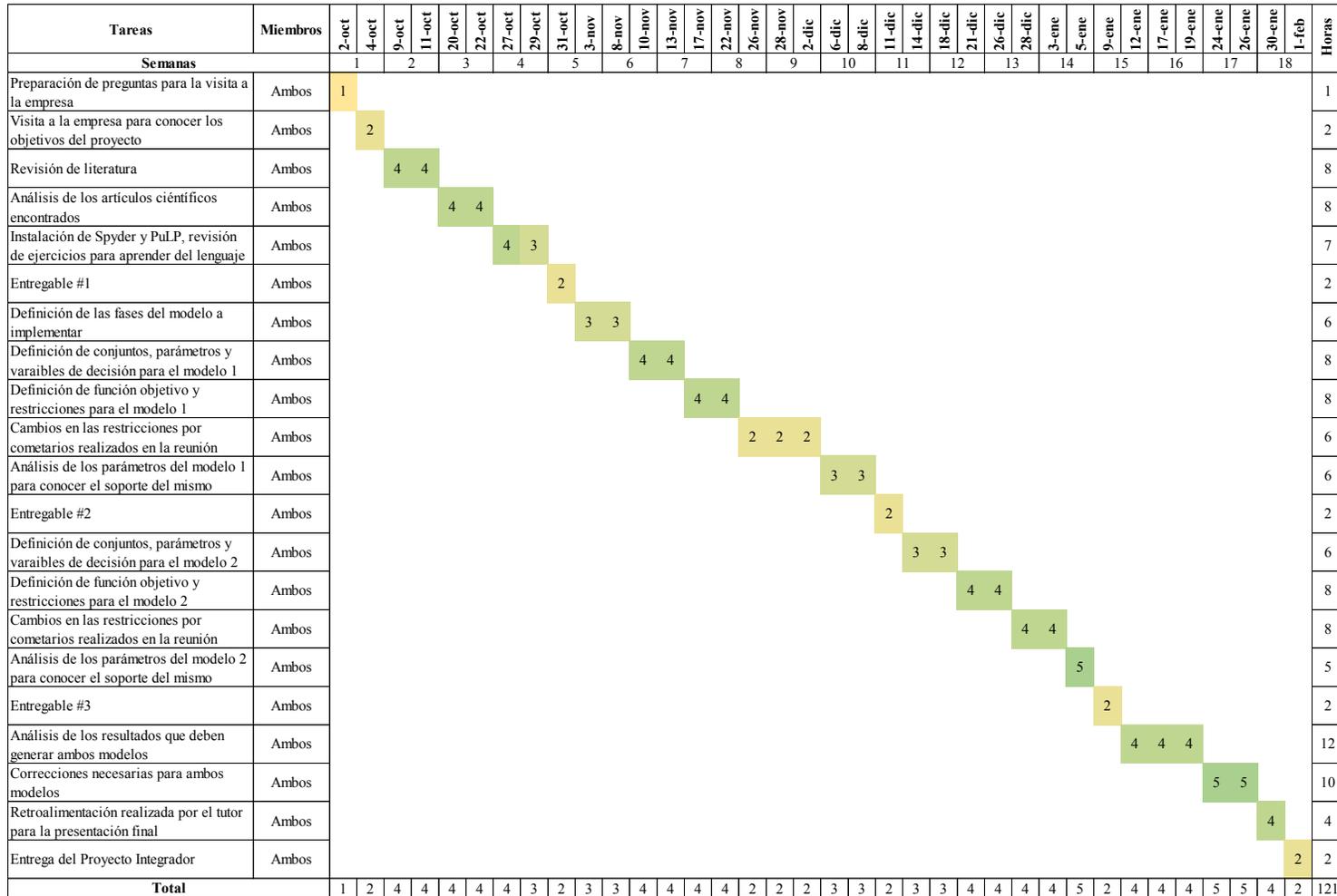
2.6. Fases del proyecto

A continuación, se indican las fases del proyecto que permitieron delimitar, organizar y controlar cada avance del mismo:

