

## **PROYECTO DE PASANTÍA**

Realizado en el área de Supply Chain de Walmart Chile.

---

**Rediseño del modelo de gestión de inventario para reducir quiebres de stock y garantizar disponibilidad de productos en tienda.**

---

***Makarena Ignacia Morales Molina***

Proyecto para optar al título de Ingeniería Civil Industrial de la Facultad de Ingeniería y Ciencias de la Universidad Adolfo Ibáñez.

Profesor guía:

Raimundo Sánchez.

Santiago, Chile

2023

## Resumen Ejecutivo

La industria del Retail se encuentra en constante movimiento, debido a la alta competencia y exigencias de los consumidores, lo que ocasiona que las condiciones que rigen el mercado se encuentren variando constantemente, por lo que el área de abastecimiento posee un rol principal dentro de la logística de las empresas, cuya función principal es garantizar la disponibilidad de productos en tienda, entregando un grato servicio al cliente, por lo que debe mantenerse a la vanguardia con tal de generar valor agregado a cada uno de los productos que distribuye.

Este proyecto es realizado en Walmart Chile, en el área de abastecimiento, donde el objetivo es rediseñar el modelo de gestión de inventario, donde se obtiene una herramienta eficaz, basada en el modelo ARIMA, para anticipar y mitigar quiebres de stock, potenciando su eficacia en la mitigación de errores de pronósticos para reducir al mínimo los quiebres de stock.

Para el correcto desarrollo de este proyecto, se recopiló información de las bases de datos de la empresa, específicamente de la demanda, donde los indicadores de eficiencia se basan en datos empíricos.

## **Abstract**

The Retail industry is in constant motion due to high competition and consumer demands, causing market conditions to continually fluctuate. As a result, the supply chain plays a primary role within company logistics, with its main function being to ensure product availability in stores, providing excellent customer service. To achieve this, it must stay at the forefront in order to add value to each distributed product.

This project is carried out at Walmart Chile in the supply chain department, with the goal of redesigning the inventory management model. The aim is to develop an effective tool based on the ARIMA model to anticipate and mitigate stockouts, enhancing its efficiency in forecast error mitigation to minimize stockouts.

For the proper development of this project, information was gathered from the company's databases, specifically from the demand data, where efficiency indicators are based on empirical data.

## Índice

<b>1. Introducción.....</b>	<b>5</b>
a) Contexto de la empresa.....	5
b) Contexto del problema.....	7
<b>2. Objetivos .....</b>	<b>9</b>
a) Objetivo general .....	9
b) Objetivos específicos .....	9
c) Medidas de desempeño .....	9
<b>3. Estado del arte .....</b>	<b>10</b>
<b>4. Alternativas de solución.....</b>	<b>13</b>
<b>5. Desarrollo de la solución.....</b>	<b>14</b>
a) Metodología .....	14
b) Plan de implementación.....	18
c) Análisis de riesgos.....	19
d) Evaluación económica.....	20
<b>6. Resultados .....</b>	<b>22</b>
<b>7. Conclusiones .....</b>	<b>26</b>
<b>8. Referencias .....</b>	<b>27</b>

## 1. Introducción

### a) Contexto de la empresa

Walmart es una empresa multinacional de origen estadounidense, dedicada a la venta minorista de productos de consumo, fundada en el año 1962 por Sam Walton en Rogers, Arkansas. La empresa cuenta con operaciones en más de 20 países, con aproximadamente 10.500 tiendas.

Walmart es una Sociedad Anónima (SA), que ingresa a Chile en el año 2009 y actualmente cuenta con 384 locales distribuidos en todo el país, empleando a cerca de 51.000 personas, operando bajo varias marcas, siendo “*Líder*” la más reconocida y de mayor presencia a nivel nacional. Sin embargo, también existen otros formatos como “*Super Bodega Acuenta*” y “*Central Mayorista*”.

La estrategia implementada por Walmart ha demostrado ser exitosa y logra ocupar el primer lugar en participación de mercado, según el Tribunal de libre competencia. Esto se puede observar gráficamente en la Figura 1, donde Walmart cuenta con un 34% de participación de mercado, seguido de un 24% de Cencosud, un 19% de SMU y un 23% de otros supermercados.

#### PARTICIPACIÓN DE MERCADO

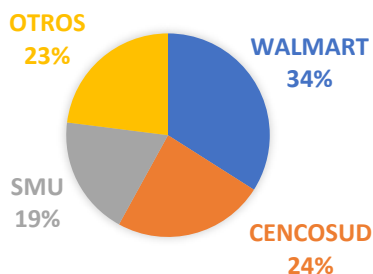


Figura 1: Participación de mercado de Walmart Chile con respecto a la competencia  
(Elaboración propia).

Por otro lado, Walmart Chile cuenta con otras dos empresas asociadas, “*Filial Walmart Chile Servicios Financieros*” dedicada al área financiera, ofreciendo tarjetas de crédito presto y Líder Mastercard. Además, cuenta con participación en proyectos inmobiliarios a través de su filial “Walmart Chile Inmobiliaria”. (Sitio web Walmart chile, 2023).

Este proyecto fue realizado en el área de Supply Chain (Cadena de suministro) de Walmart Chile, donde el foco principal es la planificación, producción, distribución y gestión de bienes y servicios desde el origen hasta el consumidor final. Específicamente en el área de abastecimiento, cuyas funciones principales son la negociación de contrato y acuerdos, pronósticos de demanda futura, desarrollo de estrategias para satisfacer la demanda y garantizar disponibilidad de productos en las tiendas, para una correcta experiencia del consumidor.

