



Modelo de abastecimiento de productos perecederos de corta vida útil basados en la demanda, aplicado a una empresa de productos agroindustriales

Cristian Arley Aristizábal Jaramillo

Edwin Alejandro Berrio Gómez

Monografía para optar por el título de Especialistas en Logística Integral

Gloria Milena Osorno Osorio, asesora metodológica

Jorge Andrés de la Cuesta Herrera, asesor temático

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería

Especialización en Logística Integral

Medellín

2022

Cita

(Aristizabal Jaramillo & Berrio Gomez, 2021)

Referencia

Aristizabal Jaramillo C, & Berrio Gomez J. (2021). Modelo de abastecimiento de productos perecederos de corta vida útil basados en la demanda, aplicado a una empresa de productos agroindustriales. [Trabajo de grado especialización]. Universidad de Antioquia, Medellin, Colombia.

Estilo APA 7 (2020)



Especialización en Logística Integral, cohorte XXI



Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

Rector: John Jairo Arboleda Céspedes

Decano/Director: Jesús Francisco Vargas Bonilla

Jefe departamento: Mario Alberto Gaviria

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Tabla de contenido

Resumen:	7
Abstract	8
Introducción	9
1. Marco teórico	11
1.1. Teoría de Restricciones (TOC)	15
1.2. Cantidad Económica de Pedido (EOQ)	17
1.3. Demand Driven.....	19
2. Metodología	20
2.1. Diagnostico actual del proceso.	21
2.1.1. Clasificación ABC.....	21
3. Métodos evaluados para determinación de cantidades optimas	25
4. Resultados.....	25
4.1. Teoría de Restricciones (TOC)	26
4.2. Cantidad Económica de Pedido (EOQ)	26
4.3. Demand Driven.....	28
4.4. Resumen y comparación de las diferentes simulaciones según modelos de inventarios.	30
5. Conclusiones.....	31
6. Referencias	32

Lista de Tablas

Tabla 1 Sumatoria de la demanda histórica. Fuente: Elaboración propia.....	16
Tabla 2 Zonas del buffer TOC. Fuente: Elaboración propia	16
Tabla 3 Componentes de Demand Driven. Fuente: Elaboración propia	19
Tabla 4 Zonas del buffer Demand Driven. Fuente: Elaboración propia.....	20
Tabla 5 Clasificación ABC. Fuente: Elaboración propia.....	22
Tabla 6 Comparación de bajas de inventario año 2021-2022 en dinero. Fuente: Elaboración propia .	23
Tabla 7 Participación porcentual en bajas 2021-2022. Fuente: Elaboración propia.....	24
Tabla 8 SKU simulación. Fuente: Elaboración propia.	25
Tabla 9 Análisis TOC. Fuente: Elaboración propia.	26
Tabla 10 Análisis estadístico. Fuente: Elaboración propia.	27
Tabla 11 Resultados desviación combinada. Fuente: Elaboración propia.....	27
Tabla 12 Análisis Demand Driven. Fuente: Elaboración propia.....	28
Tabla 13 Comparación resultados. Fuente: Elaboración propia	30

Lista de Figuras

Figura 1 Costo de productos almacenados con fecha corta. Fuente: Elaboración propia	9
Figura 2 Costo de las bajas de inventario. Fuente: Elaboración propia	9
Figura 3 Simulación CHORIZO STARROSANO X500G. Fuente: Elaboración propia.....	28
Figura 4 Simulación CHORIZO CON TERNERA X 450G. Fuente: Elaboración propia.....	29
Figura 5 Simulación JAMON SELECCIONADO X450G. Fuente: Elaboración propia.....	29
Figura 6 Simulación JAMON SELECCIONADO X225G. Fuente: Elaboración propia.....	30

Lista de Ecuaciones

Ecuación 1: Desviacion combinada. Fuente: Elaboracion propia.18

Modelo de abastecimiento de productos perecederos de corta vida útil basados en la demanda, aplicado a una empresa de productos agroindustriales

Alejandro Berrio Gómez¹; Cristian Aristizábal Jaramillo²

Resumen:

En una comercializadora de productos agroindustriales que son perecederos, el riesgo de pérdida aumenta en la medida que se aumenta el nivel de servicio relacionado a la disponibilidad de producto (sobre inventario), cuando se requiere un nivel de servicio por encima del 98%, es necesario aumentar los inventarios, para que el cliente tenga producto disponible cada vez que lo solicite. Esto genera un riesgo cuando los productos no tiene un buen sistema de rotación FEFO (First Expired, First Out) o la demanda es errática, el producto puede perder vida útil y no cumplir con las exigencias del cliente, lo que genera pérdidas para la organización. Entre los parámetros que el cliente exige, está el porcentaje de vida útil con que recibe el producto, esto genera que se establezca unas listas de caducidad para cada cliente con el fin de que el producto cuando sea despachado desde la comercializadora y se entregue en las condiciones requeridas.

Con el presente trabajo, se generaron estrategias de abastecimiento y se evaluaron distintas metodologías de administración de inventarios, obteniendo un inventario objetivo viable para cubrir la demanda y disminuir la pérdida de producto por caducidad.

¹ Coordinador de Distribución. Estudiante Especialización en Logística Integral.

² Jefe de Logística. Estudiante Especialización en Logística Integral.

³ Asesor Temático: Jorge Andrés de la Cuesta. Grupo Familia.

⁴Asesor Metodológico: Gloria Osorno. Profesora, Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de Antioquia.

Palabras clave

Abastecimiento, Demanda, Vida útil, Perecedero

Abstract

In a marketer of agro-industrial products that are perishable, the risk of loss increases as the level of service related to product availability (over inventory) increases, when a service level above 98% is required, that is necessary to increase inventories, so that the customer has product available whenever they request it. This creates a risk when the products do not have a good FEFO (First Expired, First Out) rotation system or the demand is erratic, the product may lose its useful life and not meet the customer's requirements, which generates losses for the organization. . Among the parameters that the client demands, is the percentage of useful life with which the product is received, this generates the establishment of expiration lists for each client in order that the product when it is dispatched from the marketer and is delivered to the required conditions.