- Realizar reuniones periódicas con el equipo de la empresa con el objetivo de conocer a profundidad la finalidad del proyecto y compartir información vinculada al mismo.
- Visitar la matriz de la cadena de tiendas minoristas ubicada en el centro de la ciudad de Guayaquil para familiarizarse con el funcionamiento de una tienda minorista y observar de cerca el proceso que se busca optimizar con el proyecto.
- Recopilar y analizar los requerimientos de la empresa y los objetivos del proyecto integrador.
- Buscar una solución idónea que se ajuste a la situación actual de la empresa.
- Analizar la información proporcionada por el equipo encargado de la asignación de espacios de exhibidores y surtido de las categorías de productos.
- Implementar el modelo matemático desarrollado.
- Mediante programación lineal determinar la asignación de espacios de exhibición y surtido de categorías de productos en una cadena de tiendas minoristas.
- Comparar los resultados obtenidos con la situación actual de la empresa.
- Entregar la herramienta de optimización eficiente que genere la asignación de espacios basada en la rentabilidad de cada tipo de exhibidor.

2.7. Cronograma de trabajo

Imagen 6. Diagrama de Gantt



Nota. Se detallan las actividades realizadas en las fases del proyecto (16 semanas). Elaborado por Santiago Arguello y Angie Coello.

Capítulo 3

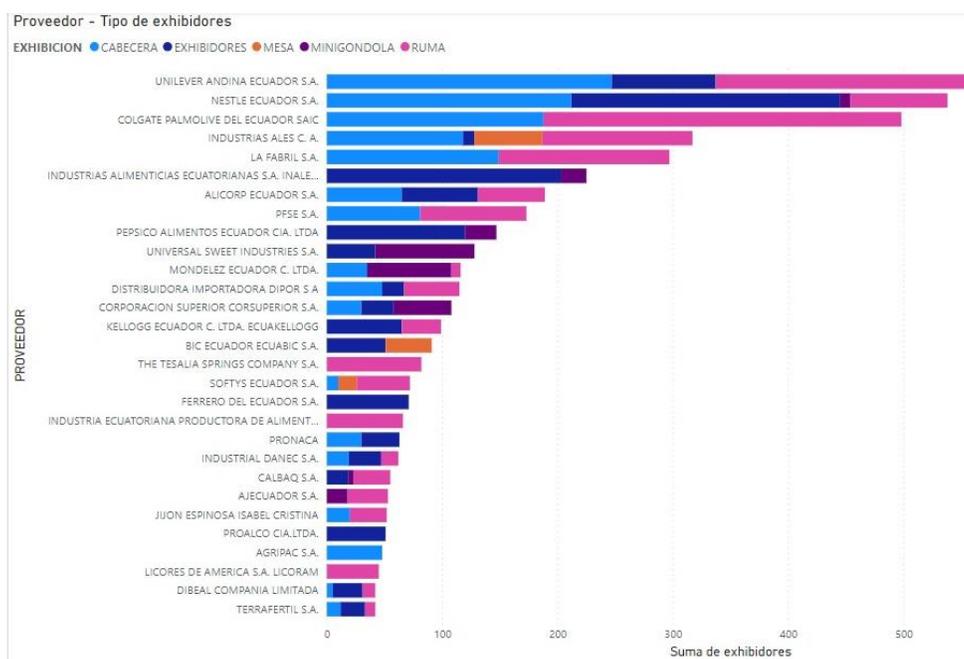
3. Análisis de resultados

En esta sección se analizaron los resultados obtenidos a partir de la ejecución de varios modelos de optimización lineal entera para una eficiente asignación de espacios de proveedores. Cabe mencionar que, estos resultados corresponden a los datos recopilados desde el mes de enero hasta el mes de octubre del 2023.

3.1. Análisis del modelo 1

En el siguiente gráfico, se puede observar los proveedores con la suma de exhibidores y el tipo de exhibidor que tiene asignado. Es necesario resaltar que, esta asignación cumplió con el acuerdo comercial establecido por la cadena de tiendas minoristas previamente con el proveedor.

