



UNIVERSIDAD NACIONAL  
DE MAR DEL PLATA  
.....



Trabajo Final de la Carrera Ingeniería Industrial

**DESARROLLO DE UN SISTEMA  
DE PRONÓSTICO  
COLABORATIVO DE DEMANDA  
PARA UNA EMPRESA  
DISTRIBUIDORA**

Abade, Micaela Andrea

Departamento de Ingeniería Industrial

Facultad de Ingeniería

Universidad Nacional de Mar del Plata

Mar del Plata, 11 de octubre de 2022



RINFI se desarrolla en forma conjunta entre el INTEMA y la Biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata.

Tiene como objetivo recopilar, organizar, gestionar, difundir y preservar documentos digitales en Ingeniería, Ciencia y Tecnología de Materiales y Ciencias Afines.

A través del Acceso Abierto, se pretende aumentar la visibilidad y el impacto de los resultados de la investigación, asumiendo las políticas y cumpliendo con los protocolos y estándares internacionales para la interoperabilidad entre repositorios



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).



UNIVERSIDAD NACIONAL  
DE MAR DEL PLATA



Trabajo Final de la Carrera Ingeniería Industrial

**DESARROLLO DE UN SISTEMA  
DE PRONÓSTICO  
COLABORATIVO DE DEMANDA  
PARA UNA EMPRESA  
DISTRIBUIDORA**

Abade, Micaela Andrea

Departamento de Ingeniería Industrial

Facultad de Ingeniería

Universidad Nacional de Mar del Plata

Mar del Plata, 11 de octubre de 2022

**DESARROLLO DE UN SISTEMA DE PRONÓSTICO COLABORATIVO DE  
DEMANDA PARA UNA EMPRESA DISTRIBUIDORA**

**Autor:**

**Abade, Micaela Andrea**

Matrícula 13192. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Mar del Plata.

**Director:**

**Ing. Alejandra Esteban**

Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Mar del Plata.

**Co-director:**

**Ing. María Betina Berardi**

Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Mar del Plata.

**Mesa Evaluadora:**

**Ing. Claudia Zárate**

Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Mar del Plata.

**Ing. Ignacio Nicolao García**

Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Mar del Plata.

## INDICE

<b>RESUMEN</b>	<b>VIII</b>
<b>PALABRAS CLAVES</b>	<b>VIII</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>IX</b>
<b>KEY WORDS</b>	<b>IX</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
1. Descripción de la empresa y la problemática a tratar .....	1
1.1. Objetivos	2
2. Estructura del Informe.....	3
<b>II. MARCO TEÓRICO</b>	<b>4</b>
1. Mapeo de Procesos.....	4
2. Herramientas de calidad .....	5
2.1. Diagrama de Flujo	5
2.2. Lluvia de Ideas	6
2.3. Diagrama Causa-Efecto	6
3. Investigación Operativa Soft (SSM) .....	6
4. Clasificación ABC .....	7
5. Pronósticos.....	8
5.1. Métodos de Pronóstico cualitativos	9
5.1.1. Pronósticos de colaboración	9
5.2. Métodos de Pronóstico de Proyección Histórica	9
5.2.1. Componentes de serie de tiempo	9
5.2.2. Métodos de previsión estacional clásico	11
5.2.3. Método de previsión aditivo estacional	11
5.2.4. Método estacional aditivo de tendencia deseada	11
5.3. Exploración de patrones de datos mediante análisis de autocorrelación	11
5.3.1. Modelo SARIMA	12
5.4. Error del pronóstico	12
5.4.1. Porcentaje de Error Medio Absoluto (MAPE)	13
6. Proceso Analítico Jerárquico (PAJ).....	13
6.1. Proceso Analítico de Jerarquías de medidas absolutas	16
7. Administración del inventario .....	16
7.1. Modelo de Cantidad Económica de Pedido (CEP)	16
8. Nivel de servicio.....	19
	<b>III</b>

<b>III. DESARROLLO</b>	<b>20</b>
1. Situación Actual de la Empresa .....	20
2. Relevamiento de los procesos y exploración del Entorno .....	24
3. Investigación Operativa <i>Soft</i> (SSM) .....	26
3.1. Exploración de la situación Problemática	26
3.2. Elaboración de las Definiciones Raíces	33
3.3. Elaboración de los Modelos conceptuales	37
4. Cartera de productos .....	38
5. Pronóstico de la muestra original (MO) .....	42
6. Planteo de estrategias para mejorar el Pronóstico de la MO.....	43
6.1. Mejora del pronóstico mediante la combinación de métodos	43
6.2. Mejora del pronóstico mediante la agregación/desagregación de datos	45
6.3. Análisis de los resultados del pronóstico	47
7. Proceso Analítico Jerárquico a la salida del pronóstico.....	48
8. Implementación de los cambios: Cálculo del lote de reabastecimiento .....	55
9. Nivel de servicio.....	59
<b>IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS</b>	<b>61</b>
<b>V. CONCLUSIONES</b>	<b>63</b>
<b>VI. BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>64</b>
<b>VII. ANEXO</b>	<b>67</b>
1. ANEXO 1 .....	67
2. ANEXO 2 .....	67
3. ANEXO 3 .....	68
4. ANEXO 4 .....	78
5. ANEXO 5 .....	80

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Curva 80-20 con una clasificación arbitraria de productos ABC.....	8
Figura 2: Componentes de una serie de tiempo .....	10
Figura 3: Modelo teórico jerárquico según PAJ .....	15
Figura 4: Curvas de los costos de inventario. ....	17
Figura 5: Modelo cantidad económica de pedido; punto de reorden.....	18
Figura 6: Zona de Cobertura de CMSA .....	21
Figura 7: Organigrama de la Empresa.....	23
Figura 8: Mapeo de Procesos del Almacén de CMSA .....	24
Figura 9: Diagrama de Flujo del Proceso de Gestión de Punto de Pedido .....	27
Figura 10: Figura enriquecida.....	28
Figura 11: Diagrama Espina de Pescado .....	32
Figura 12: ABC familia de productos .....	39
Figura 13: Volumen vendido de cerveza High End .....	40
Figura 14: Volumen vendido de Cerveza Core+ .....	40
Figura 15: Volumen vendido de cerveza Core.....	41
Figura 16: Segmentos de cerveza.....	41
Figura 17: Estrategias para mejorar la precisión del pronóstico.....	43
Figura 18: Resumen MAPE.....	48
Figura 19: Representación gráfica del PAJ.....	49
Figura 20: Pronóstico Colaborativo para una Empresa Distribuidora.....	50
Figura 21: Datos para punto de pedido .....	56
Figura 22: Planilla de punto de pedido .....	57
Figura 23: Parámetros de inventario.....	58
Figura 24: Informe Predictor Crystal Ball segmento CORE. ....	71
Figura 25: Informe Predictor Crystal Ball segmento CORE+ .....	74
Figura 26: Informe Predictor Crystal Ball segmento HEND.....	77
Figura 27: Informe Predictor Crystal Ball familia cervezas.....	80
Figura 28: Probabilidad final de cada escenario con respecto a cada factor.....	83
Figura 29: Probabilidad final de cada escenario con respecto a cada factor.....	84