With the present work, supply strategies were generated and different inventory management methodologies were evaluated, obtaining a viable target inventory to cover the demand and reduce the loss of product due to expiration.

Keywords

Supply, Demand, Shelf Life, Perishable

Introducción

En la comercializadora de alimentos agroindustriales, la vida útil de los productos genera un constante reto en el almacenamiento y la entrega al cliente final, el porcentaje de fecha corta, como se denomina a los productos de corta vida útil, varía entre 0.5% y 2% del valor del inventario, esta cantidad de producto probablemente no se alcance a vender antes de su vencimiento y se deba desechar, en las siguientes gráficas, se puede observar como el producto desechado está relacionado a la fecha corta.



Figura 1 Costo de productos almacenados con fecha corta. Fuente: Elaboración propia



Figura 2 Costo de las bajas de inventario. Fuente: Elaboración propia

Actualmente el abastecimiento de los productos se realiza basado en históricos, pero la variabilidad de la demanda impacta negativamente en los productos de fecha corta, la oportunidad

que se encuentra en este punto es importante, las bajas a nivel nacional llegaron a \$13.087.132.875 en el año 2021.

Se pretende evaluar un modelo de abastecimiento que permita minimizar las pérdidas por baja de inventario relacionadas a la fecha de vencimiento de estos.

Revisando la literatura de los modelos de inventarios para productos perecederos, se puede observar los siguientes aportes. Diferentes autores presentan modelos probabilísticos que pueden ayudar a mejorar el almacenamiento de este tipo de productos, dependiendo del tipo de demanda, si la demanda es determinista, la variación del inventario respecto al tiempo durante cada ciclo de inventario puede verse afectada por una predicción de demanda constante, o por el efecto combinado de una demanda constante y una fracción fija sobre el nivel de inventario en un instante dado. (Avinadav & Herbon, 2013) se basan en un modelo para determinar el precio óptimo, la cantidad de pedido y el período de reabastecimiento para productos que caducan, con demanda dependiente del precio y del tiempo.

El consumo del inventario también puede ocurrir mediante una demanda que depende del tiempo y/o de uno o varios parámetros de la venta (precio de venta, frecuencia de publicidad, facilidades de pago, servicios posventa, entre otros.). Por su parte, si la demanda es incierta, entonces esta podría estar representada por medio de una distribución de probabilidad conocida, o podría estar representada por medio de una función aditiva o multiplicativa con componentes aleatorios. Los factores externos como el incremento de la materia prima, el empaque, los escases de materia prima, y el aumento de precio, también genera una gran incertidumbre en el manejo de inventarios.

(Herbon, 2014), utiliza un modelo con enfoque analítico, evalúa las condiciones en las que una

política de precios dinámica es beneficiosa para el minorista o para el consumidor, en comparación con una política de precios estática. (Herbon, Levner & Cheng, 2014) por otra parte, plantea el problema como un programa entero mixto no lineal determinista y aplica un algoritmo de búsqueda local para resolver el problema de forma aproximada para llegar a maximizar las ganancias a medida que el producto se acerca a su vencimiento.

También podemos abordar el problema desde un enfoque de demanda incierta, (Duan & Liao, 2014) proponen un modelo de optimización metaheurístico híbrido basado en aceptación de umbrales y búsqueda tabú.

Este trabajo monográfico se divide en tres secciones, la primera es el marco teórico donde realiza una investigación de los diferentes modelos de administración de inventarios que se vean a consultar, en la segunda parte se cuenta como los modelos fueron aplicados a la situación específica de la empresa, tercero se expone los resultados obtenidos y por último se genera unas conclusiones.

1. Marco teórico

Uno de los grandes retos que tiene las empresas de alimentos perecederos son alinear la cadena de abastecimiento, la integración de compras, producción, distribución y entrega al cliente final, proyectar cual es la necesidad de la demanda real en un horizonte a corto o mediano plazo, generando un alto nivel de servicio en cantidad, oportunidad, satisfaciendo la necesidad del cliente al menor costo siendo eficientes en la operación logística disminuyendo las bajas por devolución y almacenamiento.

Todo el flujo de proceso parte del pedido que genera la comercializadora, esto se puede definir

como el punto de partida para generar un abastecimiento óptimo en los productos necesarios para atender la demanda en determinado tiempo, garantizando un inventario disponible y de alta rotación.

La gestión del inventario es un proceso donde se tiene una parte importante del capital de trabajo, se debe enfocar en mantener en niveles óptimos, una correcta administración de los stocks, planificación y organización es fundamental para minimizar las bajas por almacenamiento, averías o vencimiento de los productos de corta vida útil, entendiendo como corta vida útil, el tiempo desde su fabricación hasta su vencimiento, el rango definido para este criterio son los productos menores a 45 días.

Para una comercializadora de alimentos perecederos, la gestión de inventarios y la negociación de comercial con los clientes son determinantes para lograr un equilibrio entre la demanda real, las bajas por almacenamiento y la devolución permitida por los clientes, estos tres puntos deben estar alienados para disminuir las bajas mejorando la rentabilidad del negocio.

Cuando hablamos de la devolución permitida de los clientes, son los productos que se pactan dentro de la negociación que el cliente puede devolver bajo unas políticas establecidas, buscando siempre que el cliente no devuelva producto, para esto es importante que el cliente conozca también su demanda real para que no se genere un impacto negativo en los productos que se le reconoce y se lleva a baja.

El abastecimiento de productos es un tema que ha sido revisado en diferentes ámbitos e industrias, algunos de ellos son: la industria farmacéutica, la química, el sector salud y el de alimentos, se han abordado desde diferentes puntos de vista y tenido en cuenta distintas variables que influyen en las decisiones de cantidad, periodicidad y oportunidad para reabastecer los

diferentes productos, una variable que agrega complejidad a las decisiones propias del abastecimiento es el hecho que los productos pueden ser perecederos, es decir, pueden tener una vida útil y la dificultad aumenta a medida que esta característica se vuelve más pequeña, ya sea por razones inherentes al producto o por el simple paso del tiempo.