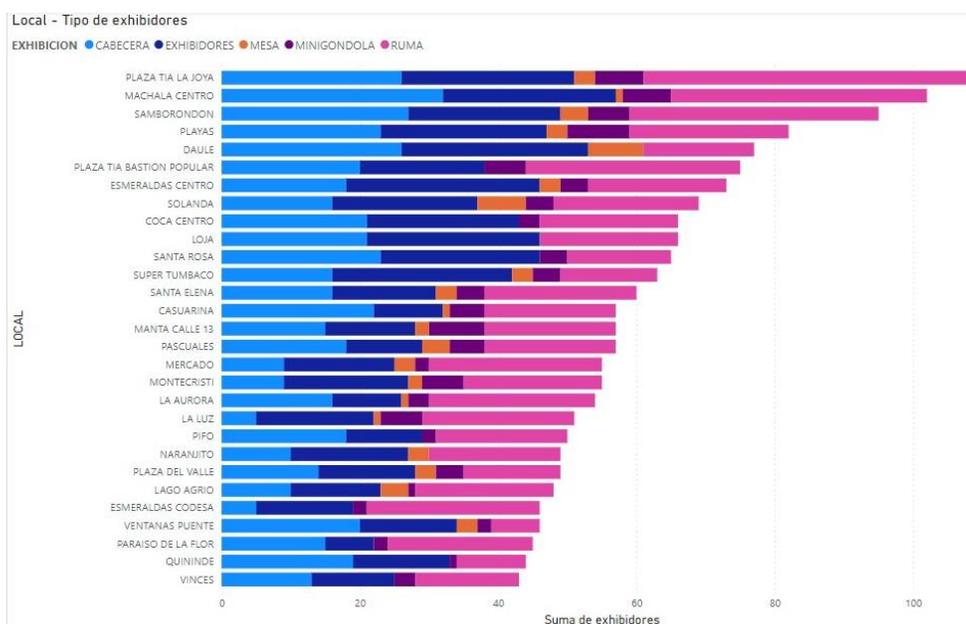
Imagen 7. Diagrama de barras con respecto a los resultados del modelo 1, basándose en la asignación de tipo exhibidor por proveedor.



Nota. Elaborada por: Santiago Arguello y Angie Coello.

Así mismo, en el gráfico adjunto se aprecia la cantidad de exhibidores que se asignan por local. Siendo “Plaza Tía la Joya” la sucursal con la mayor cantidad de exhibidores asignados, debido a su gran espacio.

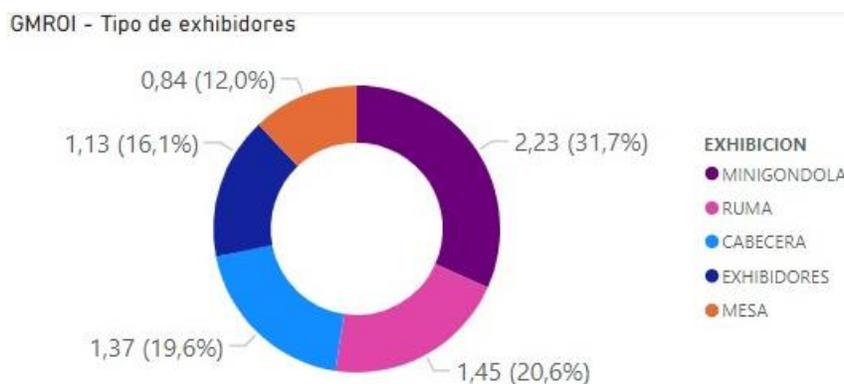
Imagen 8. Diagrama de barras con respecto a los resultados del modelo 1, basándose en la asignación de tipo exhibidor por proveedor en cada local.



Nota. Elaborada por: Santiago Arguello y Angie Coello.

Cabe recalcar que, se analizó el GMROI como factor clave para la asignación. En el siguiente gráfico, se observa el GMROI promedio de cada tipo de exhibidor cumpliendo con la asignación mencionada anteriormente. Es decir que, el GMROI promedio general es de \$1.40.

Imagen 9. Diagrama circular con respecto a los resultados del modelo 1, basándose en el GMROI promedio de la empresa por tipo de exhibidor.