A continuación, se muestra el organigrama de Supply Chain de Walmart Chile, donde en el área de abastecimiento se encuentran cuatro gerencias principales, donde tres de ellas se encargan de abastecer cada uno de los segmentos, donde se encuentra “PPS”, es decir productos perecederos que se conservan en frío, luego está “ACP”, que corresponde a alimentos, consumibles y mascotas, finalmente se tiene “GM” quienes abastecen productos que no son consumibles, como papelería, juguetería y productos del hogar.

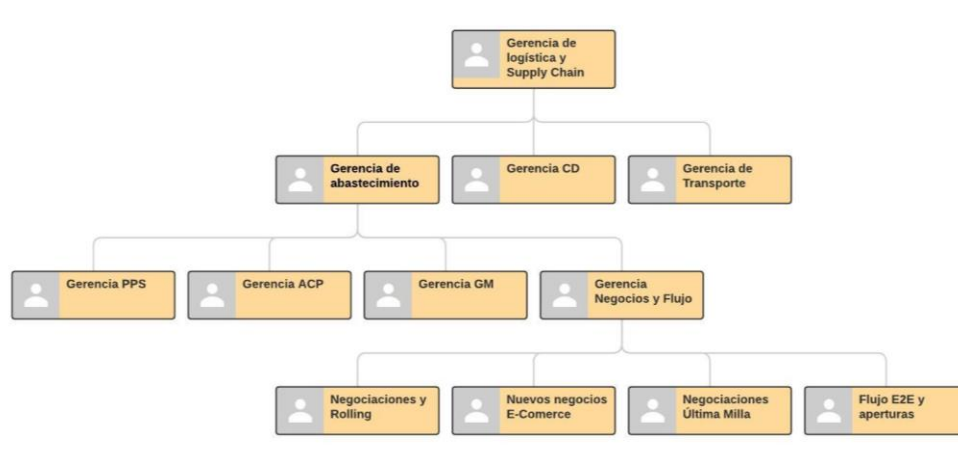


Figura 2: Organigrama de Supply Chain en Walmart Chile (Elaboración propia).

Específicamente el alumno se encuentra realizando su pasantía en la gerencia de negociaciones y flujo, en el equipo de Flujo E2E y aperturas, el cual se encarga de velar por el correcto flujo de mercadería hacia los locales, garantizando disponibilidad a los clientes, de principio a fin (E2E). Cuya principal función es adelantarse constantemente a cualquier evento que pueda interrumpir el correcto flujo de mercadería y levantar alertas sobre cambios bruscos en la demanda.

## b) Contexto del problema

La industria del Retail se encuentra en constante movimiento, debido a la alta competencia y exigencias de los consumidores, por lo que el área de logística debe encontrarse a la vanguardia para generar márgenes de utilidad, considerando que la misión de Walmart Chile es garantizar disponibilidad de productos a los clientes al menor precio. (Sitio web Walmart Chile, 2023).

Uno de los principales problemas que afecta a esta empresa, centrándose en el área de logística son los quiebres de stock, provocando la falta de disponibilidad de productos en tienda, lo cual se puede observar en locales con góndolas vacías, afectando la percepción del cliente.

Actualmente el objetivo de la empresa es garantizar con un 96% de disponibilidad de productos en tienda. Este objetivo no está siendo cumplido principalmente por un mal pronóstico de la demanda, donde se estima una menor cantidad a la que realmente se está vendiendo.

Esta situación se ve reflejada principalmente a fin de mes, donde las ventas aumentan y la disponibilidad de productos en tienda disminuye drásticamente, si no se realiza un buen pronóstico, para explicar esta situación se muestra un gráfico con la variación de disponibilidad desde enero hasta julio del presente año.

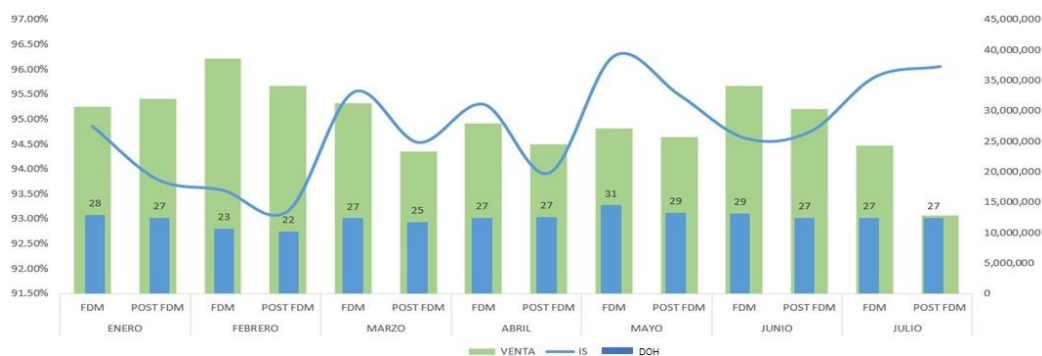


Figura 3: Variación de disponibilidad de producto de enero a julio 2023 (Elaboración propia).

En la Figura 3 se puede observar que la disponibilidad de productos en tienda disminuye alrededor de 3 puntos bajo el objetivo, lo que se puede ver reflejado en una mala experiencia del cliente, observando góndolas vacías.

Para comprender la problemática se realizó un diagrama de Ishikawa, identificando las causas para poder implementar las acciones correctas.