Algunos autores han abordado el tema delimitándolo a casos muy específicos, esto ayuda a disminuir la incertidumbre derivada de múltiples aspectos, algunos controlables y otros aleatorios, y facilita el entendimiento de la situación problema. (Duan & Liao, 2014) propone un modelo de optimización para controlar el inventario de sangre, la cual tiene una vida útil de 42 días.

Por otro lado, (Alrawabdeh, 2021) realiza una simulación basada en optimización para encontrar un punto de reorden óptimo para diferentes productos con diferentes vidas útiles.

Los anteriores son solo dos ejemplos de cómo se puede interpretar el problema de abastecimiento de productos perecederos con corta vida útil, pero esta situación tiene muchas aristas, podemos analizar la demanda de estos productos, la planeación de la producción, el tiempo de reabastecimiento, la periodicidad de revisión de la compra, la cadena de suministro completa, entre otros.

(Lodree & Uzochukwu, 2008) propone revisar la planeación de la producción de productos perecederos teniendo en cuenta las elecciones del cliente, así como una demanda estocástica de los productos.

(Aazami et al., 2021) realiza una optimización con dos objetivos para resolver la situación problema, la cual incluye producción y distribución de productos perecederos; el primer objetivo busca maximizar los beneficios en tres niveles de la cadena de suministro, plantas de producción, centros de distribución y por último los consumidores, el segundo objetivo es minimizar las

emisiones derivadas del proceso de transporte.

De lo anterior se puede concluir, que para abordar la situación problema es necesario delimitarla de manera adecuada al entorno que se planea estudiar, una mala delimitación nos llevaría a tener tantas variables a considerar que sería casi imposible proponer un plan de acción correcto y menos facilitar la toma de decisiones de abastecimiento.

Luego de definir el procedimiento adecuado, se puede plantear algunas medidas de desempeño como:

- Errores de previsión de demanda
- Plazo de aprovisionamiento (Lead Time)
- Nivel de servicio
- Porcentaje de ventas perdidas
- Porcentaje de bajas sobre las ventas

Teniendo en cuenta las variables anteriores, podemos mencionar algunas metodologías de administración de inventarios que nos pueden ayudar en la toma de decisiones de abastecimiento, como:

- Teoría de restricciones (TOC)
- EOQ (Lote económico de pedido)
- Demand Driven

1.1. Teoría de Restricciones (TOC)

Propone una solución simple pero poderosa para la administración de los inventarios, que se basa en cuatro variables que se conocen o que se pueden estimar, dichas variables son:

- Tiempo de pedido (TP)
- Tiempo de reposición (TR)
- Margen de protección
- Demanda

Para efectuar la estimación del inventario a mantener se realiza el siguiente análisis:

Se calcula la sumatoria de la demanda histórica en segmentos de tiempo definidos por $TP+TR$, en este caso, asumiremos $TP=TR=2$

DIA	DEMANDA	SUMATORIA
1	10	
2	15	
3	15	
4	12	52
5	20	62
6	25	72
7	30	87
8	10	85
9	15	80
10	14	69
11	12	51
12	16	57
13	40	82
14	35	103
15	30	121
16	20	125
17	10	95
18	5	65
19	10	45
20	=+SUMA(E24:E27)	

Tabla 1 Sumatoria de la demanda histórica. Fuente: Elaboración propia

Se selecciona el máximo valor de esta sumatoria. En este caso 125 unidades

Se multiplica el valor obtenido por 1+Margen de protección, en este caso el margen de protección será de 20%

Con este valor se define el buffer de inventario que da como resultado 150 unidades.

Luego se divide este número en 3 rangos iguales para definir las alertas de color.

TERCIO SUPERIOR	101	150	
TERCIO MEDIO	51	100	
TERCIO INFERIOR	0	50	

Tabla 2 Zonas del buffer TOC. Fuente: Elaboración propia

El tercio superior mantendrá un color verde que indica que el inventario está sano.

El tercio medio mantendrá un color amarillo que genera la primera alerta para gestionar el inventario.

El tercio inferior mantendrá un color rojo y alerta la necesidad de tomar acciones inmediatas sobre el inventario.

Los pedidos se montan con la regularidad definida y la cantidad a pedir se da por la diferencia entre el valor definido como buffer y el inventario actual, en caso de que este valor sea inferior al mínimo de pedido del proveedor, se procede a realizar el pedido en la siguiente revisión.

1.2. Cantidad Económica de Pedido (EOQ)

El Modelo de Wilson, también denominado Sistema EOQ (Economic Order Quantity) en inglés y CEP (Cantidad Económica de Pedido) en español, es un método de gestión de stock muy utilizado para reducir los costes de inventarios en un almacén o bodega, Existen tres tipos generales de sistemas de inventarios: los modelos de cantidad fija del pedido (también llamados sistema de revisión continua, cantidad económica del pedido, economic order quantity [EOQ] y modelo Q) y los modelos de periodo de tiempo fijo (también llamados sistema periódico, sistema de revisión periódica, sistema de inventario fijo de pedido y modelo P o T) y los pedidos de una sola vez.

Respecto a lo pedido y lo entregado, hay muchas definiciones posibles y la estrategia de inventarios y los niveles de stocks resultantes son muy sensibles a cada definición:

- La probabilidad de que ocurra una rotura de stock durante un ciclo de reaprovisionamiento (SOR, Stock Out Risk)
- El número de pedidos que fueron satisfechos completamente (P)

- La proporción del déficit en número de unidades respecto a la demanda total durante un ciclo de pedido (fill rate, fr , Unit Stock Out Risk)

Gestión de inventarios bajo incertidumbre

Cuando se tiene responsabilidad de administrar inventarios, existe un gran reto ante demandas y tiempos de entrega variables, los niveles de servicio adecuados son difíciles de alcanzar, por lo que se necesita de alguna manera protegerse contra las desviaciones imprevistas de la demanda y el tiempo de entrega, debido que aumenta el riesgo de quedarse sin existencias. Se determina un nivel de servicio que satisfaga las necesidades del cliente y con este, se calcula el inventario de seguridad requerido para garantizarlo.