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Símbolos de diagrama de flujo .....	5
Tabla 2: Escala de Saaty.....	14
Tabla 3: Análisis 1, identificación y caracterización de roles.....	29
Tabla 4: Relaciones de Poder .....	31
Tabla 5: Identificación de las transformaciones .....	34
Tabla 6: Caracterización de las transformaciones .....	36
Tabla 7: Pronóstico de la MO. ....	42
Tabla 8: MAPE MO .....	42
Tabla 9: Los dos mejores métodos para cada segmento.....	43
Tabla 10: Pronóstico de los dos mejores métodos. ....	44
Tabla 11: MAPE y factor de Ponderación.....	44
Tabla 12: Pronósticos mejores métodos Crystal Ball.....	44
Tabla 13: MAPE combinación de pronósticos. ....	45

Tabla 14: Pronóstico agregado.....	45
Tabla 15: Cálculo de las ventas mensuales en el 2021. ....	46
Tabla 16: Porcentaje de ventas por segmento. ....	46
Tabla 17: Desagregación del pronóstico agregado.....	47
Tabla 18: Calculo del error del pronóstico desagregado.....	47
Tabla 19: Prioridades del Planificador de Abastecimiento .....	51
Tabla 20: Prioridades del Gerente General .....	51
Tabla 21: Prioridades del planificador de abastecimiento respecto a los factores.....	53
Tabla 22: Prioridades del gerente general respecto a los factores. ....	53
Tabla 23: Síntesis de las prioridades finales.....	54
Tabla 24: Calculo el coeficiente de PAJ. ....	54
Tabla 25: Pronóstico mejorado por PAJ .....	55
Tabla 26: MAPE del pronóstico mejorado por PAJ. ....	55
Tabla 27: Cálculo análisis ABC familia de productos.....	67
Tabla 28: Ventas por segmento de cerveza .....	68
Tabla 29: Preferencias de cada factor .....	81
Tabla 30: Preferencias de cada factor .....	81
Tabla 31: Probabilidades de cada escenario por el planificador de abastecimiento.....	82
Tabla 32: Probabilidades de cada escenario según el gerente general .....	82
Tabla 33: Probabilidades globales Planificador de Abastecimiento .....	85
Tabla 34: Prioridades globales Gerente General .....	85



## TABLA DE SIGLAS

**CDI:** Centro de Distribución

**CEP:** Cantidad Económica de Pedido

**CMQ:** Cervecería y Maltería Quilmes

**CMSA:** Comercial del Mar SA

**DPO:** Distribution Process Optimisation<sup>1</sup>

**ERP:** Enterprise Resource Planning <sup>2</sup>

**HSMA:** Higiene, Seguridad y Medio Ambiente

**KPI:** Key Performance Indicator<sup>3</sup>

**NS:** Nivel de servicio

**PAJ:** Proceso Analítico Jerárquico

**PDCA:** Plan, Do, Check, Act<sup>4</sup>

**PDSM:** Administración de requerimientos objetivo administrar (documentar, validar y aprobar)

**PNC:** Producto no Conforme

**SARIMA:** Proceso Estacional Autorregresivo Integrado de Promedios Móviles

**SKU:** Stock Keeping Unit<sup>5</sup>

**SSM:** Soft System Methodology<sup>6</sup>

---

<sup>1</sup> Optimización del Proceso de Distribución

<sup>2</sup> Planificación de Recursos Empresariales

<sup>3</sup> Indicador clave de desempeño

<sup>4</sup> Planificar, hacer, verificar y actuar

<sup>5</sup> Unidad de mantenimiento de stock

<sup>6</sup> Metodología de Sistemas Blandos

## DESARROLLO DE UN SISTEMA DE PRONÓSTICO COLABORATIVO PARA UNA EMPRESA DISTRIBUIDORA

### RESUMEN

Comercial del Mar SA. (CMSA) es una PyME ubicada en la ciudad de Mar del Plata que desde 1995 distribuye oficialmente los productos de Cervecería y Maltería Quilmes (CMQ). La logística de la empresa, se enfoca diariamente en mejorar el servicio al cliente desde el punto de vista de la disponibilidad, el desempeño operativo y la confiabilidad del servicio, al mínimo costo total. El presente documento tiene como finalidad proponer la implementación de un método de pronóstico colaborativo de demanda que apoye la toma de decisiones, dado que se detectaron falencias a la hora de estimar los volúmenes de ventas. Para ello, se relevan los procesos de la organización, a fin de conocer su alcance, los roles y las relaciones de poder de los que toman decisiones, y se estudian las variables exógenas que influyen en la demanda de sus artículos. Primero se efectúa una clasificación ABC en donde se detecta que las cervezas constituyen la familia que genera el mayor volumen de ventas para la empresa y se decide pronosticar las ventas para dicho conjunto. Luego se implementan dos estrategias a fin de mejorar la precisión de la estimación y se selecciona la que arroja el menor error. Finalmente, con el proceso analítico jerárquico, se incorporan los juicios de los partícipes claves del proceso. Esta predicción sirve como base para calcular el lote óptimo de pedido al proveedor. Las evidencias expuestas en el trabajo, indican la factibilidad de la implementación del pronóstico como una mejora para el reabastecimiento del almacén de la distribuidora.

### PALABRAS CLAVES

Investigación Operativa *Soft*, Pronóstico, Proceso Analítico Jerárquico, Teoría de stocks, Empresa distribuidora de Bebidas.

**DEVELOPMENT OF A COLLABORATIVE FORECAST SYSTEM FOR A DISTRIBUTION  
COMPANY**

**ABSTRACT**

Comercial del Mar S.A. (CMSA) is a SME located in the city of Mar del Plata that since 1995 officially distributes the products of Cervecería y Maltería Quilmes (CMQ). The company's logistics focus daily on improving customer service from the point of view of availability, operational performance and service reliability, at the minimum total cost. The purpose of this document is to propose the implementation of a collaborative demand forecasting method that supports decision making, given that shortcomings were detected when estimating sales volumes. To do this, the processes of the organization are surveyed, in order to know its scope, the roles and power relations of those who make decisions, and the exogenous variables that influence the demand for its articles are studied. First, an ABC classification is made where it is detected that the beers constitute the family that generates the highest sales volume for the company and it is decided to forecast the sales for said group. Two strategies are then implemented in order to improve the accuracy of the estimate and the one with the smallest error is selected. Finally, with the hierarchical analytical process, the judgments of the key participants in the process are incorporated. This prediction serves as the basis for calculating the optimal lot to order from the supplier. The evidence presented in the work indicates the feasibility of implementing the forecast as an improvement for the replenishment of the distributor's warehouse.

**KEY WORDS**

Soft Operational Research, Forecasting, Hierarchical Analytical Process, Stocks Theory, Beverage Distribution Company.

*“Administrarse requiere asumir la responsabilidad de las relaciones”*

Peter F. Drucker

## I. INTRODUCCIÓN

### 1. Descripción de la empresa y la problemática a tratar

El presente trabajo se encuadra dentro de una práctica en una empresa, llamada Comercial del Mar SA (CMSA). La misma nace como una empresa de origen familiar y desde 1995 distribuye oficialmente los productos de Cervecería y Maltería Quilmes (CMQ), PepsiCo y Nestlé Waters dentro de la Provincia de Buenos Aires. Su misión es mantenerse como distribuidora líder de la red de CMQ, además, buscando cada día hacer las cosas de la manera más eficiente.

CMSA trabaja en un ambiente altamente complejo y dinámico con consumidores cada vez más exigentes. Sus ventas son estacionales, principalmente en los meses de verano ocurre un incremento de las mismas. Existen diversas variables que generan perturbaciones en ellas, ejemplos de éstas son las promociones o el poder adquisitivo de los clientes. Es por ello, que los responsables de estimar la demanda se enfrentan a distintas problemáticas, que conllevan a patrones poco exactos y a grandes errores al predecir los volúmenes de comercialización. Por lo expuesto, a CMSA le resulta difícil tomar decisiones estratégicas.