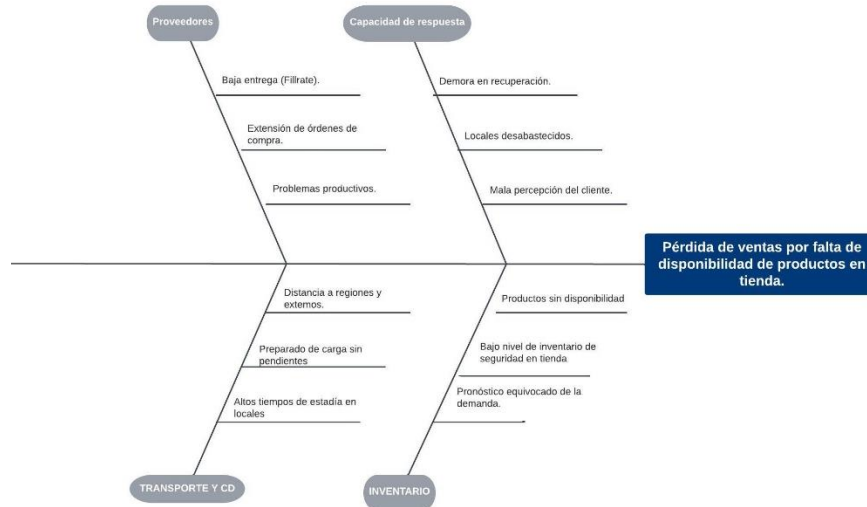


Figura 4: Diagrama de Ishikawa (Elaboración propia).

En la figura 4 se demuestran las principales causas del problema, donde se tienen 4 principales actores, los proveedores, la capacidad de respuesta del local, transporte en centro de distribución e inventario, donde la principal razón que se puede trabajar según el área en que se encuentra realizando la pasantía es la gestión de inventario, donde se detecta un mal pronóstico de la demanda, generando quiebres de stock.

Finalmente, se obtiene que el principal problema es la pérdida de ventas por falta de disponibilidad de productos en tienda o quiebres de stock, generado por un pronóstico equivocado de la demanda lo que genera que no se tenga el inventario necesario para cubrir las ventas diarias.



## 2. Objetivos

### a) **Objetivo general**

Rediseñar el modelo de gestión de inventario para productos con alto índice de quiebres de stock, con el objetivo de garantizar una disponibilidad del 96% de estos productos en locales críticos, en un periodo de 6 meses.

### b) **Objetivos específicos**

- i. Identificar los productos con mayor índice de quiebres de stock en locales que se consideran críticos.
- ii. Generar modelo de pronóstico de demanda de los productos con mayor índice de quiebres.
- iii. Cuantificar demanda actual y futura de los productos con mayores quiebres de stock.
- iv. Determinar los nuevos niveles de inventario para los productos identificados.

### c) **Medidas de desempeño**

Para medir la correcta implementación del proyecto, se fijaron medidas de desempeño para poder evaluar los objetivos específicos.

- i. **Instock:** Representa el nivel de disponibilidad de productos en tienda, corresponde a un número binario que indica que si la cantidad disponible de un producto satisface la venta de un día se representa con 1, y 0 en caso contrario. Se calcula con la siguiente formula:

$$IS = \frac{\sum IS_{ij}}{IC}$$

Donde  $IS_{ij}$  corresponde al instock del ítem i en el local j, e IC es el total de combinaciones Ítem- local.

- ii. **Forecast Bias:** Medida utilizada para evaluar la precisión del pronóstico en comparación a las ventas reales, representado por la siguiente formula:

$$BIAS_{ij} = \frac{Pronóstico}{Ventas} - 1$$

### 3. Estado del arte

Para el correcto desempeño de este proyecto se realizó una exhaustiva investigación con respecto a cómo otras empresas de índole similar a Walmart Chile pudieron solucionar el problema de la pérdida de ventas por falta de disponibilidad en tienda, generando quiebres de stock baja disponibilidad de productos en tienda a fin de mes, lo que se ve reflejado en quiebres de stock, mostrando góndolas vacías a los clientes.

En primer lugar, se tiene que una estrategia efectiva para prevenir quiebres de stock, es el rediseño del modelo de gestión de inventario, mediante la realización de nuevos pronósticos de venta, identificando los puntos críticos de ruptura, cuantificando el error entre el pronóstico y la demanda real. Se desarrolló un modelo innovador que utiliza un enfoque basado en el pronóstico de la demanda y no en la demanda promedio.

Corresponde a un enfoque más preciso que se adapta a las condiciones del mercado enfocándose directamente en las proyecciones de la demanda mejorando las decisiones, a través del siguiente modelo:

$$Q_i = \begin{cases} T_i - (I_i + \sum_{j=i-L+1}^{i-1} Q_j), & \text{si } T_i - (I_i + \sum_{j=i-L+1}^{i-1} Q_j) > 0 \\ 0 & , \text{ si } T_i - (I_i + \sum_{j=i-L+1}^{i-1} Q_j) < 0 \end{cases}$$

Donde,

- $Q_i$  = Cantidad a ordenar a proveedores a principio del mes i.
- $T_i$  = Inventario objetivo a principio del mes i.
- $\sum Q_j$  = Inventario en tránsito (Órdenes que todavía no llegan a la empresa).

Con este modelo, la cantidad estimada debe ser suficiente para cubrir la demanda por todo el tiempo previsto, es decir el tiempo de revisión (P) y el tiempo de transporte hasta el punto de ventas (L).

Luego de tener una base de la demanda pronosticada se debe determinar un inventario de seguridad, para cubrir cualquier incertidumbre, ya sea un aumento de ventas, un problema en la llega de la carga siguiente, entre otras. Finalmente, el inventario objetivo a principio del mes  $i$ , se define como:

$$T_i = D(P + L)_i + SS_i$$

Donde,

- $D(P + L)_i$  = Demanda pronosticada a principio del mes  $i$  para los próximos  $P + L$  meses.
- $SS_i$  = Inventario de seguridad para el mes  $i$ .