Algunas situaciones complejas para determinar los stocks de seguridad son:

- Independencia entre la demanda y los tiempos de entrega (variables aleatorias independientes).
- Gran cantidad de pedidos sin previo aviso o sin la comunicación correcta.
- Baja correlación de la demanda con el tiempo y su variabilidad compleja.

$$SS = k * \sqrt{L\sigma d^2 + d^2\sigma L t^2}$$

Ecuación 1: Desviación combinada. Fuente: Elaboración propia.

Donde:

L: Tiempo promedio de entrega en días, en ocasiones se usa *W*, que es la relación entre el tiempo de entrega y el tiempo de abastecimiento

d : Ventas promedio diarias

σd : Desviación estándar de las ventas

σL : Desviación estándar del tiempo de entrega

k : Factor de seguridad

1.3. Demand Driven

Este modelo pretende detectar la demanda cambiante del consumidor, adaptando la planeación y la producción a cambios en tiempo real.

Para lograr lo anterior se mencionan 5 componentes de demand driven

1	Posicionamiento Estratégico de Inventario
2	Amortiguadores: perfiles y niveles
3	Ajustes Dinámicos
4	Planeación basada en Demanda
5	Ejecución visible y colaborativa

Tabla 3 Componentes de Demand Driven. Fuente: Elaboración propia

Se definen puntos específicos para tener el inventario (cerca al cliente o cerca al proveedor)

Se definen buffers o amortiguadores de inventario, muy parecidos a los mencionados en TOC, pero con algunas distinciones.

Zona verde	Determina la cantidad a pedir y su frecuencia
Zona amarilla	Cubrimiento de la demanda
Zona roja de seguridad	Margen de seguridad
Zona roja base	

Tabla 4 Zonas del buffer Demand Driven. Fuente: Elaboración propia

La zona amarilla, se calcula multiplicando la demanda diaria promedio por el tiempo de entrega.

La zona verde se calcula multiplicando el valor obtenido en la zona amarilla por un factor de cubrimiento según la variabilidad del tiempo de entrega. Si este valor es menor al pedido mínimo, el valor de la zona verde tomara el valor del pedido mínimo.

La zona roja base se calcula multiplicando la zona amarilla por el factor de variabilidad del tiempo de entrega.

La zona roja de seguridad se calcula multiplicando la zona amarilla por el factor de variabilidad de la demanda del producto.

Estas zonas se recalculan con cada venta que se haga y se procede a realizar un proceso de planeación basado en la persecución de la demanda, donde se repone la cantidad de producto que se está vendiendo.

2. Metodología

Para revisar la situación, se realizo un diagnostico del proceso como opera actualmente, posterior se realizó una clasificación ABC y un análisis de bajas de inventario. Luego de identificar los productos y obtener sus datos de demanda e inventarios, se realizo una serie de verificaciones

bajo cada uno de los modelos propuestos para llegar a un análisis de información e identificar que modelo o modelos son viables.

2.1. Diagnostico actual del proceso.

Con la ayuda del personal, se procede a revisar como se realiza el análisis del abastecimiento, que inicia con la revisión de los promedios de venta de la última semana, se depura las salidas atípicas por causa de solicitudes puntuales de comercial, una vez se tenga la información actualizada, se analiza las últimas 10 semanas y se proyecta la semana siguiente manejando días de inventario según línea de SKU y vida útil, se procede a realizar una reunión con comercial los lunes para validar las novedades presentadas, venta perdida, activades comerciales y acuerdos de aumento de días de inventario, una vez terminado los análisis, se procede a montar el pedido en una plantilla donde se visualiza la cantidad a pedir y el día de entrega según las políticas pactadas por el cedi (pedidos cada siete días) y la frecuencia de abastecimiento (cada diez días).

2.1.1. Clasificación ABC

Se realizó la clasificación ABC de los productos por sus ventas en unidades, de la cual se obtuvo los siguientes datos.

FAMILIA	Cantidad inventario	Porcentaje participación	Porcentaje acumulado	Clasificación
LECHES FLUIDAS	11.242.392	56,01%	56,01%	A
QUESOS	5.536.993	27,59%	83,60%	A
LECHES CULTIVADAS	903.487	4,50%	88,10%	B
BEBIDAS NO LACTEAS	772.224	3,85%	91,95%	B

GRASAS	537.137	2,68%	94,63%	C
DERIVADOS CARNICOS	449.351	2,24%	96,87%	C
REFRESCOS LACTEOS	269.246	1,34%	98,21%	C
PULVERIZADOS	127.245	0,63%	98,84%	C
POSTRES LACTEOS	107.732	0,54%	99,38%	C
CARNES	51.449	0,26%	99,64%	C
HELADOS	36.669	0,18%	99,82%	C
POSTRES NO LACTEOS	25.793	0,13%	99,95%	C
MERCADO	5.371	0,03%	99,97%	C
PANIFICACION	4.618	0,02%	100,00%	C
MERCHANDISING	740	0,00%	100,00%	C
DOTACION DE PERSONAL	65	0,00%	100,00%	C
SERVICIOS	0	0,00%	100,00%	C
Suma total	20.070.512	100%		

Tabla 5 Clasificación ABC. Fuente: Elaboración propia

En la **tabla 5** se observa que los productos clasificados como A, son las leches fluidas y los quesos, los derivados cárnicos, que son los productos de análisis de este trabajo están en clasificación C, procedemos a realizar un análisis de la participación de cada familia de producto en las bajas.