Si bien existen numerosas herramientas que facilitan el proceso de toma de decisiones, actualmente los pronósticos de demanda en la empresa los realiza la gerencia de la organización de acuerdo a su experiencia, historial de pedidos de los clientes, presupuesto, proyección de ventas y requerimientos marcados por CMQ en cuanto a objetivos de penetración en el mercado. Este tipo de práctica, suele dar buenos resultados al corto plazo y no reduce los niveles de riesgo o incertidumbre, ya que los factores son siempre cambiantes. Además, la tarea de estimar la demanda se ha vuelto dependiente de la persona, siendo la empresa incapaz de tomar decisiones en su ausencia (Berardi *et al.* 2016).

El pronóstico de ventas, junto a los acuerdos de nivel de servicio (NS), determinan los lineamientos generales para la reposición del stock, el cual es revisado diariamente en función de las ventas promedio de los últimos días. Esta tarea, con el aumento del número de clientes y calibres, se ha vuelto cada vez más compleja requiriendo de mucho esfuerzo y tiempo dado que la dinámica del negocio ha hecho que la información disponible no resulte suficiente para tomar decisiones. Sumado a esto, frecuentemente se presentan quiebres de stock (disminuyendo el NS al cliente) o sobrestock de productos (aumentado los costos de posesión).

Gestionar los niveles de inventario apropiados es una función básica de cualquier operación de distribución y juega un rol importante para desempeñarse de manera exitosa en el mercado, siendo un gran reto para cualquier organización (Ballou, 2004). Los productos

adecuados deben estar disponibles para cumplir las demandas de los clientes y las restricciones de capacidad, para evitar impactos a la productividad, seguridad, o calidad de producto. Si CMSA logra cumplir con dicha premisa, podrá destacarse en el mercado frente a sus principales competidores.

### 1.1. Objetivos

A lo largo del trabajo se aplican los principales conceptos logísticos referidos fundamentalmente al ciclo de desempeño de compras y de atención al cliente, que posibilitan analizar, identificar y proponer soluciones a los complejos problemas que se presentan en la empresa.

El objetivo general del trabajo es proponer un método de pronóstico colaborativo de demanda que proporcione una mejora en la predicción y por lo tanto impacte de manera positiva en el cálculo de lote de reabastecimiento para la empresa CMSA. Con todo este nuevo pronóstico se busca mejorar la precisión de la estimación de la demanda y, por lo tanto, reducir la presencia de los quiebres de stock y problemas de sobrestock. Como consecuencia de esto, se logran disminuir los costos logísticos de la operación y se alcanza un nivel más alto de servicio al cliente.

Se detallan a continuación los procesos necesarios u objetivos específicos para la completa realización del objetivo general:

1. Relevar los procesos que se realizan en la organización. Esto sirve para entender la forma en la que trabaja el centro de distribución (CDI), identificando los jugadores claves encargados de tomar decisiones y el alcance total del proceso de reabastecimiento.
2. Analizar los factores y las variables que pueden influir en la demanda tales como, las opiniones de las partes interesadas, comportamiento de los clientes, estrategias de marketing y publicidad, entre otras. El conocimiento de los factores y las variables tanto internas como externas, ayuda reducir los niveles de incertidumbre y estructurar el problema con el detalle de sus causas.
3. Determinar cuál es el método de pronóstico que mejor se ajusta al comportamiento de los datos históricos y calcularlo cuantitativamente.
4. Integrar el pronóstico de demanda cuantitativo con los factores que afectan a la demanda de productos. La idea en este punto, es la de incluir los juicios de los involucrados del proceso con respecto a los factores mencionados en el punto 2. El resultado no solo es una proyección con base en los datos históricos, sino que incluye además información intangible, generalmente difícil de cuantificar. Se obtiene de esta

forma, un pronóstico del tipo colaborativo, el cual es consensuado y logra una mejor recepción por parte de aquellos que lo deben aplicar.

5. Calcular el lote de reabastecimiento óptimo y medir el NS al cliente resultante, utilizando los estándares de medición que posee actualmente la empresa.

## 2. Estructura del Informe

El trabajo se encuentra estructurado de la siguiente forma:

Capítulo 1 – Introducción: se describe brevemente la empresa, se plantea el problema y los objetivos del mismo.

Capítulo 2 – Marco teórico: se plantean las herramientas que se utilizarán para abordar la problemática planteada, conceptos tales como el mapeo de proceso, las herramientas de la calidad, la Investigación Operativa *Soft*, pronósticos, medición del error, entre otros.

Capítulo 3 – Desarrollo: se explica la metodología utilizada y se implementan dos modelos para mejorar la estimación de la demanda. Finalmente, se comparan las salidas de dichas estrategias a fin de seleccionar aquella que sustente de la manera más precisa la toma de decisiones para calcular el lote de reabastecimiento.

Capítulo 4 – Análisis de resultados: en esta sección se resume brevemente lo realizado en el trabajo y se analizan los resultados.

Capítulo 5 - Conclusiones: aquí se describen las conclusiones finales del trabajo.

Capítulo 5 – Bibliografía: se consignan las fuentes utilizadas a lo largo del trabajo.

Capítulo 6 – Anexo: en esta unidad se presenta los cálculos que respaldan los diversos resultados y decisiones que se muestran a lo largo del trabajo.

## II. MARCO TEÓRICO

El objetivo de esta sección es el de exponer brevemente, desde el punto de vista teórico, las distintas herramientas utilizadas para arribar a la solución de la problemática planteada.

Se parte con la explicación de las herramientas utilizadas para relevar los procesos de la organización (mapeo de procesos, el diagrama de flujo, lluvia de ideas y el diagrama causa-efecto). Luego, se explica la Investigación Operativa *Soft* que, en este caso particular, permite identificar las variables exógenas que influyen en el pronóstico de demanda y son las más difíciles de reconocer.

Seguido de ello, se explican los conceptos de clasificación ABC y los distintos métodos de pronósticos (cualitativos y de proyección histórica), como así también la forma en la que se cuantificara el error.

Por último, se detalla el proceso analítico de jerarquías, como una de las técnicas utilizadas para la resolución de problemas multicriterio, y el proceso para calcular el lote óptimo de pedido basado en la teoría de stocks.

### 1. Mapeo de Procesos

El mapeo de procesos es una representación de la estructura de procesos que se realizan en la organización, los cuales son segmentados en tres categorías distintas (Summers, 2006):

1. Procesos estratégicos: estos proporcionan las directrices de los demás procesos. De ellos se desprenden las estrategias y políticas. Ejemplos de ellos son las decisiones de la dirección y los procesos de gestión.
2. Procesos operativos: de ellos se obtienen la realización de los bienes y servicios, siendo el producto final aquel que se le entrega al cliente.
3. Procesos de soporte: son aquellos que ayudan a que los demás procesos cumplan sus objetivos.

Dentro de las ventajas de la estructuración de los procesos mediante el mapeo, se puede encontrar que:

- Mejoran la planificación de los recursos y su asignación
- Incrementan los niveles de comunicación entre las distintas áreas
- Permiten establecer puntos de medición para su posterior evaluación
- Ayudan a esclarecer los trabajos que se deben realizar para alcanzar el NS propuesto.