Por otro lado, para determinar el inventario de seguridad se utiliza la siguiente formula:

$$SS = Z\sigma_{D(L+P)}$$

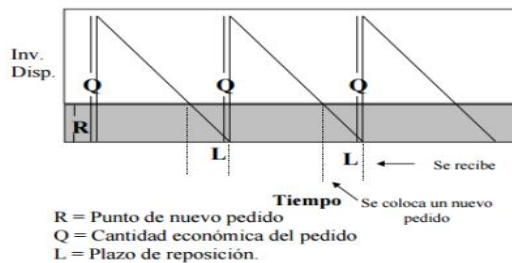
Donde:

- $\sigma_{D(L+P)}$  = Desviación estándar de la demanda durante el tiempo de abastecimiento.
- $Z$  = Factor de seguridad.

Es así como se logra determinar el pronóstico de ventas. (Toral, 2008).

El segundo caso de estudio corresponde a realizar un modelo ABC, en el cual se distribuyen en la zona A, los productos que representan el 20% del total, en cuanto a cantidad y concentran un 75% del total de las ventas, en la zona B, se encuentran los productos que representan un 30% del total y concentran un 20% de las ventas, y finalmente, están los productos de la zona C, los cuales representan el 50% del total, pero solo concentran el 5% de las ventas.

Este modelo se ajusta de cantidad fija de pedido, el cual consiste es determinar el punto específico  $R$ , en el cual se posiciona el pedido y el tamaño  $Q$  de este, pasando por un posicionamiento del inventario, es decir las cantidades disponibles, más las pedidas. Este modelo se puede observar gráficamente de la siguiente forma:



El segundo paso es encontrar la cantidad  $Q$  del pedido óptimo, minimizando los costos, esto da origen a un punto cuando la inclinación de la curva es 0, por lo que se toma la derivada del costo total con respecto a  $Q$  y se fija en 0, o en otras palabras se realiza un modelo EOQ. (Olate y Puelle, 2017).

El tercer caso de estudio consiste en el rediseño de un modelo de gestión de inventario utilizando modelos autorregresivos integrados de medias móviles o ARIMA, donde se define una variable endógena en cierto periodo, definida por los periodos anteriores, añadiendo un término de error, o el que se puede interpretar como stock de seguridad. Este modelo indica que todo pronóstico puede expresarse mediante una combinación lineal de sus valores pasados.

En este caso particular, es necesario extraer datos que puedan generar ruido blanco, o que se presenten como una demanda inconsistente con el resto. Es decir, una particularidad o cambio brusco en la demanda. (Arce y Mahía, 2004).

#### 4. Alternativas de solución

A partir de la investigación realizada en el estado del arte, se obtienen distintas opciones viables, para el presente proyecto, pero en este caso se desprenden dos posibles soluciones, las cuales se detallan a continuación.

La primera opción es basada en la investigación de Toral, enfocándose en un modelo que utiliza el pronóstico de la demanda como base, y no las ventas en sí para luego realizar la estimación. Este modelo a pesar de haber tenido éxito en la empresa de neumáticos no es viable para el caso de Walmart Chile, porque las ventas son variables, y no es un valor estático, por lo que el modelo no puede enfocarse en predicciones anteriores, dado que en este caso particular se asume que las predicciones son incorrectas, dado que se están analizando específicamente los quiebres.

La segunda opción, es basada en dos proyectos de investigación, donde se propone realizar un pronóstico con el Modelo ARIMA, es decir un modelo de gestión de inventario utilizando modelos autorregresivos integrados de medias móviles, para luego realizar un modelo EOQ para obtener el inventario de seguridad necesario para satisfacer la demanda de los días en los que no se abastece el local. Finalmente, se considera que esta es la solución escogida por el hecho que es un modelo más robusto que considera variabilidad y la demanda pasada para adaptarse a las condiciones de la forma más realista posible y obtener los pronósticos de forma precisa. Esta solución se considera más robusta, ya que se enfoca en dos modelos completamente distintos que funcionan en distintas condiciones, por lo que se puede hacer un cálculo más preciso.

## 5. Desarrollo de la solución

### a) Metodología

Para el correcto desarrollo de este proyecto se determinaron 6 pasos relevantes, los cuales se detallan a continuación:

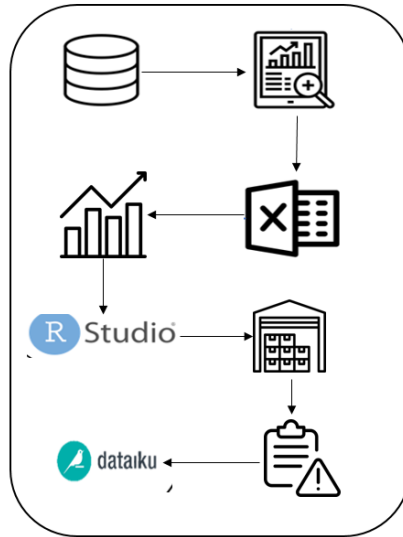


Figura 5: Plan de implementación del proyecto (Elaboración propia).

1. Levantamiento de información desde tablas de Bigquery.
2. Crear una visualización de los principales quiebres y disponibilidad de productos en Power BI.
3. Determinar categorías con principales quiebres durante el año actual.
4. Identificar patrones en la serie de tiempo.
5. Desarrollar pronósticos con modelo ARIMA en R studio.
6. Determinar stock de seguridad con modelo EOQ
7. Determinar errores con error cuadrático medio.
8. Flujo automático en dataiku.

La fase inicial del proyecto implica la extracción de datos desde Google Big Query, plataforma empleada por la empresa para el almacenamiento de información. En este caso se utiliza el lenguaje SQL para realizar consultas que permitan analizar el comportamiento de las categorías quebradas.