FAMILIA	2021	2022	Total, general
LECHES FLUIDAS	\$ 335.448.087	\$ 301.250.006	\$ 636.698.093

DERIVADOS CARNICOS	\$ 190.293.277	\$ 160.355.509	\$ 350.648.786
LECHES CULTIVADAS	\$ 168.456.331	\$ 142.776.246	\$ 311.232.577
QUESOS	\$ 197.156.700	\$ 111.071.888	\$ 308.228.588
CARNES	\$ 53.947.004	\$ 38.429.665	\$ 92.376.669
GRASAS	\$ 58.845.338	\$ 32.211.360	\$ 91.056.698
BEBIDAS NO LACTEAS	\$ 24.700.117	\$ 12.792.021	\$ 37.492.138
POSTRES LACTEOS	\$ 14.075.675	\$ 8.740.562	\$ 22.816.237
REFRESCOS LACTEOS	\$ 15.864.059	\$ 2.392.053	\$ 18.256.112
PANIFICACION	\$ 6.711.007	\$ 2.127.282	\$ 8.838.289
PULVERIZADOS	\$ 3.793.023	\$ 3.562.369	\$ 7.355.392
VARIOS	\$ 1.504.356	\$ 2.512.794	\$ 4.017.150
POSTRES NO LACTEOS	\$ 1.947.971	\$ 1.069.884	\$ 3.017.855
HELADOS	\$ 58.845	\$ 1.323.292	\$ 1.382.137
MERCADO	\$ 432.112	\$ 410.426	\$ 842.538
RANCHO Y LICORES	\$ 321.739		\$ 321.739
MERCHANDISING		\$ 13.200	\$ 13.200
Total, general	\$ 1.073.555.641	\$ 821.038.557	\$ 1.894.594.198

Tabla 6 Comparación de bajas de inventario año 2021-2022 en dinero. Fuente: Elaboración propia

En la **tabla 6** se observa las bajas de inventario durante los años 2021 y parte del 2022, y su valor en pesos colombianos, luego se realizó análisis porcentual de las bajas.

FAMILIA	2021	2022	Total, general
LECHES FLUIDAS	17,71%	15,90%	33,61%
DERIVADOS CARNICOS	10,04%	8,46%	18,51%
LECHES CULTIVADAS	8,89%	7,54%	16,43%
QUESOS	10,41%	5,86%	16,27%
CARNES	2,85%	2,03%	4,88%

GRASAS	3,11%	1,70%	4,81%
BEBIDAS NO LACTEAS	1,30%	0,68%	1,98%
POSTRES LACTEOS	0,74%	0,46%	1,20%
REFRESCOS LACTEOS	0,84%	0,13%	0,96%
PANIFICACION	0,35%	0,11%	0,47%
PULVERIZADOS	0,20%	0,19%	0,39%
VARIOS	0,08%	0,13%	0,21%
POSTRES NO LACTEOS	0,10%	0,06%	0,16%
HELADOS	0,00%	0,07%	0,07%
MERCADO	0,02%	0,02%	0,04%
RANCHO Y LICORES	0,02%	0,00%	0,02%
MERCHANDISING	0,00%	0,00%	0,00%
Total, general	56,66%	43,34%	100,00%

Tabla 7 Participación porcentual en bajas 2021-2022. Fuente: Elaboración propia

En la **tabla 7** se puede identificar la participación que tiene cada familia durante los años 2021 y parte del 2022.

De las tablas anteriores se observa que las leches fluidas tienen la participación más grande en las bajas de inventario, seguidas de los derivados cárnicos. Para efectos del modelo, vamos a realizar los análisis con la familia de derivados cárnicos teniendo en cuenta que estos se deben incinerar en cuanto se cumple su vida útil, en cambio, las leches fluidas tienen la posibilidad de ser reprocesadas luego que se acabe su vida útil y esto permiten que se reutilicen en otros procesos y no se pierdan en su totalidad, sin embargo, se espera que al identificar un modelo que cumpla con lo deseado, se aplique en lo posible al resto de las familias.

3. Métodos evaluados para determinación de cantidades óptimas

Para realizar este trabajo monográfico, se seleccionaron los 4 SKU de la línea derivados cárnicos que más ventas han registrado en el 2022 y que están relacionados en gran parte con las bajas de la familia de derivados cárnicos.

Familia	Línea	Código	Descripción	% Part Ventas en \$
DERIVADOS CARNICOS	CHORIZO	7350	CHORIZO CON TERNERA X 450G	14%
DERIVADOS CARNICOS	CHORIZO	7225	CHORIZO STARROSANO X500G	11%
DERIVADOS CARNICOS	JAMON	7511	JAMON SELECCIONADO X450G	9%
DERIVADOS CARNICOS	JAMON	7524	JAMON SELECCIONADO X225G	5%

Tabla 8 SKU simulación. Fuente: Elaboración propia.

Se evaluaron tres modelos con los que se espera llegar a un pedido óptimo y así disminuir las bajas, los modelos escogidos son Teoría de Restricciones (TOC), Cantidad Económica de Pedido (EOQ) y Demand Driven.

Se tomaron los datos historias de la demanda de cada uno de los SKU seleccionados entre el año 2021 y 2022, así como los datos del inventario existente, con esta información se realizó las revisiones o estimación que cada modelo proponía obteniendo los siguiente:

4. Resultados

Se revisaron los datos de los inventarios objetivos que cada modelo de administración de inventarios propone, así como el costo del inventario y los días promedio de inventario.

4.1. Teoría de Restricciones (TOC)

VARIABLES	7225 CHORIZO STARROSANO	7350 CHORIZO CON TERNERA X 450G	7511 JAMON SELECCIONADO	7524 JAMON SELECCIONADO
Demanda maxima en TP+TR	4.602	4.699	3.345	3.690
Cubrimiento al 20%	921	940	669	738
Buffer de inventario (17 días)	5.523	5.639	4.014	4.428
Rango Verde	5.523	5.640	4.014	4.428
Rango Amarillo	3.682	3.760	2.676	2.952
Rango Rojo	1.841	1.880	1.338	1.476
Costo promedio	\$ 7.588	\$ 7.544	\$ 7.697	\$ 3.959
Inventario Objetivo	3.682	3.760	2.676	2.952
Valor inventario Objetivo	\$ 27.939.016	\$ 28.365.440	\$ 20.597.172	\$ 11.686.968

Tabla 9 Análisis TOC. Fuente: Elaboración propia.

En la **tabla 9** se observa las zonas de inventario que propone TOC, el inventario objetivo y su valor (costo promedio).

4.2. Cantidad Económica de Pedido (EOQ)

Para la simulación que se realizó en busca de garantizar un nivel de servicio del 95%, lo primero fue realizar unos análisis estadísticos donde se lograra evidenciar si la demanda de cada SKU cumple con las características de una distribución de probabilidad normal para garantizar que, al utilizar la fórmula de la desviación combinada, se tenga la certeza que el stock de seguridad va a cubrir la demanda identificada.