## 2. Herramientas de calidad

Las herramientas de la calidad utilizadas para el desarrollo del trabajo son: el diagrama de flujo, lluvia de ideas y el diagrama causa-efecto. Dichas herramientas permiten estudiar los procesos identificando donde es que se desperdician los recursos para luego optimizarlos y generar mejoras.

Las técnicas de resolución de problemas tienen su fundamento en obtener mejoras de procesos efectivas, ya que ayudan a los partícipes del mismo a descubrir las causas raíces de los problemas y a desarrollar soluciones para eliminarlas (Summers, 2006).

### 2.1. Diagrama de Flujo

Los diagramas de flujo por su parte, logran representar los procesos mediante la utilización de distintos símbolos, los cuales se muestran en la tabla 1, de acuerdo al tipo de actividad que representen.





Símbolo	Nombre	Función
	Línea de Flujo	Indica el orden de la ejecución de las operaciones
	Entrada / Salida	Representa la lectura de datos en la entrada y la impresión de datos en la salida
	Proceso	Representa cualquier tipo de operación
	Decisión	Analiza una situación, con base en los valores verdadero o falso

Tabla 1: Símbolos de diagrama de flujo

Fuente: Elaboración propia

Dicha herramienta, realiza una revisión crítica del proceso facilitando su entendimiento, a la vez que ayuda a reducir la variación y el tiempo de ciclo (Summers, 2006). Con su uso, es posible identificar las actividades que causan problemas o no agregan valor.

Su confección es bastante sencilla y debe seguir ciertos pasos:

1. Definir el alcance del proceso.
2. Definir los pasos del proceso, mediante la observación o la lluvia de ideas.
3. Clasificar y ordenar los pasos a medida que sucedes en el proceso.
4. Utilizar los símbolos apropiados para cada paso, expuestos en la tabla 1.

## 2.2. Lluvia de Ideas

La lluvia de ideas tiene su propósito en que un grupo de individuos de forma creativa y eficiente genera una lista de problemas, oportunidades o ideas. Para el inicio de la misma, se requiere que todos los participantes comprendan la temática a tratar. Su duración varía entre 10 a 45 minutos o cuando se agotan las ideas. Una vez finalizada la lluvia de ideas, se ordenan y clasifican cada una de ellas según la importancia, prioridad, beneficio, costo, impacto u otro. Esta herramienta define con claridad el problema y su alcance. Durante la sesión se debe dejar de lado la crítica, la evaluación de ideas y el debate de opiniones, su única función es la de generación de ideas (Summers, 2006).

## 2.3. Diagrama Causa-Efecto

Una vez definido el problema, se procede con determinar las posibles causas. Una de las técnicas recurridas en este caso, es el diagrama causa-efecto o también denominado diagrama Espina de Pescado desarrollada por Kaoru Ishikawa<sup>7</sup>. Con su utilización en conjunto con los diagramas de flujo y la lluvia de ideas, permite identificar las causas de no conformidad, productos o servicios defectuosos, dividiendo el problema grande en partes más manejables. Para su confección, primeramente, se plantea el problema el cual se identifica en la parte derecha del diagrama y se establecen las causas principales o categoría las cuales se organizan del lado izquierdo. Si el problema es netamente operativo se pueden seleccionar las categorías de mano de obra, materiales, métodos y maquinarias, no obstante, estas dependen del problema a tratar. Luego de cada una de estas categorías se desprenden las causas secundarias o terciarias (Summers, 2006). Estas últimas deben ponderarse para obtener finalmente la causa raíz del problema.

## 3. Investigación Operativa Soft (SSM)

Investigación Operativa *Soft* por su nombre en inglés *Soft System Methodology*<sup>8</sup> (SSM) es una metodología desarrollada por Peter Checkland (1999), que posibilita el análisis y estructuración de las situaciones problemáticas a través del diálogo sistémico. Su estudio posibilita identificar aquellos factores que afectan al proceso, poniendo atención en la identificación de las condiciones, y definición de los actores que participan directamente en él. Parte de entender los distintos puntos de vista, las interacciones y las motivaciones, y direccionarlas de manera cuantitativa y cualitativa con la situación. La metodología se resume en las siguientes 7 etapas:

---

<sup>7</sup> Kaoru Ishikawa (1915-89) fue un químico experto en sistemas de gestión de calidad y administración de empresas.

<sup>8</sup> Investigación Operativa Blanda

Etapas 1 y 2: Exploración de la situación problemática a través de las imágenes enriquecidas y tres análisis. Las ilustraciones muestran la situación actual, es decir el rol de los facilitadores del proceso y las relaciones. Por su parte, el análisis 1 permite identificar los roles de los involucrados, el análisis 2 las dinámicas socio-culturales y, por último, el análisis 3 las relaciones de poder.

Etapa 3: Elaboración de las definiciones raíces. Estas definen el proceso que debe ser transformado, en base a qué hacer, cómo hacerlo y por qué hacerlo. Para ello previamente se deben detallar los seis elementos que profundizan el alcance de la definición raíz, y se los conoce por la sigla CATWOE:

- C: clientes. Los afectados por el proceso, tanto beneficiarios como los perjudicados por la transformación.
- A: actores. Las personas involucradas en el proceso, son quienes realizan la transformación.
- T: transformación. Parte de un estado indeseado hacia una salida definida como ideal.
- W: punto de vista. Expresa las razones que justifican la transformación.
- O: dueños, las partes interesadas. Ellos pueden interrumpir o limitar la transformación.
- E: entorno. Todas las restricciones que podrían interrumpir o limitar la transformación.

Etapa 4: Elaboración de los modelos conceptuales que representen el estado deseado y que permitirán corregir y/o mejorar la situación problemática.

Etapa 5: Comparación de los modelos conceptuales con la situación actual.

Etapa 6: Definición de los cambios. Estos movimientos deben considerar dos aspectos: ser sistemáticos y culturalmente posibles.

Etapa 7: La última etapa es la de implementación de los cambios.

#### **4. Clasificación ABC**

Los productos de una empresa poseen diferentes grados de éxito y diferentes ciclos de vida. En general, es común tener un pequeño número de unidades de mantenimiento del Almacén (SKUs) que componen una gran parte del volumen global de ventas. Por ejemplo, 50 de 250 SKUs en stock son a menudo responsables de más de la mitad del volumen del CDI.

La ley de Pareto determina la curva 80-20 y fue observada por Vilfredo Pareto<sup>9</sup> en el año 1897. Su utilización constituye un fundamento muy valioso en la planeación logística. La

---

<sup>9</sup> Vilfredo Pareto (1848-1923) fue un economista y sociólogo italiano, conocido por su contribución a la teoría utilitarista del bienestar, a la del equilibrio general y a la teoría de la distribución del ingreso.

curva 80-20 indica que el 80% de las ventas se generan por un 20% de los productos que comercializa una empresa.

Para la confección del diagrama, se calculan las ventas totales de cada artículo y se obtiene un porcentaje acumulativo del total. Luego estos valores son graficados formando así la curva 80-20. En la figura 1 se presenta la curva para una clasificación arbitraria de productos ABC.