Luego de extraer la información necesaria se creó una visualización en la herramienta Power Bi, con tal de permitir una rápida y fácil identificación de las categorías que actualmente presentan quiebres, facilitando así la revisión necesaria para obtener perspectivas futuras. Esta visualización contiene los quiebres experimentados en los últimos 30 días, las ventas en cajas de estas categorías y el comportamiento de disponibilidad en tienda e inventario disponible en tienda de los últimos 30 días.

En tercer lugar, se identifican las categorías con mayores quiebres durante el último año, examinando los datos de inventario. Estos productos corresponden a los que no se encuentran disponibles para su venta, debido a que no hay existencias en la tienda. A partir de estos productos quebrados se determinó que no tienen disponibilidad en tienda porque el nivel de ventas supera la capacidad de suministro. En este caso se deben aislar los productos que no han generado un impacto negativo recurrente en el stock de los locales. Esto se realiza analizando el total de las categorías existentes en el local, calculando el porcentaje de la cantidad de veces que el producto se encontró quebrado para finalmente poder graficar la información.

En cuarto lugar, se identifican los patrones presentes en la serie de tiempo, lo que permite analizar cómo se comportaron los datos en el pasado y detectar posibles tendencias para poder proyectar de forma correcta el comportamiento a futuro. Esta información se obtiene graficando la demanda pasada, con la información obtenida desde Big Query, esto con el fin de descomponer la serie de tiempo y analizar si posee alguna de las siguientes características:

- Tendencia: Movimiento gradual de variabilidad, ya sea de subida o bajada de los valores de datos a lo largo del tiempo.
- Estacionalidad: Determinar si se observa un patrón de variabilidad en los datos que se repite cada cierto número de días, semanas, meses o trimestres.
- Ciclos: Identificar patrones presentes cada cierto número de años, normalmente relacionados con ciclos económicos y poseen gran importancia en el análisis y planificación de negocios a corto plazo.

- Variaciones irregulares o aleatorias: Corresponden a irregularidades en los datos causadas por el azar y situaciones inusuales. No siguen ningún patrón perceptible, por lo que no se pueden predecir (Heizer, 2015,141).

En quinto lugar, se debe realizar el pronóstico, manejando variaciones estocásticas correlacionadas. El modelo utilizado es “*AutoRegressive Integrated Moving Average*” (ARIMA), el cual es basado en el conocido modelo “*Medias móviles*” donde,

- AR: P = Orden de la parte autorregresiva del modelo.
- I: d = Grado de la primera diferencia.
- MA: q = Orden del promedio móvil.

Utilizando el caso de orden integrado (o de primera diferencia) es cero, denotado ARIMA, se tiene la siguiente ecuación, considerando medias móviles:

$$x_t = a + B_1X_{t-1} + B_2X_{t-2} + B_pX_{t-p} + \varepsilon_t + \theta_1\varepsilon_{t-1} + \theta_1\varepsilon_{t-2} + \theta_1\varepsilon_{t-q}$$

En la ecuación anterior  $\varepsilon_t$  hace referencia a los errores que son tratados como variables exógenas en el modelo. Este modelo tiene como objetivo prever el comportamiento estocástico de la demanda mediante la correlación entre los errores de pronóstico consecutivos. (Arce y Mahía, 2004).

Luego de realizar el pronóstico se debe determinar el stock de seguridad, donde se utiliza el modelo EOQ (Cantidad económica de pedido), el cual corresponde a un modelo matemático utilizado en la gestión de inventarios para determinar la cantidad óptima de productos que deben ser ordenados en cada pedido con el objetivo de minimizar los costos totales de inventario. El modelo es basado en varios supuestos como una demanda conocida y constante, ausencia de quiebres de stock, costos de emisión del pedido y costos de almacenamiento unitarios. Al encontrar la cantidad óptima de pedido, se logra un equilibrio entre los costos asociados al mantenimiento de inventario y los costos asociados al mantenimiento de inventario y los costos asociados a las órdenes de compra. (Olate y Puelle, 2017).



A continuación, se presenta la función de costo anual que se debe minimizar:

$$CT = Ch \left( \frac{Q}{2} \right) + Co \left( \frac{D}{Q} \right) + Ca * D$$

Donde,

- CT = Costo total de la administración del inventario (\$/Anual).
- D = Demanda del periodo (Unidades/Anuales).
- Q = Cantidad de pedido (Unidades).
- Co = Costo por ordenar un pedido (\$/Pedido).
- Ch = Costo de almacenamiento por unidad (\$/anual).

Luego de determinar el pronóstico se debe calcular el error, para esto se utiliza el error cuadrático medio (MSE), donde se calcula el error al cuadrado luego se suma y se divide entre el número de observaciones, como se observa en la siguiente ecuación:

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (Y_t - Y'_t)^2$$

Finalmente, todo el proceso detallado anteriormente se automatiza en un flujo en el software Dataiku, donde es necesario filtrar el producto que se quiere analizar para que entregue el pronóstico deseado, utilizando el modelo de ARIMA en R studio, para determinar el pronóstico de la demanda.

## **b) Plan de implementación**

1. Capacitación de analistas: Proceso en que se capacita a los analistas involucrados en el proceso de identificación de quiebres y carga de datos, al ser un proceso transversal se extrapola a todos los analistas del área de abastecimiento, presentando el modelo en un proyecto generado para estas instancias llamado “Academia Supply”, donde se presentan distintos temas para automatizar los procesos de los analistas, para esto se generó un material visual, con una presentación donde se explica el funcionamiento del modelo y se presenta la visualización en Power Bi para que puedan mantenerse al tanto de los productos que actualmente se encuentran quebrados.
2. Pruebas piloto: Realizar pruebas con un subconjunto de categorías que hasta el día de hoy eran las categorías más quebradas para poder realizar los ajustes según sea necesario.
3. Implementación gradual: Implementar el modelo con algunas categorías, donde el flujo automático entrega el pronóstico y se debe ingresar de forma manual en el sistema de abastecimiento automático (GRS). Esto dado que uno de los próximos pasos podría ser el conectarlos directamente a este sistema.
4. Seguimiento y mejora continua: Establecer un mecanismo de retroalimentación para que los analistas levante cualquier problema o sugerencia en las estimaciones.
5. Documentación: Finalmente el detalle quedó registrado en un Confluence, que corresponde a una plataforma donde cualquier persona tiene acceso a revisar la información para entender como funciona el modelo de pronósticos.