	7225 CHORIZO STARROSANO X500G	7350 CHORIZO CON TERNERA X 450G	7511 JAMON SELECCIONADO X450G	7524 JAMON SELECCIONADO X225G			
Media	138,7	Media	215,4	Media	140,8	Media	143,4
Error típico	6,8	Error típico	8,6	Error típico	7,4	Error típico	8,1
Mediana	131,5	Mediana	205,0	Mediana	130,0	Mediana	137,5
Moda	0,0	Moda	0,0	Moda	0,0	Moda	0,0
Desviación estándar	98,9	Desviación estándar	125,4	Desviación estándar	107,7	Desviación estándar	118,6
Varianza de la muestra	9786,8	Varianza de la muestra	15719,8	Varianza de la muestra	11607,2	Varianza de la muestra	14063,6
Curtosis	7,2	Curtosis	1,5	Curtosis	0,9	Curtosis	9,0
Coefficiente de asimetría	1,9	Coefficiente de asimetría	0,8	Coefficiente de asimetría	0,9	Coefficiente de asimetría	2,0
Rango	644,0	Rango	781,0	Rango	572,0	Rango	829,0
Mínimo	0,0	Mínimo	0,0	Mínimo	-25,0	Mínimo	0,0
Máximo	644,0	Máximo	781,0	Máximo	547,0	Máximo	829,0
Suma	29410,0	Suma	45672,0	Suma	29854,0	Suma	30400,0
Cuenta	212,0	Cuenta	212,0	Cuenta	212,0	Cuenta	212,0
Mayor (1)	644,0	Mayor (1)	781,0	Mayor (1)	547,0	Mayor (1)	829,0
Menor(1)	0,0	Menor(1)	0,0	Menor(1)	-25,0	Menor(1)	0,0
Nivel de confianza(95,0%)	13,4	Nivel de confianza(95,0%)	17,0	Nivel de confianza(95,0%)	14,6	Nivel de confianza(95,0%)	16,1
Variabilidad	71%	Variabilidad	58%	Variabilidad	77%	Variabilidad	83%

Tabla 10 Análisis estadístico. Fuente: Elaboración propia.

En la **tabla 10**, los sku que cumplen con una curtosis dentro de la normal son 7350 y 7511, los sku 7225 y 7524 no están dentro lo parámetros de la normal, sin embargo, para motivos de los análisis de los 3 modelos de inventarios, se procede a aplicar la fórmula de la desviación combinada para determinar el SS y el costo del inventario que tendría este.

VARIABLES	7225 CHORIZO STARROSANO X500G	7350 CHORIZO CON TERNERA X 450G	7511 JAMON SELECCIONADO X450G	7524 JAMON SELECCIONADO X225G
Promedio LT		10	10	10
Desviación LT		1,6	1,6	1,7
Variabilidad LT		16%	16%	17%
Demanda Prom Día		139	215	141
Desviación est ventas		98,9	125,4	107,7
Nivel de Servicio		95%	95%	95%
K		1,64	1,64	1,64
SS		619	884	683
IS		163	206	177
Costo promedio		\$ 7.588	\$ 7.544	\$ 7.697
Inventario (17 días)		10.524	15.036	11.605
Inventario Objetivo		5.262	7.518	5.803
Valor inventario Objetivo		\$ 39.928.976	\$ 56.716.150	\$ 44.663.473

Tabla 11 Resultados desviación combinada. Fuente: Elaboración propia

En la **tabla 11** se puede observar el inventario objetivo propuesto por el EOQ, así como el valor del inventario.

4.3. Demand Driven

VARIABLES	7225 CHORIZO STARROSANO X500G		7350 CHORIZO CON TERNERA X 450G		7511 JAMON SELECCIONADO X450G		7524 JAMON SELECCIONADO X225G	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Tope Verde	5.508	3.443	8	5.930	15	3.833	19	4.410
Tope Amarillo	4.026	2.517	6	4.334	11	2.802	14	3.223
Tope Rojo	1.907	1.192	3	2.053	6	1.327	7	1.527
Costo promedio	\$ 7.588	\$ 7.588	\$ 7.544	\$ 7.544	\$ 7.697	\$ 7.697	\$ 3.959	\$ 3.959
Inventario Objetivo	2.648	1.655	4	2.851	8	1.843	10	2.121
Valor inventario Objetivo	\$ 20.093.024	\$ 12.558.140	\$ 30.176	\$ 21.507.944	\$ 61.576	\$ 14.181.723	\$ 37.611	\$ 8.395.060

Tabla 12 Análisis Demand Driven. Fuente: Elaboración propia

En la **tabla 12** los datos que observamos son el inventario objetivo propuesto por Demand Driven, así como el valor del inventario.