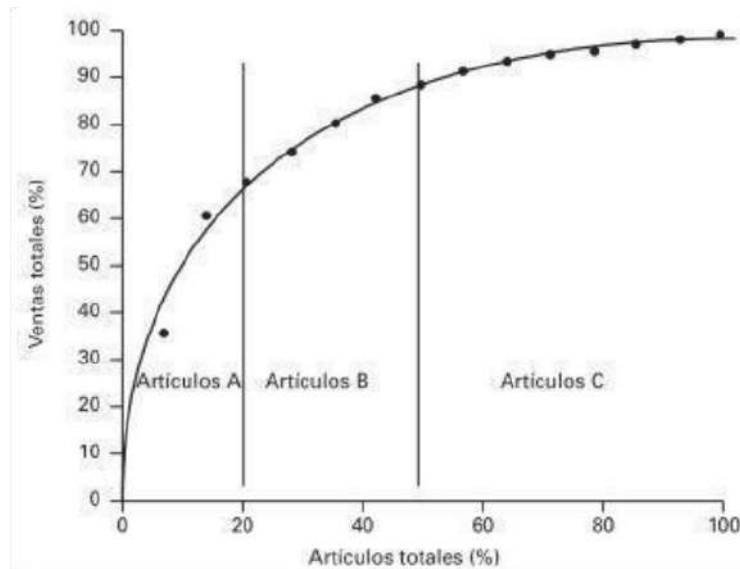


Figura 1: Curva 80-20 con una clasificación arbitraria de productos ABC  
Fuente: Ballou (2004)

El 20% de los SKUs de la cartera de productos que generan el 80% de las ventas se clasifican como "A", el 30% de los artículos siguientes son productos "B" y el resto se los denomina productos "C". Cada tipo de artículo posee una estrategia de inventario y una rotación de inventario distinta.

## 5. Pronósticos

La predicción de la demanda es la base de toda planificación en una empresa (Ballou, 2004). La gerencia, la utiliza para establecer el presupuesto anual, planear el nivel de actividad y el curso general para lograr una mayor capacidad de respuesta y atender los requerimientos de los clientes. Por su parte el área de ventas, utiliza la base de los pronósticos para establecer los objetivos y seleccionar las estrategias que ayuden a cumplir los objetivos. Por último, el área de logística define los niveles de aprovisionamiento y en base a ello, gestiona la capacidad y ocupación del almacén. Los métodos de pronóstico se dividen en: causales, cualitativos y de proyección histórica. Los dos últimos se utilizan el presente trabajo.

Seleccionar la técnica apropiada de pronóstico no es una tarea simple, las compañías deben primeramente definir las dimensiones que son relevantes en cuanto a grupo de productos, grupo de clientes y área geográfica.

### **5.1. Métodos de Pronóstico cualitativos**

Los Pronósticos cualitativos procesan información intangible y subjetiva, como es el juicio y la intuición de los expertos, y se suele recurrir a ellos en ausencia de datos históricos. Son preferibles en la realización de pronósticos de mediano a largo plazo (Ballou, 2004).

#### **5.1.1. Pronósticos de colaboración**

Cuando el mercado es dinámico, la demanda muestra gran variabilidad. Los pronósticos de colaboración ofrecen una solución en estos casos, ya que su utilización ayuda a reducir el error mediante la participación de varios actores provenientes de distintas áreas en la empresa (gerencia, ventas, logística, finanzas, otros).

La información juega un rol importante para mejorar la exactitud del pronóstico a través de los juicios de los expertos. Por ello, se deben definir claramente los responsables encargados de su obtención. Luego, es necesario establecer qué métodos pueden procesar las múltiples fuentes y que ponderaciones se utilizan para combinarlas.

La combinación adecuada de criterios sustentados por las diversas teorías de la administración de empresas con la de los actores intervinientes en el proceso de reabastecimiento, generan en el proceso de toma de decisiones, una base lógica y consistente que facilita la sustentabilidad de la decisión.

### **5.2. Métodos de Pronóstico de Proyección Histórica**

En los métodos de proyección histórica o cuantitativos, su uso parte de contar con información del pasado para proyectarla hacia el futuro suponiendo que se va a mantener un comportamiento similar. Para ello, se basen en modelos matemáticos que utilizan variables causales y/o datos históricos (Heizer, 2009).

#### **5.2.1. Componentes de serie de tiempo**

Una serie de tiempo es un registro de datos históricos pertenecientes a un intervalo de tiempo. Esta puede descomponerse en los siguientes cuatro componentes: estacionalidad, la aleatoriedad, el ciclo y la tendencia. Para obtener la predicción, se combinan las proyecciones de ellos (Hanke, 2006).

- Tendencia (T): es el componente que representa el movimiento gradual, es decir el incremento o disminución de la serie sobre un periodo de tiempo. Se puede explicar por la inflación de precios, el cambio tecnológico o los incrementos en productividad.
- Componente cíclica (C): es el componente que explica la forma en la que la serie de tiempo fluctúa alrededor de la tendencia. Generalmente se debe a contracciones económicas, sujetos al ciclo comercial. Para planeación a corto plazo, su análisis es de gran importancia.
- Componente estacional (S): representa un patrón que se repite con cierta periodicidad, después de días, semanas, meses o años. Su aparición puede deberse a sucesos relativos del calendario como son los comienzos de temporada o la época de las fiestas.
- Componente aleatorio (I): mide la variabilidad de las series de tiempo una vez que se retiran los otros componentes, la cual es provocada por factores imprevistos y no recurrentes. Como este comportamiento no es predecible, una compañía no debe pronosticar en la dirección del componente aleatorio (Chopra, 2008).

Los modelos de serie de tiempo predicen con la hipótesis fundamental de que el pasado se mantendrá constante y el futuro será función de eso. En la figura 2 se pueden observar los distintos componentes previamente mencionados y a partir de los cuales se analizarán los diversos métodos de series de tiempo.

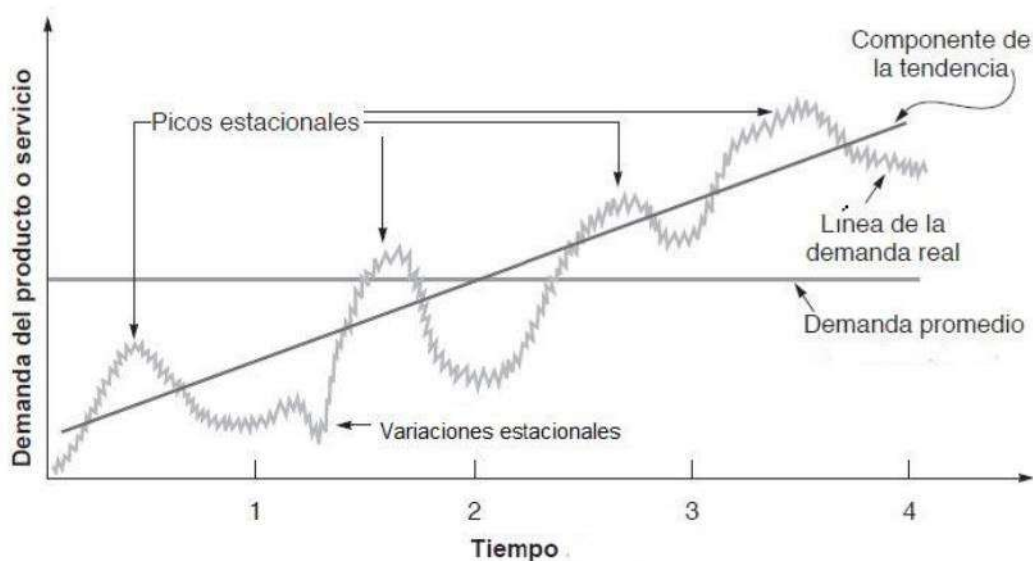


Figura 2: Componentes de una serie de tiempo  
Fuente: Heizer (2009)

### 5.2.2. Métodos de previsión estacional clásico

Los métodos estacionales agregan un componente adicional que capta el comportamiento estacional de los datos (Oracle Help Center, 2017). Estos métodos utilizan los siguientes parámetros:

- Alfa ( $\alpha$ ): es el parámetro de suavizado para el componente de nivel de previsión.
- Beta ( $\beta$ ): parámetro de suavizado para el componente de tendencia de la previsión. Su valor va entre  $0 < \beta < 1$ .
- Gamma ( $\gamma$ ): parámetro de suavizado para el componente de estacionalidad de la previsión. Su valor va entre  $0 < \gamma < 1$ .
- Phi ( $\Phi$ ): parámetro de desecho. Su valor va entre  $0 < \Phi < 1$ .