### c) Análisis de riesgos

A continuación, se muestran los principales riesgos que se pueden presentar, tanto en el desarrollo del proyecto, como en su implementación. Para esto se generó una matriz de riesgos, con el fin de tenerlos en conocimiento y tener un plan previo en caso de que se presenten.

Actividad	Probabilidad	Impacto	Nivel de riesgo
Caída de sistema	2	4	Alto
Cambio en el personal	4	2	Bajo
Falta de actualización	4	4	Alto
Fallo en el pronóstico	2	5	Extremo

Figura 6: Matriz de riesgos (Elaboración propia).

En este proyecto se pudieron identificar 4 principales riesgos, donde en primer lugar, se tiene el fallo en el pronóstico, definido como riesgo extremo, lo cual puede suceder si el modelo no se realiza de forma correcta. Luego, identificado como riesgo alto se tiene la falta de actualización, y caída del sistema, finalizando con riesgo bajo el cambio en personal, por falta de capacitación.

Luego de analizar los principales riesgos, se define que la forma de reducirlos al mínimo es dejar el flujo automático en Dataiku, flujo que debe correr una semana antes de fin de mes, todos los días a las 10 P.M. Esto ayuda a reducir los riesgos, dado que, al tener información nocturna, se da por cerrado el día y se tiene información de las ventas del día para poder tenerlas en cuenta en la información. Esto reduce el problema del fallo en el pronóstico, ya que al no tener modificaciones por ser un flujo automático, se espera que funcione de forma correcta, también reduce el riesgo de falta de capacitación, ya que a los analistas les llegará un correo automático con los ajustes que deben hacer en la plataforma de reabastecimiento. Finalmente, también se reducen los errores de una caída de sistema, ya que, al correr todos los días, si un día en particular se genera un error, al día siguiente entregará la información de forma correcta.

#### d) Evaluación económica

Se realizó un análisis de los principales costos y beneficios que trae el proyecto a largo plazo, estimado como afectaría a la compañía a lo largo de 3 años.

ÍTEM/AÑO	0	1	2	3
Ingreso por venta Incremental		\$ 18.930.761	\$ 19.877.299	\$ 20.871.164
Costos Variables		\$ -139.458	\$ -146.431	\$ -153.752
Ahorros por ordenar		\$ 2.204.762	\$ 2.315.000	\$ 2.430.750
Costos por mantener - Incremental		\$ -526.235	\$ -552.547	\$ -580.174
Costo de adquisición - Incremental		\$ -17.823.396	\$ -18.714.566	\$ -19.650.294
Interes	\$ -593.249	\$ -796.920	\$ -604.790	\$ -346.698
Utilidad antes de Impuesto		\$ 1.849.514	\$ 2.173.966	\$ 2.570.995
Impuesto (27%)		\$ -499.369	\$ -586.971	\$ -694.169
Utilidad después de Impuesto		\$ 1.350.145	\$ 1.586.995	\$ 1.876.827
Amortización		\$ -559.632	\$ -751.762	\$ -1.009.854
Capital de trabajo	\$ -1.728.000			
Crédito Bancario	\$ 1.728.000			
Flujo de caja	\$ -593.249	\$ 790.513	\$ 835.233	\$ 866.973
Tasa de descuento	4,82%			
Valor actual neto	\$ 1.596.916			

Figura 7: Evaluación económica (Elaboración propia).

Para realizar el análisis se tiene como inversión el sueldo promedio del pasante el cual corresponde a \$288.000, el cual al considerarlo en un periodo de 6 meses que dura la pasantía, llegando a un total de \$1.728.000.

Para determinar los ingresos, se considera la reducción de costos operativos, la reducción del inventario en tienda y el ingreso adicional obtenido por las ventas generadas al reducir los quiebres de stock.

Para obtener la tasa de descuento se utiliza el método CAPM para valorar los activos financieros, con la siguiente formula (Valderrama, 2011):

$$R_i = R_f + B(R_m - R_f)$$

Donde,

- $R_f$  = Tasa libre de riesgo.
- $B_i$  = Rendimiento sistemático.
- $R_m$  = Rendimiento del mercado.

Se utiliza la tasa del banco central, es decir un 4,6%.

Adicionalmente, se consideran costos variables los cuales están en función de la mercadería almacenada, los ahorros por ordenar, reduciendo costos de transporte. Es por esto, por lo que se obtiene que el proyecto entrega un VAN positivo, por lo que es conveniente realizar el proyecto.

## 6. Resultados

Para demostrar los resultados obtenidos en el proyecto, al ser un sistema para realizar pronósticos de inventario, para su demostración se utiliza como ejemplo el local 57, ubicado en Vitacura, región metropolitana.

En primer lugar, se generó la visualización para poder determinar los principales quiebres, donde se muestra la vista principal, donde se tienen los principales quiebres en los últimos 30 días, la venta en cajas de las últimas 5 semanas y la evolución de disponibilidad de productos en tienda e inventario disponible en cada una de las categorías por local.