Nota. Elaborada por: Santiago Arguello y Angie Coello.

Por último, los cinco proveedores con mayor GMROI promedio para la empresa se presentan en el siguiente gráfico. Donde el proveedor PFSE S.A con \$9.32, representa el mayor Retorno de Inversión (ROI) por tipo de exhibidor para la cadena de tiendas minoristas.

Imagen 10. Diagrama circular con respecto a los resultados del modelo 1, basándose en el GMROI promedio de la empresa por tipo de exhibidor.



Nota. Elaborada por: Santiago Arguello y Angie Coello.

3.2. Análisis del modelo 2

A partir de los resultados del modelo 1 se obtuvieron los siguientes resultados. Estos reflejan una asignación eficiente de subclases dentro del local “Tía Centro” para el mes de enero. Además, se establece el surtido óptimo de subclases dentro de los exhibidores correspondientes a cada proveedor.

Imagen 11. Cuadro de asignación eficiente de subclases basándose en la demanda de los productos en cada local.

PROVEEDOR	EXHIBICION	INDICE Exhibidor	SECTOR	SECCION	CLASE	SUBCLASE	consumo_pvsi
PEPSICO ALIMENTOS ECUADOR CIA. LTDA	EXHIBIDORES	1	COMESTIBLES	GOLOSINAS	OTROS SNACKS	SNACKS MEZCLADOS	5740,16
PEPSICO ALIMENTOS ECUADOR CIA. LTDA	EXHIBIDORES	1	COMESTIBLES	GOLOSINAS	PACKS DE SNACKS	PACK DE SNACKS INDIVIDUALES	23241,34
PEPSICO ALIMENTOS ECUADOR CIA. LTDA	EXHIBIDORES	1	COMESTIBLES	GOLOSINAS	PAPAS FRITAS	PAPAS FRITAS	14909,17
PEPSICO ALIMENTOS ECUADOR CIA. LTDA	EXHIBIDORES	1	COMESTIBLES	GOLOSINAS	SNACKS DE MAIZ	SNACKS DE MAIZ EXTRUIDO	8076,37
PEPSICO ALIMENTOS ECUADOR CIA. LTDA	EXHIBIDORES	1	COMESTIBLES	GOLOSINAS	SNACKS DE MAIZ	SNACKS DE MAIZ TORTILLA	11607,58
TERRAFERTIL S.A.	EXHIBIDORES	1	LACTEOS Y EMBUTIDOS	LACTEOS NO REFRIGERADOS	BEBIDAS EN CARTON UHT	BEBIDAS ESPECIALES	7032,92
TERRAFERTIL S.A.	EXHIBIDORES	2	COMESTIBLES	COMESTIBLES	CONDIMENTOS	ALINOS	985,53
TERRAFERTIL S.A.	EXHIBIDORES	2	COMESTIBLES	COMESTIBLES	CONDIMENTOS	SAL	1394,94
TERRAFERTIL S.A.	EXHIBIDORES	2	COMESTIBLES	COMESTIBLES	SALSAS	SALSAS VARIAS	1442,32
TERRAFERTIL S.A.	EXHIBIDORES	2	COMESTIBLES	COMESTIBLES	CEREALES PARA EL DESAYUNO	BARRAS DE CEREALES	1179,87
TERRAFERTIL S.A.	EXHIBIDORES	2	COMESTIBLES	COMESTIBLES	CEREALES PARA EL DESAYUNO	GRANOLA	1556,67
UNILEVER ANDINA ECUADOR S.A.	RUMA	1	PERFUMERIA	PERFUMERIA	JABONES	JABONES COSMETICOS	28180,52
UNILEVER ANDINA ECUADOR S.A.	RUMA	2	PERFUMERIA	ARTICULOS DE LIMPIEZA	LAVADO DE ROPA	DETERGENTE EN POLVO	38472,23
UNIVERSAL SWEET INDUSTRIES S.A.	MINIGONDOLA	2	COMESTIBLES	GOLOSINAS	BARRAS Y TABLETAS CHOCOLATES	BARRAS Y TABLETAS CHOCOLATE MINIATURA	7602,19
UNIVERSAL SWEET INDUSTRIES S.A.	MINIGONDOLA	2	COMESTIBLES	GOLOSINAS	BARRAS Y TABLETAS CHOCOLATES	TABLETAS DE CHOCOLATE	6762,44
UNIVERSAL SWEET INDUSTRIES S.A.	MINIGONDOLA	2	COMESTIBLES	GOLOSINAS	CARAMELOS	CARAMELOS BLANDOS	4885,94
UNIVERSAL SWEET INDUSTRIES S.A.	MINIGONDOLA	2	COMESTIBLES	GOLOSINAS	CARAMELOS	CARAMELOS DURES	6321,56
CORPORACION SUPERIOR CORSUPERIOR S.A.	MINIGONDOLA	1	COMESTIBLES	GOLOSINAS	GALLETAS DULCES	GALLETAS BANADAS	8551,52
CORPORACION SUPERIOR CORSUPERIOR S.A.	MINIGONDOLA	1	COMESTIBLES	GOLOSINAS	GALLETAS DULCES	GALLETAS DULCES	7593,04
CORPORACION SUPERIOR CORSUPERIOR S.A.	MINIGONDOLA	1	COMESTIBLES	GOLOSINAS	GALLETAS SALADAS	GALLETAS SALADAS MINIATURA	8095,6
CORPORACION SUPERIOR CORSUPERIOR S.A.	MINIGONDOLA	1	COMESTIBLES	GOLOSINAS	GALLETAS SALADAS	GALLETAS SALADAS	24863,11