Dependiendo del método estacional se usa alguno o todos los parámetros. A continuación, se explican dos métodos estacionales.

### 5.2.3. Método de previsión aditivo estacional

El método de previsión aditivo estacional calcula un índice estacional para los datos que no poseen una tendencia. Al nivel previsto se le suma dicho ajuste estacional, lo que produce la previsión de aditivo estacional. Este método estacional no utiliza el parámetro beta ya que no tiene en cuenta la tendencia.

El índice de variación estacional compara una estación dada con el promedio correspondiente al mismo periodo. Este se calcula dividiendo el valor promedio de una estación específica con el promedio de todos los datos. Un índice estacional equivalente a 1, indica que la estación es promedio.

### 5.2.4. Método estacional aditivo de tendencia desechada

El método aditivo de tendencia desechada es el mejor método cuando la serie presenta ambas componentes, estacionalidad y tendencia. Dicha metodología separa la serie en estacionalidad, tendencia desechada y nivel, los proyecta hacia adelante y finalmente los reúne de forma aditiva. Aislar los factores de estacionalidad y tendencia se llama descomposición. El resultado de la previsión se vuelve más plano con el tiempo, reproduciendo ciclos estacionales.

## 5.3. Exploración de patrones de datos mediante análisis de autocorrelación

Se denomina autocorrelación a la correlación que existe entre una variable y la misma desfasada uno o más periodos (Hanke, 2006). Los patrones que incluyen los

componentes mencionados previamente se pueden analizar usando el enfoque de autocorrelación.

### 5.3.1. Modelo SARIMA

El modelo SARIMA (modelo estacional autorregresivo integrado con medias móviles) fue propuesto por George E. P. Box y Gwilym Jenkins en la década del 70'. Su utilización permite ver cómo las variables de una serie de tiempo se relacionan con sus propios valores pasados, es decir hay una autocorrelación intrínseca en la serie. Está integrado por los siguientes componentes:

SARIMA (p, d, q) (P, D, Q) donde

- p es el orden del polinomio autorregresivo de la serie
- d representa la cantidad de veces que hay que diferenciar la serie para obtener una serie estacionaria en media.
- q es el orden de medias móviles de la serie
- P es el orden del polinomio autorregresivo estacional de la serie
- D número de diferencias estacionales a realizar para obtener una serie estacionaria en media.
- Q el orden del polinomio de medias móviles estacionales

### 5.4. Error del pronóstico

El error indica que tan alejado se encuentra el valor pronosticado del valor real para un determinado periodo. Estos pueden causar una mala asignación de los recursos en inventario, instalaciones, transporte, abastecimiento, precios e incluso en la administración de la información. Es por eso que, generalmente, a la hora de tomar la decisión de qué modelo adoptar se considera este margen.

Es importante destacar que todos los pronósticos presentan cierto error debido a la presencia de la componente aleatoria. El error se define como:

$$e_i = V_i - F_i \quad (1)$$

Donde:

$V_i$ : El valor real de las ventas en el periodo "i"

$F_i$  Pronóstico realizado para el periodo "i"

Existen diversas métricas para medir el error del pronóstico, sin embargo, a lo largo del presente proyecto se utilizará el porcentaje de error medio absoluto (MAPE). Esta medida



para cuantificar el error es frecuentemente utilizada por los encargados de realizar el pronóstico debido a su fácil interpretación, ya que muestra el error en porcentaje.

#### 5.4.1. Porcentaje de Error Medio Absoluto (MAPE)

Cuando la magnitud de la variable es importante en la evaluación de la precisión del pronóstico se puede usar la MAPE. Se expresa el error como un porcentaje de los errores reales y su valor no es distorsionado por valores grandes (Heizer, 2009). Además, al utilizar errores relativos permite comparar la precisión de dos técnicas de pronósticos para una misma serie. Por último, al utilizar valores absolutos esta medida evita que los errores positivos y los negativos se cancelen entre sí. A continuación, se define la MAPE en la ecuación 2.

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|x_t - F_t|}{x_t} \quad (2)$$

### 6. Proceso Analítico Jerárquico (PAJ)

El Proceso Analítico Jerárquico (PAJ) fue desarrollado por Thomas L. Saaty en la década del 70' y es utilizado para resolver problemas complejos de decisión multicriterio discreto, donde existe un número finito de alternativas. Como resultado se obtiene una jerarquización de los criterios que muestra la preferencia global para cada una de las alternativas de decisión a través de la cuantificación con base en juicios subjetivos o sentimientos (Taha, 2012). De esta forma, se obtiene un pronóstico consensuado que genera una mejor recepción por parte de quienes lo deben aplicar (Korpela *et al.*, 1996). Este proceso lo constituye una serie de pasos:

1. Primeramente, se debe definir el problema estableciendo sus componentes y elementos relevantes.
2. Se construye la representación gráfica del problema en función de la meta global, los criterios y las alternativas de decisión. Los criterios deben identificarse desde los más generales hasta los más particulares. Dicha representación provee una vista global de las relaciones entre los componentes y permitirá comparar los elementos homogéneos adecuadamente. Cada nivel en la estructura representa un corte en el problema.

- Para establecer las preferencias, el encargado de tomar las decisiones debe señalar un juicio de valor con respecto a todos los elementos de un nivel en relación a los elementos del nivel inmediato superior. Para establecer dichas preferencias se recurre a las matrices de comparaciones pareadas elaboradas a partir de la escala de Saaty, cuyos valores van del 1 a 9 y se muestra en la tabla 2. Dicha escala indica cuantas veces más preferible es un elemento sobre otro con respecto al criterio por el cual son comparados.

Planteamiento verbal de la preferencia	Calificación Numérica
Extremadamente preferible	9
Entre muy fuertemente a extremadamente preferible	8
Muy fuertemente preferible	7
Entre fuertemente y muy fuertemente preferible	6
Fuertemente preferible	5
Entre moderadamente y fuertemente preferible	4
Moderadamente preferible	3
Entre igualmente y moderadamente preferible	2
Igualmente, preferible	1

Tabla 2: Escala de Saaty  
Fuente: Taha (2012).

Es importante mencionar, que los juicios pueden realizarse a través del voto, promedio o consenso de los participantes.

- Para cada nodo de la estructura jerárquica se calculan las prioridades relativas locales de cada elemento utilizando el principio de composición jerárquica.
- Se realiza la agregación multiaditiva de las prioridades globales. Como resultado de este paso se obtiene la jerarquización de las alternativas con respecto a la meta global.