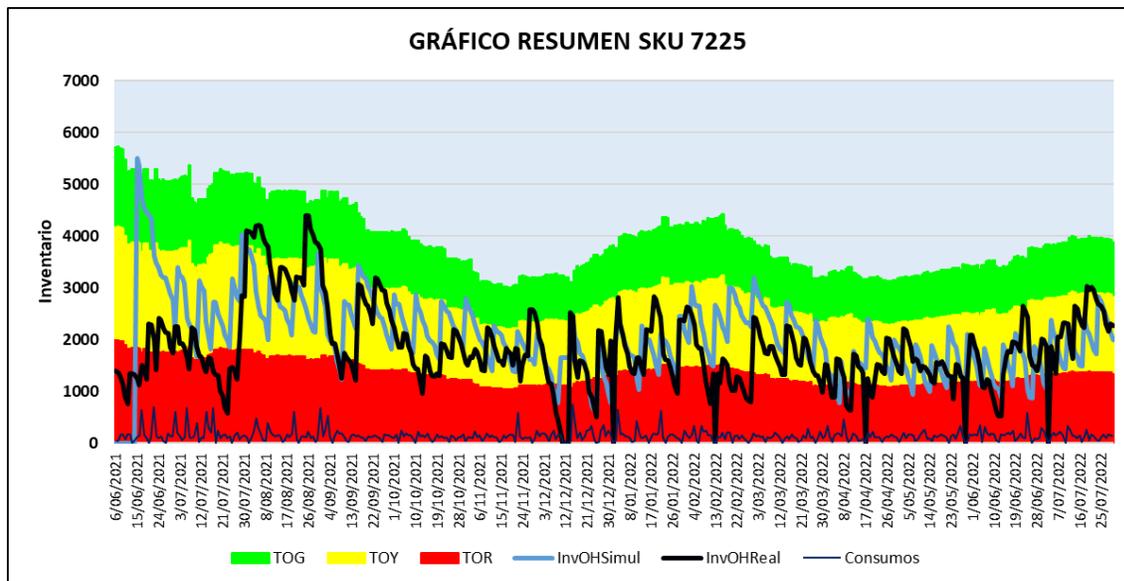


Figura 3 Simulación CHORIZO STARROSANO X500G. Fuente: Elaboración propia

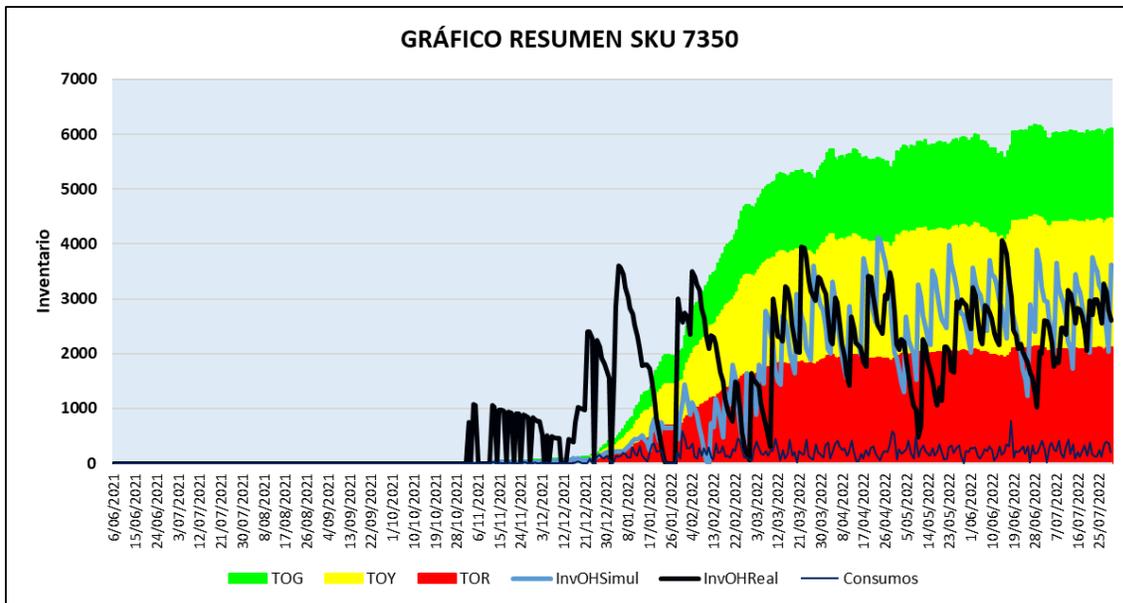


Figura 4 Simulación CHORIZO CON TERNERA X 450G. Fuente: Elaboración propia

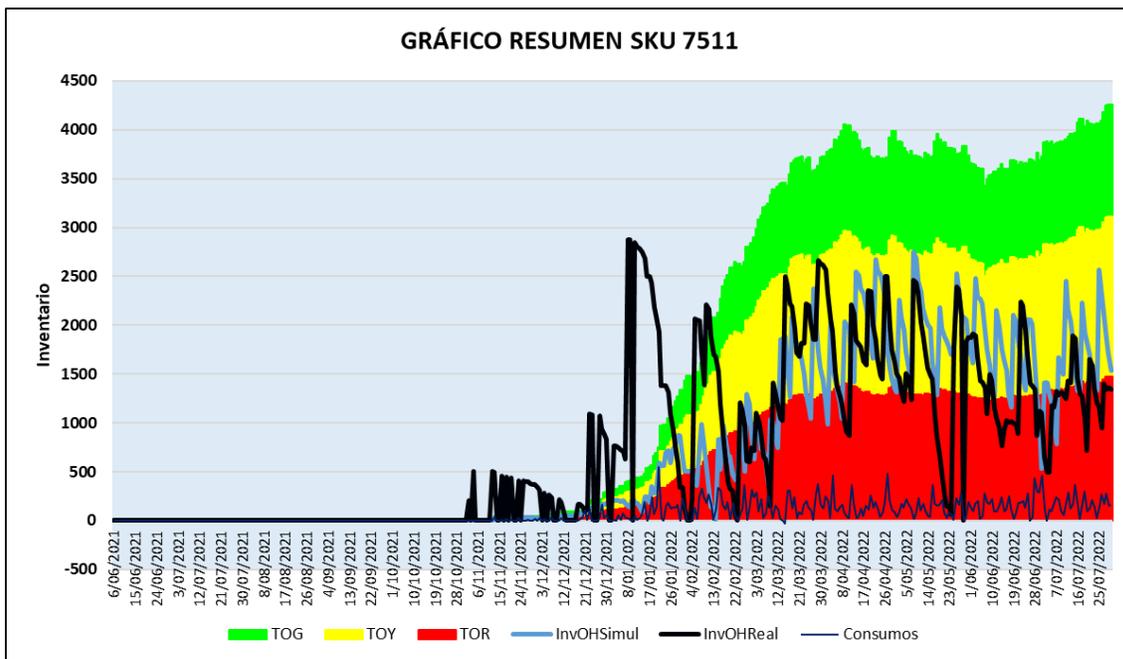


Figura 5 Simulación JAMON SELECCIONADO X450G. Fuente: Elaboración propia

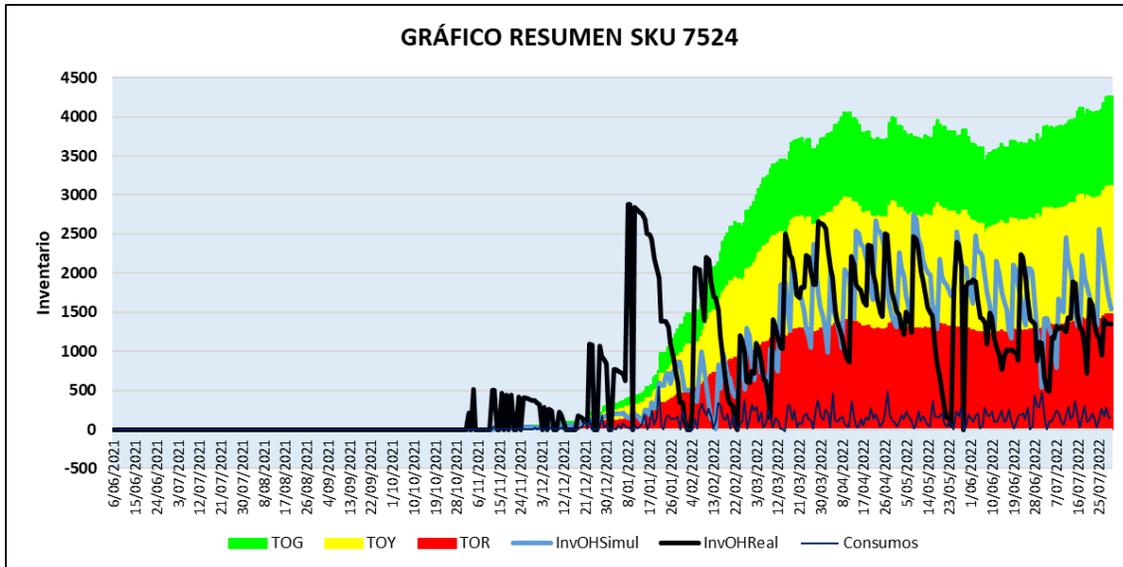


Figura 6 Simulación JAMON SELECCIONADO X225G. Fuente: Elaboración propia

En las **figuras 3, 4, 5 y 6** podemos identificar lo siguiente; el sku 7525 se observa una disminución en los tamaños de buffer recomendados por modelo de Demand Driven, en los sku 7350, 7511 y 7524, se evidencia un efecto contrario, esto debido a que los datos simulados tienen un rango en fechas en cero por los cambios que hubo en las presentaciones de los productos al interior de la organización.

4.4. Resumen y comparación de las diferentes simulaciones según modelos de inventarios.

VARIABLES	7225 CHORIZO STARROSANO	7350 CHORIZO CON TERNERA X	7511 JAMON SELECCIONADO	7524 JAMON SELECCIONADO X225G
Demanda Diaria Promedio		139	215	141
Inventario Objetivo (TOC)		3.682	3.760	2.676
Valor Inventario Objetivo (TOC)		\$ 27.939.016	\$ 28.365.440	\$ 20.597.172
Días de Inventario (TOC)		26	17	19
Inventario Objetivo (EOQ)		5.262	7.518	5.803
Valor Inventario Objetivo (EOQ)		\$ 39.928.976	\$ 56.716.150	\$ 44.663.473
Días de Inventario (EOQ)		38	35	41
Inventario Objetivo (DEMAND DRIVEN)		1655	2851	1843
Valor Inventario Objetivo (DEMAND DRIVEN)		\$ 12.558.140	\$ 21.507.944	\$ 14.181.723
Días de Inventario (DEMAND DRIVEN)		12	13	13

Tabla 13 Comparación resultados. Fuente: Elaboración propia

5. Conclusiones

- De los modelos analizados, el que mejor relación de costo nos plantea y por ende un menor nivel de inventario es Demand Driven.
- El modelo EOQ no es recomendable, debido no solo a que es el más costoso y el que más inventario propone, sino que los días de inventario que propone, exceden o son iguales a la vida útil de los productos simulados, esto implicaría que los productos corren más riesgo de perecer durante su almacenamiento.
- El modelo de TOC cumple con las características para garantizar que los productos no pierdan su vida útil durante el almacenamiento, la vida útil de los productos es de 35 días, el producto que tiene más días de inventario es de 26, habría 9 días para venderlo y evitar una baja.