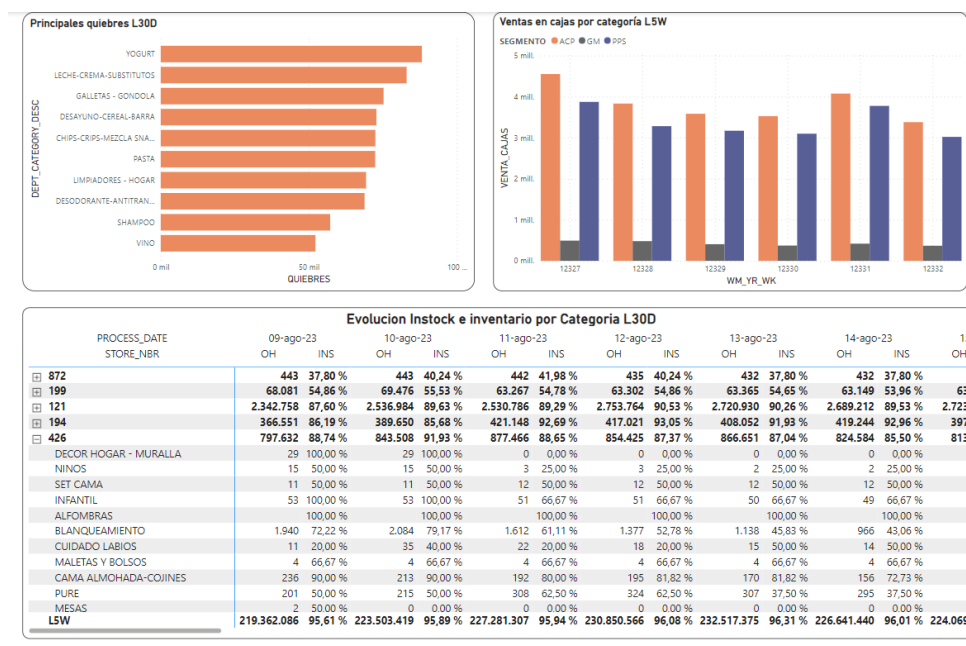


Figura 8: Visualización en Power BI de los principales quiebres (Elaboración propia).

Luego, se realiza un diagrama para poder graficar los principales quiebres de las 107 categorías que presenta el local 57.

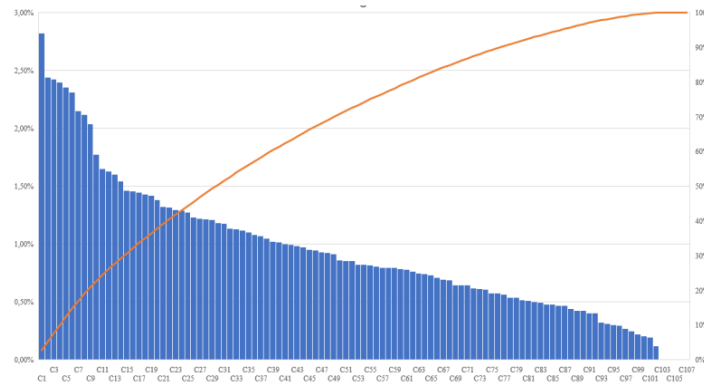


Figura 9: Diagrama de los quiebres presentados por el local 57.

A partir de la figura anterior se determina que la categoría identificada con el número 1 es la que presenta la mayor cantidad de quiebres, la cual se puede identificar como “BEBIDAS - AGUA”, con la siguiente demanda durante los primeros 6 meses del año en curso.

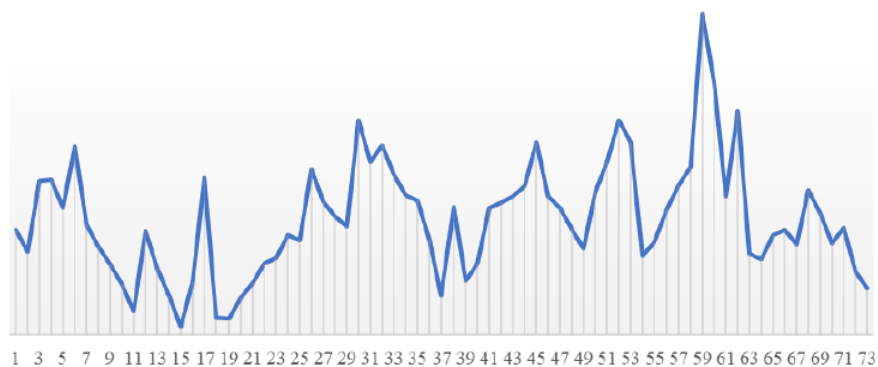


Figura 10: Comportamiento de la demanda de la categoría BEBIDAS – AGUA en local 57.

Según el comportamiento de la demanda se realiza la descomposición de la serie temporal, donde no se observan indicios claros de estacionalidad debido a la cantidad limitada de información disponible, esto debido a que la data que proporciona la empresa solo es anual. Por otro lado, no se evidencia una tendencia clara ni ciclos identificables. Se cree que esto se debe principalmente a la variabilidad de la demanda.

Luego de graficar la demanda, se realiza el pronóstico con el modelo de ARIMA en R studio, obteniendo el siguiente pronóstico:

```
> pronostico
```

	Point	Forecast	Lo 80	Hi 80	Lo 95	Hi 95
2023.404	54.61975	-32.37625	141.6158	-78.42916	187.6687	
2023.423	54.38483	-47.54602	156.3157	-101.50495	210.2746	
2023.442	54.47388	-66.93717	175.8849	-131.20830	240.1561	
2023.462	54.44012	-81.47505	190.3553	-153.42420	262.3044	
2023.481	54.45292	-95.32719	204.2330	-174.61599	283.5218	
2023.500	54.44807	-107.74834	216.6445	-193.60994	302.5061	
2023.519	54.44991	-119.37283	228.2726	-211.38902	320.2888	
2023.538	54.44921	-130.23554	239.1340	-228.00174	336.9002	
2023.558	54.44947	-140.50520	249.4042	-243.70798	352.6069	
2023.577	54.44937	-150.25625	259.1550	-258.62086	367.5196	

Figura 11: Pronóstico de la categoría BEBIDAS – AGUA Realizado en R studio.