Es importante destacar, que en el PAJ se debe analizar la consistencia de los juicios emitidos. El responsable de tomar las decisiones, se ve influenciado generalmente por sus modelos mentales o por quienes se encuentran en un lugar jerárquico superior o inferior. Esto trae aparejado incoherencias a la hora de abordar el problema. Si el nivel de inconsistencia es muy alto, hay falta de comprensión del problema por parte de los participantes, lo cual converge en resultados erróneos. Esta se mide utilizando el indicador de Consistencia de Saaty, RC, ecuación 3.

$$RC = \frac{IC}{IA} \quad (3)$$

Donde IA representa la consistencia aleatoria y depende del número de elementos que se comparan y se obtiene de la ecuación 4.

$$IA = \frac{1,98 \times (n - 2)}{n} \quad (4)$$

IC representa la desviación de los juicios emitidos y se calcula de la siguiente manera como se muestra en la ecuación 5.

$$RC = (\lambda_{max} - n)/(n - 1) \quad (5)$$

Donde n representa el número de elementos que forman la matriz de comparación y  $\lambda_{max}$  se calcula de la siguiente ecuación  $A * w = \lambda_{max} * w$ , siendo A la matriz de comparación pareada y w el vector de pesos relativos.

Una vez obtenido el valor de RC se considera aceptable solo los valores menores o iguales que 0,1. En caso de ser superior, se deben revisar los juicios de los participantes.

En la figura 3 se presenta el modelo teórico jerárquico, que ilustra todos los niveles que conforman el problema.

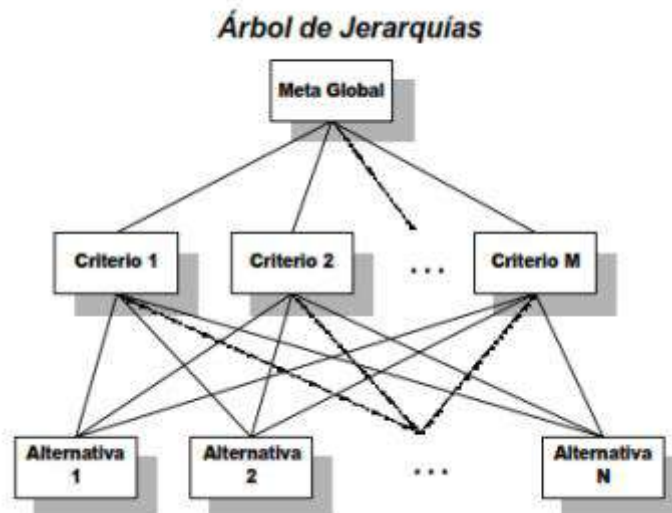


Figura 3: Modelo teórico jerárquico según PAJ  
Fuente: Taha (2004)

El nivel superior corresponde a la meta global, seguido por los criterios de decisión y finalmente se encuentran las alternativas de decisión.

### 6.1. Proceso Analítico de Jerarquías de medidas absolutas

Una extensión del PAJ es el basado en *ratings* o modelo de medidas absolutas, en el cual se evalúan las alternativas en base a una categoría previamente fijada. Este es utilizado cuando las alternativas del problema se analizan de manera independiente y no requiere la comparación pareada de las alternativas (Alberto, 2006).

Para cada criterio de la jerarquía se utiliza una escala categórica con varios niveles para cada criterio, que generalmente se dividen en “Bueno”, “Regular” y “Malo”, aunque también existen otras sujetas a la naturaleza de los criterios que se estén evaluando. Las alternativas, se comparan frente a dicha escala.

El resultado de este proceso es la obtención de la intensidad de calificación de cada criterio con respecto a las categorías utilizadas. El resultado final se obtiene por medio de la siguiente agregación multiaditiva, ecuación 6.

$$s_i = \sum_j \bar{w}_j \bar{r}_{ij} \quad (6)$$

Dónde:

- $\bar{w}_j$  = peso relativo normalizada del criterio j
- $\bar{r}_{ij}$  = calificación normalizada (alternativa i y criterio j)
- $s_i$  = puntaje de evaluación de la alternativa i

## 7. Administración del inventario

El transporte y el mantenimiento de inventarios representan alrededor del 60% los costos logísticos (Chapman, 2006). Por esta razón, la administración del inventario es uno de los retos más importantes que enfrentan las empresas, en términos de planificación y control. Existen ciertos argumentos a favor de mantenerlos como la mejora en el NS al cliente o la reducción de costos de otras actividades dentro de la cadena de suministro, por ejemplo, la obtención de descuentos por volumen.

Por otro lado, son varios los argumentos en contra de mantenerlos. Inventarios excesivos implican un costo de oportunidad muy alto, por eso el objetivo es minimizarlos lo más posible. Una administración eficiente de ellos, es un punto culminante en el manejo de toda organización.

### 7.1. Modelo de Cantidad Económica de Pedido (CEP)

Tal como se mencionó previamente, un nivel alto de disponibilidad del producto mejora la capacidad de respuesta y atrae nuevos clientes, no obstante, de ello se desprende que grandes niveles de inventario aumentan los costos. Es por lo tanto el lote óptimo, aquel que minimiza el costo total de gestión asociado al inventario, es decir los costos de pedido más los costos de mantenimiento (Chapman, 2006). El valor de mantener el inventario se

suele expresar como un porcentaje anual sobre el costo del artículo. El cálculo del costo total se obtiene de la ecuación 7.

$$CT = DC + \frac{Q}{2}H + \frac{D}{Q}S \quad (7)$$

Donde

- CT= costo total anual [\$/año]
- D= tasa de demanda [u/año]
- C= costo variable unitario de compra o producción [\$/u].
- Q= es la cantidad solicitada de pedido [u]. El término  $Q/2$  representa el inventario promedio, suponiendo que la demanda es relativamente constante. Por otro lado, el término  $D/Q$  representa la cantidad de pedidos que se deben realizar por año.
- H= costo de mantenimiento del stock, este se asocia al espacio que ocupa el inventario dentro del almacén, a la obsolescencia, el deterioro y roturas, y el costo de capital vinculado a la inversión [\$/u]. Este valor multiplicado por el inventario promedio da el costo de mantenimiento anual del inventario.
- S= costo fijo de preparación de la orden [\$/]. Este costo implica todos los gastos de manipulación y transporte, que se generan desde el momento que se capta la necesidad de un pedido hasta que arriba al almacén. Puede referirse al costo de procesamiento si el material es fabricado o al costo de realizar una compra si el insumo proviene de un proveedor externo.

En la figura 4 se muestran las curvas básicas de los costos de inventario.