- Se puede plantear la posibilidad de implementar el abastecimiento mediante TOC y luego pasar a Demand Driven, esto teniendo en cuenta que en Demanda Driven se corre mayor riesgo en la disminución del inventario objetivo y al aplicarlo en primera instancia puede generar novedades debido a la gran variabilidad de la demanda.
- Como recomendación, también se puede analizar la posibilidad con los actores de disminuir los tiempos de pedido (realizar pedidos con una tasa de tiempo menor) para lograr disminuir los inventarios objetivos.
- En ningún caso, la comercializadora debe aceptar productos que tengan una vida útil restante menor a la cantidad de días de inventario que representan el inventario objetivo.

6. Referencias

- Avinadav, T., A. Herbon, & U. Spiegel, Optimal inventory policy for a perishable item with demand function sensitive to price and time. *International Journal of Production Economics*, 2013. 144(2): p. 497-506.
- Herbon, A., Dynamic pricing vs. acquiring information on consumers' heterogeneous sensitivity to product freshness. *International Journal of Production Research*, 2014. 52(3): p. 918-933.
- Herbon, A., E. Levner, & T.C.E. Cheng, Perishable inventory management with dynamic pricing using time-temperature indicators linked to automatic detecting devices. *International Journal of Production Economics*, 2014. 147: p. 605-613.
- Duan, Q., & Liao, T. W. (2014). Optimization of blood supply chain with shortened shelf lives and ABO compatibility. *International Journal of Production Economics*, 153, 113–129. <https://doi.org/10.1016/J.IJPE.2014.02.012>
- Aazami, A., Saidi-Mehrabad, M., & Seyedhosseini, S. M. (2021). A bi-objective robust optimization model for an integrated production-distribution problem of perishable goods with demand improvement strategies: A case study. *International Journal of Engineering, Transactions A: Basics*, 34(7), 1766–1777. <https://doi.org/10.5829/IJE.2021.34.07A.21>
- Alrawabdeh, W. (2021). Multi-Period Age-Discriminated Perishable Inventory. *Management Systems in Production Engineering*, 29(2), 97–105. <https://doi.org/10.2478/mspe-2021-0013>