Nota. Elaborada por: Santiago Arguello y Angie Coello.

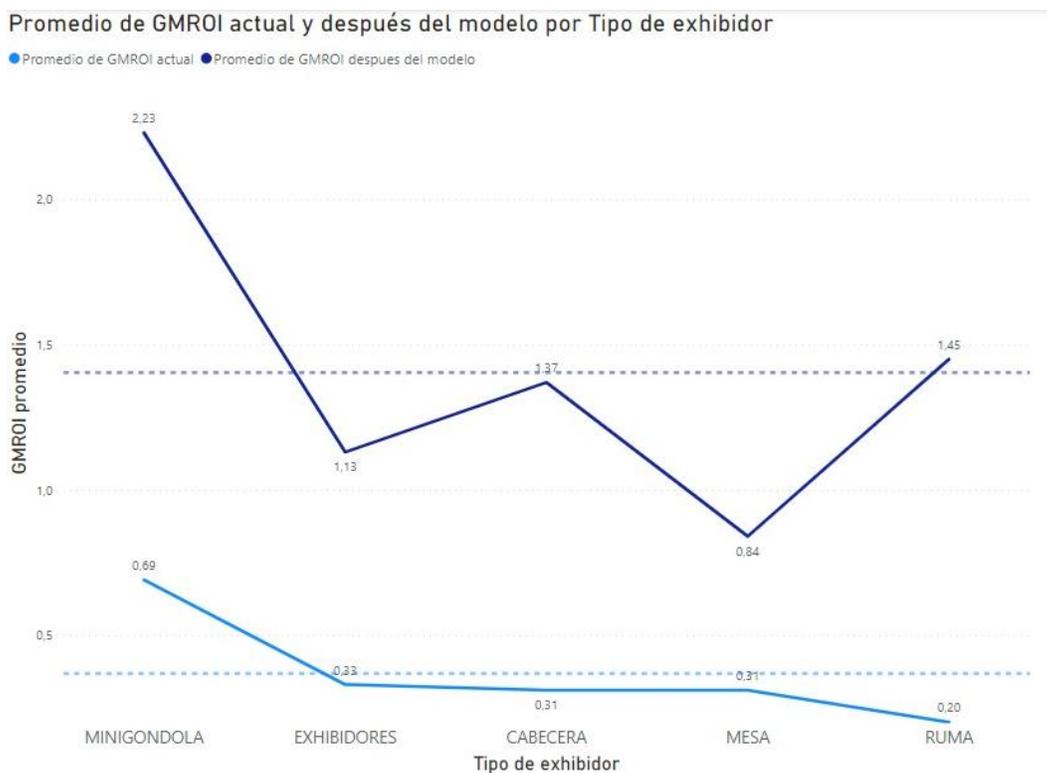
La asignación de subclases fue en base al ranking de los productos con mayor consumo pvsi. Siguiendo con el ejemplo mencionado previamente, el local “Tía Centro” en el mes de enero alcanzaría un consumo pvsi total de \$578,738.3.