Luego de obtener el pronóstico es necesario graficarlo y cruzarlo con la venta que realmente se obtuvo y se llega a la siguiente información:

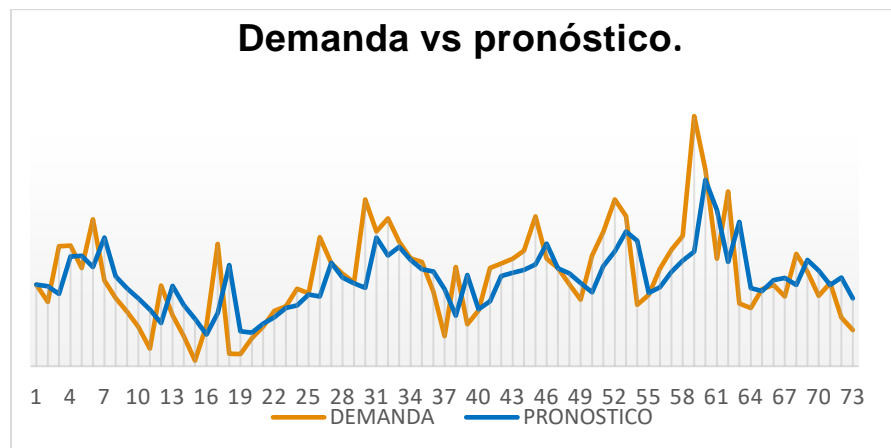


Figura 12: Demanda vs pronóstico de la categoría BEBIDAS – AGUA.

Donde se observa gráficamente que el pronóstico sigue un patrón similar a la demanda.



Luego se estima el inventario de seguridad con el modelo EOQ, el cual se ve representado en la siguiente figura, con el fin de determinar el inventario de seguridad óptimo para poder cumplir con las necesidades y evitar quiebres de stock.

Concepto	Sigla	Fórmula	Resultado
Lote económico	$Q^*$	$\sqrt{\frac{2 \cdot D \cdot C_o}{Ch}}$	1.101
Demanda diaria	d	$\frac{D}{DL}$	293
Cantidad de pedidos	N	$\frac{D}{Q}$	96
Tiempo de ciclo	$T_c$	$\frac{Q}{d}$	4
Stock de seguridad	ss	$ss = Z * \sigma_s$	842
Punto de reorden	S	$S = \mu_s + (Z * \sigma_s)$	3.185

Figura 13: Cálculo del modelo EOQ

Estos datos se obtienen, considerando una demanda anual de 105.397 unidades con un costo de adquisición de 600 pesos, el cual genera un costo al ordenar de 2300 pesos y un costo de almacenamiento de 500 pesos, con un tiempo de suministro de 8 días.

## 7. Conclusiones

En conclusión, la implementación del método ARIMA en el proyecto de rediseñar el modelo de gestión de inventario ha demostrado ser altamente eficiente. Este enfoque ha logrado minimizar errores y proporcionar pronósticos precisos en comparación al modelo que se tiene hoy en día.

La mejora en la gestión de inventarios ha permitido satisfacer de manera efectiva las necesidades de los clientes, disminuyendo la pérdida de ventas asociada la falta de disponibilidad de productos en tienda. Este impacto positivo se puede ver reflejado, además en la reducción de costos de transporte y en la optimización de costos relacionados con inventario.

Es esencial destacar, que, aunque para efectos del informe el proyecto se basó en el ejemplo de un solo local, este modelo se extrapola a todas las categorías que se encuentran quebradas en las tiendas de Walmart Chile.

Finalmente, el alcance que se puede esperar de este proyecto es el anticiparse a los quiebres, dado que este modelo fue realizado para rediseñar el pronóstico luego de que ya se presentaron quiebres, por lo que sería interesante extrapolarlo a pronósticos antes de que se presenten quiebres, se propone utilizar como locales piloto, lo que presentan mayores quiebres, como locales extremos, que se encuentran al norte o sur del país, para observar como se comportan.

En resumen, el proyecto consolida la eficacia del modelo ARIMA en la gestión de inventario, posicionándose como una herramienta valiosa para mejorar la disponibilidad de productos, reducir costos y anticiparse a desafíos futuros en el área de abastecimiento.

## 8. Referencias

Walmart Chile, Anónimo (2013) Somos Walmart Chile. (<https://www.walmartchile.cl/>)

Toral Chaigneau, J. M. (2008). Política de Inventario con Pronósticos de Demanda para una Empresa de Venta de Neumáticos.

Olate Carrera, C. A., & Puelle Araya, C. R. (2017). Modelo de Gestión y Control de Inventario en Supermercado Mayorista 10 Valparaíso.

De Arce, R., & Mahía, R. (2003). Modelos Arima. *Programa CITUS: Técnicas de Variables Financieras*, 5-6.

Render, B. A. R. R. Y., & Heizer, J. A. Y. (2015). *Dirección de la producción y de operaciones: decisiones tácticas*. Pearson.

Valderrama, M. C., Díez, J. M., & Gaitán, S. C. (2011). Aproximación a las metodologías de estimación del costo de capital en los proyectos de inversión. El caso colombiano. *AD-minister*, (18), 101-124.