



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY



FACULTAD DE
INGENIERÍA
UDELAR

Optimización de la exhibición de productos en supermercados: desarrollo de una herramienta de apoyo a la toma de decisiones

Proyecto de grado presentado a la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República en cumplimiento parcial de los requerimientos para la obtención del título de Ingeniero de Producción

Erik Tauber Mountford
Kevin Tauber Mountford
Matías Valentín Perruni Figueredo

Tutores:
Ing. Karina López
Ing. Ramiro Roselli

Montevideo, Uruguay.
Diciembre 2024

Resumen ejecutivo

Este proyecto final de grado aborda un enfoque práctico para la optimización de la exhibición de productos en las estanterías de un supermercado. El espacio disponible para la exhibición de productos en el punto de venta es limitado y las posibilidades de presentación de la exhibición conducen a arreglos subóptimos. La solución de este problema puede contribuir al aumento de los beneficios percibidos por la organización, reducir los costos de mano de obra y limitar el almacenamiento excesivo de productos.

El objetivo principal del trabajo es desarrollar una herramienta de apoyo a la toma de decisiones sobre la exhibición de productos en el piso de venta. Esta herramienta determina de manera sistemática la cantidad de frentes a exhibir de cada producto del surtido y considera cómo serán presentados en las estanterías disponibles. Para ello, es necesario modelar la realidad observada en términos matemáticos con el objetivo de maximizar los beneficios de la organización. Posteriormente, se utiliza *software* de programación matemática para la resolución del problema.

Con el objetivo de probar el funcionamiento de la herramienta, se analizaron familias de productos variadas que permitieran corroborar su aplicabilidad en casos diferentes para su posterior extensión a una mayor cantidad de productos. Para los casos de prueba analizados, la herramienta alcanza resultados positivos y consistentes con la literatura relevada. Se obtienen incrementos en los beneficios de entre 7 % y 19 %. A su vez, las soluciones halladas en cada familia disminuyen la cantidad de reposiciones necesarias en comparación con la situación inicial.

Se realizó un análisis de sensibilidad para conocer la variación en las soluciones frente a cambios en los parámetros del modelo. Los parámetros de mayor interés son: el costo de reposición, la elasticidad de la demanda con el espacio asignado, el umbral de reposición, la máxima cantidad de frentes y las formas de ordenamiento de la exhibición. Frente a variaciones moderadas de los parámetros estudiados, los resultados obtenidos son consistentes y acorde a los esperado. Se presentan algunas advertencias y riesgo para los beneficios frente a cambios significativos de los parámetros.

La herramienta desarrollada constituye una herramienta útil y aplicable para la realidad de la cadena de supermercados estudiada. Se sugiere un plan de implementación dentro de la organización para el uso efectivo de la herramienta. A futuro, es posible considerar estrategias y desarrollos más avanzados para la resolución del problema en la medida en que se validen las hipótesis y resultados estudiados en este trabajo.

Palabras clave: problema de asignación de espacio en las estanterías, optimización de exhibición, modelado matemático, supermercados, maximización de beneficios, *retail*.

Índice

1. Introducción	1
2. Marco teórico	3
2.1. Conceptos sobre <i>retailing</i>	3
2.1.1. Cadenas de supermercados	3
2.1.2. Surtido	4
2.1.3. Gestión por categorías	5
2.1.4. El lineal	5
2.2. Inventario	7
2.2.1. Gestión de inventario	7
2.2.2. Costos de inventario	8
2.2.3. Sistemas de revisión de inventario	9
2.3. Problema de asignación de espacio en góndolas	10
2.3.1. Elasticidad del espacio	11
2.3.2. Elasticidad cruzada	11
2.4. Costeo de actividades y estudio de tiempos	11
2.5. Método Branch and Cut	12
2.5.1. Branch and Bound	12
2.5.2. Cutting Planes	13
2.5.3. Integración de Branch and Cut	13
3. Revisión bibliográfica	14
3.1. Elasticidad del espacio	15
3.2. Modelado matemático de la elasticidad del espacio	16
3.2.1. Comparación entre los modelos de demanda	17
3.3. Determinación de constantes	18
3.3.1. Desarrollo de experimentos	18
3.3.2. Meta-análisis	19
3.4. Modelado del SSAP	20
3.4.1. Modelo de demanda sin elasticidad cruzada	20
3.4.2. Consideración de la elasticidad cruzada	21
3.4.3. Modelo de ejemplo del <i>SSAP</i>	21
3.4.4. Familias de restricciones del <i>SSAP</i>	21
3.4.5. Modelado del <i>SSAP</i> con reposiciones	22
4. Descripción de la caso de estudio	23
4.1. Sobre la organización	23
4.1.1. Departamentos involucrados	23
4.1.2. Consideraciones sobre la exhibición	24
4.2. Alcance del caso de estudio	25
4.2.1. Metodología propuesta	26
4.2.2. Limitaciones y exclusiones	27
5. Modelado matemático	28
5.1. Conjuntos	28
5.2. Relaciones entre conjuntos	28
5.3. Variables	28
5.4. Parámetros	28
5.5. Modelo matemático	29
5.6. Componentes del modelo	30