3.3. Análisis de la rentabilidad

La asignación de la cadena de tiendas minoristas para el mes de octubre del 2023 obtuvo un ROI promedio de \$0.37. Sin embargo, después de aplicar la herramienta de optimización el porcentaje de mejora fue de 278.38%, logrando un aumento de \$1.03. Es decir que, el ROI promedio actual es de \$1.40.

Además, los GMROI por tipo de exhibidor para todos los tipos de exhibidores incrementaron como se muestra en el siguiente gráfico de líneas.

Imagen 11. *Contraste sobre el promedio GMROI actual vs. GMROI con el modelo propuesto por tipo de exhibidor.*



Nota. Elaborada por: Santiago Arguello y Angie Coello.

3.4. Especificaciones del prototipo

La herramienta de optimización cumplió con todas las restricciones especificadas en el segundo capítulo de este proyecto, destacando entre ellas las consideraciones sobre las capacidades mínimas y máximas de las subclases por tipos de exhibidores y la cantidad de exhibidores establecida bajo los acuerdos comerciales entre la cadena de tiendas minoristas y los proveedores.

Este prototipo es funcional debido a que leyó datos a partir de una tabla elaborada en una hoja de cálculo, siendo flexible y de fácil acceso para el usuario. Está compuesto por variables de decisión (cantidad de tipos de exhibidores, si las subclases pertenecen a la misma sección), parámetros (información y características de los tipos de exhibidores y subclases de productos) y las restricciones fijadas por la empresa.

Los modelos cumplieron con las necesidades de la empresa, mejorando la rentabilidad de las ventas de productos por tipo de exhibidor en cada local, evitando invertir demasiado tiempo de la asignación manual de estos espacios, fomentando el consumo responsable y mejorando la satisfacción del cliente al exhibir productos con mayor rotación en cada local.

3.5. Diseño del prototipo

Los modelos implementados en Python fueron diseñados con el objetivo de facilitar al usuario el ingreso de información sobre los productos con mayor rotación en los 254 locales a nivel nacional y las capacidades mínimas y máximas de subclases almacenadas en los tipos de exhibidores desde un archivo con extensión .xlsx. Estos datos serán empleados como parámetros fundamentales para el funcionamiento de los modelos.

En la base de datos, como información indispensable para la ejecución de los modelos, se incluyó el nivel de rotación de los productos en cada local. cantidad de espacios adquiridos bajo acuerdos comerciales, tipos de exhibidores, capacidades mínimas y máximas de las subclases de productos por tipo de exhibidor y capacidad máxima de exhibidores en cada local.

Una vez ejecutada la herramienta de optimización, proporcionará como resultado la asignación eficiente de espacios diseñados para la exhibición productos por proveedor en cada tienda y el surtido óptimo de subclases de productos en cada exhibidor. A su vez, indicará la mejora en el Retorno de Inversión por tipo de exhibidor.

3.6. Propuesta de valor

La herramienta de optimización propuesta representa un alto beneficio para la cadena de tiendas minoristas. Esta solución no solo contribuye a la reducción de tiempos al asignar eficientemente los tipos de exhibidores y el surtido óptimo de subclases de productos, sino que también aumenta el Retorno de Inversión por tipo de exhibidor en cada local.

Un complemento adicional es la capacidad para brindar un servicio al cliente más satisfactorio, fomentando el consumo responsable y mejorando la satisfacción del cliente al exhibir productos con mayor rotación en cada local.

La herramienta presentada facilita la entrada de datos mediante una plantilla de Excel, posibilitando el manejo eficiente de grandes cantidades de datos. Cabe recalcar que, estos modelos fueron diseñados en total conformidad con las restricciones establecidas por la empresa, adaptándose a incorporar más delimitaciones.