5.7.	Contexto y desarrollo del modelo	33
5.7.1.	Consideraciones previas	33
5.7.2.	Descripción del modelo	34
5.7.3.	Planograma de la góndola	35
5.7.4.	Modelos previos	35
5.8.	Validación del modelo	37
6.	Implementación del modelo	40
6.1.	Selección de los casos de estudio y obtención de datos	40
6.1.1.	Selección de productos	40
6.1.2.	Selección de sucursales	41
6.1.3.	Relevamiento de datos de exhibición y ventas	42
6.1.4.	Determinación del costo de reposición	43
6.1.5.	Determinación del costo de inventario	43
6.1.6.	Presentación de Resultados	44
6.1.7.	Selección de <i>solver</i>	44
7.	Análisis de resultados	46
7.1.	Aguas cloradas	46
7.1.1.	Sucursal grande	47
7.1.2.	Sucursal mediana	49
7.1.3.	Sucursal pequeña	50
7.1.4.	Comparación entre sucursales	52
7.2.	Alfajores	54
7.2.1.	Sucursal grande	54
7.2.2.	Sucursal mediana	56
7.2.3.	Sucursal pequeña	58
7.2.4.	Comparación entre sucursales	60
7.3.	Jabón líquido para lavarropas	62
7.3.1.	Sucursal grande	62
7.3.2.	Sucursal mediana	64
7.3.3.	Sucursal pequeña	66
7.3.4.	Comparación entre sucursales	68
8.	Plan de implementación en la organización	70
9.	Análisis de sensibilidad	72
9.1.	Elasticidad de la demanda	72
9.2.	Costo de reposición	74
9.3.	Umbral de reposiciones	75
9.4.	Cantidad de frentes	77
9.5.	Orden de las estanterías	78
9.5.1.	Relajación de formatos	79
9.5.2.	Relajación de marcas	80
9.5.3.	Libre ordenación	81
9.6.	Conclusiones del análisis de sensibilidad	83
10.	Conclusiones	84
A.	Anexo A - Validación del modelo	86
A.1.	Caso de Validación N° 1	86
A.2.	Caso de Validación N° 2	86

A.3. Caso de Validación N° 3	86
A.4. Caso de Validación N° 4	87
A.5. Caso de Validación N° 5	88
A.6. Caso de Validación N° 6	89
A.7. Caso de Validación N° 7	90
A.8. Caso de Validación N° 8	91
A.9. Caso de Validación N° 9	93
A.10.Caso de Validación N° 10	93
A.11.Caso de Validación N° 11	95
A.12.Caso de Validación N° 12	96
A.13.Caso de Validación N° 13	96
B. Anexo B - Órdenes de trabajo	97
B.1. Órdenes de trabajo: aguas cloradas	97
B.2. Órdenes de trabajo: alfajores	99
B.3. Órdenes de trabajo: jabones líquidos	108
C. Anexo C - Actas de reunión	114
C.1. Acta N°1	114
C.2. Acta N°2	115
C.3. Acta N°3	116
C.4. Acta N°4	117
C.5. Acta N°5	118
C.6. Acta N°6	119
D. Anexo D - Diagramas de Flujo	120
D.1. Diagrama de flujo para la implementación de la herramienta en la organización .	120
E. Anexo E - Documentos de gestión del proyecto	121
E.1. Acta de constitución	121
E.2. Cronograma de proyecto	122
E.3. Matriz RACI	125
E.4. Matriz de Interés-Poder	127
E.5. Matriz de riesgos	129