Capítulo 4

4. Conclusiones y Recomendaciones

4.1. Conclusiones

- Se asignaron espacios de exhibición para productos de una cadena de tiendas minoristas a nivel nacional mediante un modelo de optimización que considera la rentabilidad histórica de los tipos de exhibidores por proveedor.
- Se desarrolló una herramienta de optimización en un lenguaje de programación open source para generar una asignación de espacios basada en la rentabilidad de cada tipo de exhibidor.
- Se evaluó la efectividad del modelo de optimización en las tiendas minoristas comparando las ventas y asignaciones previas al modelo a fin de determinar su aplicabilidad.
- Se proporcionó a la empresa una herramienta de optimización eficiente para identificar oportunidades de mejora en la asignación de espacios evitando la subjetividad.
- Se centralizó el proceso de asignación de espacios en tiendas para un control efectivo de los acuerdos comerciales con los proveedores.

4.2. Recomendaciones

- Se recomienda utilizar un formato estándar para los parámetros de entrada de los modelos, donde se determine la cantidad de exhibidores asignados en cada local, el tipo de exhibidor asignado, y la capacidad mínima y máxima de subclases de productos por tipo de exhibidor a fin de evitar la obtención errónea de resultados.
- Se sugiere realizar un proceso de validación automático para los parámetros de entrada con el objetivo de evitar inconsistencias en los resultados de los dos modelos propuestos.
- Se recomienda utilizar un pronóstico de demanda que permita analizar diferentes escenarios de exhibición con respecto a las fluctuaciones de demanda durante el año.
- Se sugiere implementar la herramienta de optimización para fomentar el consumo responsable y mejorar la satisfacción del cliente al exhibir productos con mayor rotación en cada local.

Referencias

Amazon Web Services. (2023). Obtenido de <https://aws.amazon.com/es/what-is/python/>

Chong, E., & Morán, J. (25 de Octubre de 2023). (S. Arguello, & A. Coello, Entrevistadores)

Corstjens, M., & Doyle, P. (1981). A model for optimizing retail space allocations. *Inform*s, 12.
Obtenido de <https://www.jstor.org/stable/pdf/2630921.pdf>

Gil-Alberdi, S. d. (2019). Análisis de diferentes herramientas para la programación de la producción de una fábrica de componentes aeronáuticos. *Universidad Politécnica de Madrid*, 82.

Hübner, A. H., & Kuhn, H. (2011). Retail categorymanagement: State-of-the-art review o fquantitative. *Elsevier*, 11.

Organización de las Naciones Unidas. (2015). Obtenido de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

Python Software Foundation. (2023). Obtenido de <https://docs.python.org/es/3/tutorial/>

Spyder. (2023). Obtenido de <https://www.spyder-ide.org/>

Universitat Oberta de Catalunya. (2023). Obtenido de <http://datascience.recursos.uoc.edu/es/optimizacion-con-pulp/#:~:text=PuLP%20es%20una%20librer%C3%ADa%20de,maximizaci%C3%B3n%20y%20minimizaci%C3%B3n%20con%20restricciones>.

Hübner, A., Düsterhöft, T., & Ostermeier, M. (2021). Shelf space dimensioning and product allocation in retail stores. *European Journal of Operational Research*, 292(1), 155 – 171.

<https://doi.org/10.1016/j.ejor.2020.10.030>

Mulhern, F. J. (1997). Retail marketing: From distribution to integration. *International Journal of Research in Marketing*, 14(2), 103–124. [https://doi.org/10.1016/s0167-8116\(96\)00031-6](https://doi.org/10.1016/s0167-8116(96)00031-6)

Ostermeier, M., Düsterhöft, T., & Hübner, A. (2021). A model and solution approach for store-wide shelf space allocation. *Omega (United Kingdom)*, 102.

<https://doi.org/10.1016/j.omega.2021.102425>

Yang, M.-H., & Chen, W.-C. (1999). Study on shelf space allocation and management.

International Journal of Production Economics, 60, 309–317.

[https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(98\)00134-0](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(98)00134-0)