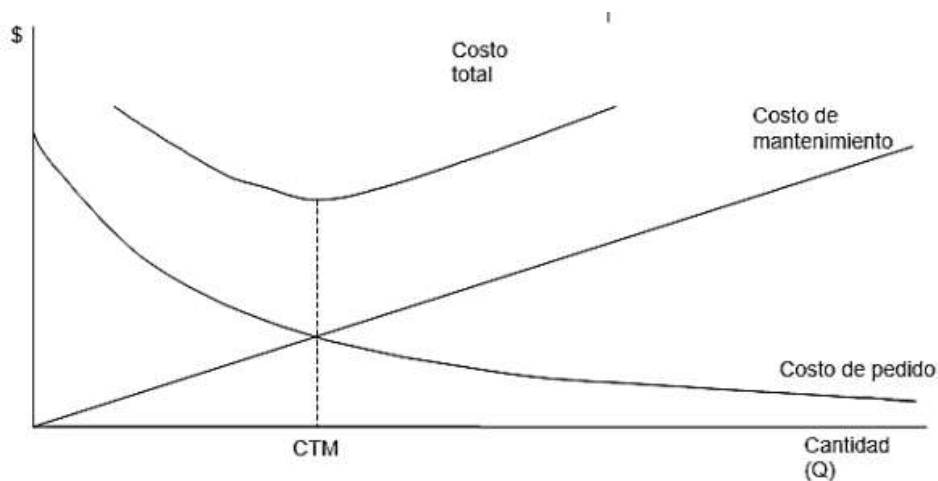


Figura 4: Curvas de los costos de inventario.  
Fuente: Chapman (2006)

El valor del CEP se obtiene buscando el mínimo relativo de la curva del costo total. Para ello se toma la primera derivada del costo total con respecto a Q y se la iguala a cero, siendo la formula final para el costo total mínimo la siguiente, ecuación 8:

$$CTM = \sqrt{\frac{2DS}{H}} \quad (8)$$

Un sistema de inventario se puede basar en revisiones periódicas, es decir pedir cada determinado tiempo o por revisiones continuas. Estos últimos, son los inventarios que corresponden al modelo cantidad económica de pedido (CEP), donde el pedido se ejecuta cada vez que el stock disponible llega a un nivel mínimo. Ambos modelos se utilizan cuando la demanda es independiente.

El reabastecimiento no se da de manera inmediata una vez que se emite el pedido, este implica cierto tiempo de espera ya sea que provenga de una fuente interna o de un proveedor externo. Es por ello, que se debe efectuar el pedido antes de que se agoten las existencias, ya que de lo contrario generaría quiebres de stock. El punto de reorden, figura 5, es la cantidad que determina el inventario necesario para cubrir la demanda cuando se da el proceso de reabastecimiento. Una vez que se alcanza este punto se debe emitir un pedido.

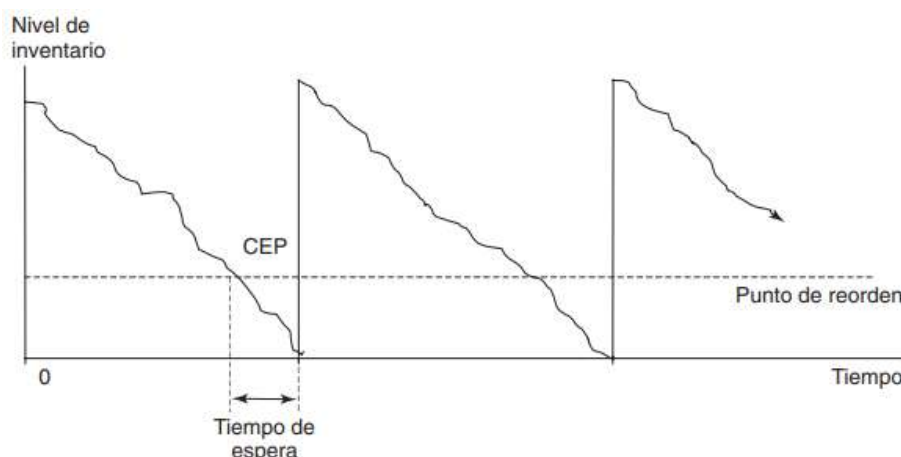


Figura 5: Modelo cantidad económica de pedido; punto de reorden  
Fuente: Chapman (2006)

El punto de reorden se calcula de la siguiente forma, ecuación 9:

$$R = \bar{d}L \quad (9)$$

Donde:

- $R$  es el punto de reorden
- $\bar{d}$  es la demanda diaria
- $L$  tiempo de espera expresado en días

Se toman ciertos supuestos de simplificación para el modelo. El primero es que el tiempo  $L$  es conocido y fijo, y el segundo es que el proveedor tiene la capacidad de reabastecer siempre que se emita un pedido. Pese a que este caso ideal generalmente no se presenta, el modelo de cantidad económica de pedido logra buenas aproximaciones a la cantidad de reabastecimiento.

### 8. Nivel de servicio

El servicio al cliente en lo referido a la logística, juega un rol importante para mantener la lealtad de los consumidores a la empresa. Trabajar el inventario correctamente implica que el producto esté disponible cuando el cliente lo requiere. La probabilidad de cumplir la capacidad de la demanda con el stock actual se la denomina NS y para un único artículo se define como, ecuación 10:

$$\text{Nivel de servicio} = 1 - \frac{\text{N}^{\circ} \text{ unidades agotadas}}{\text{Demanda total}} \quad (10)$$

Para el NS total, se calcula la tasa ponderada de surtido promedio. Su valor es el resultado de multiplicar la frecuencia de aparición de cada combinación de artículos por la probabilidad de surtir el pedido. De esta forma se obtiene el valor marginal por producto. La suma de todos ellos indica el NS de la empresa para cumplir con la demanda. (Ballou, 2004).

### III. DESARROLLO

El trabajo inicia con el relevamiento de los procesos que se desarrollan en CMSA para una mejor comprensión de la operación de reabastecimiento. Con la ayuda de las herramientas de gestión y calidad, se obtiene una primera aproximación de cuales son y cómo funcionan las tareas que se realizan dentro del almacén.

Seguidamente, se determinan los factores que afectan a la demanda utilizando la Investigación Operativa *Soft* (SSM). Esta metodología permite estructurar el problema, identificar los actores clave en el proceso de reabastecimiento, los roles y las relaciones de poder. Además, converge en los modelos conceptuales que deben implementarse a fin de solucionar la problemática planteada.

Una vez planteados los modelos conceptuales, se escoge la familia de productos que mayor volumen de ventas represente en base a la confección del diagrama de Pareto. Luego, se pronostican las ventas de dicho conjunto para los meses enero y febrero del 2022, tomando como base los datos históricos de la empresa CMSA, con el complemento de Excel Crystal Ball. La serie de datos abarca 5 años (2016-2021) divididos en periodos mensuales.

Siguiendo con los pasos de Checkland (1999), se exponen los modelos conceptuales a fin de mejorar la precisión del pronóstico y se escoge aquel que menor MAPE arroje. A la elección, se le incorporan los juicios y las motivaciones de los expertos con respecto a las variables halladas previamente, con el proceso analítico jerárquico. El resultado es un pronóstico de tipo colaborativo.

Finalmente, se calcula el lote óptimo de pedido utilizando la teoría de stocks, y se mide el NS con los estándares que utiliza la empresa y los datos arrojados por el nuevo pronóstico.

#### 1. Situación Actual de la Empresa

La operación de CMSA actual alcanza más de 5.000 puntos de ventas y 30 localidades, destacándose entre ellas, Mar del Plata, Miramar, Necochea, Balcarce, Lobería, San Cayetano, Gonzales Chaves, Tres Arroyos, Pringles y Sierra de la Ventana. En la figura 6 se detallan las zonas de cobertura.



## DESARROLLO DE UN SISTEMA DE PRONÓSTICO COLABORATIVO DE DEMANDA PARA UNA EMPRESA DISTRIBUIDORA



Figura 6: Zona de Cobertura de CMSA  
Fuente: Comercial del Mar S.A.

La dirección del grupo, está a cargo del Director y el Gerente general y cuenta con 4 áreas estrechamente interrelacionadas, ellas son Administración, Procesos, Logística y Ventas. Cada una cuenta con un jefe de Área quien gestiona las actividades del sector. En la figura 7 se presenta el organigrama de la empresa.

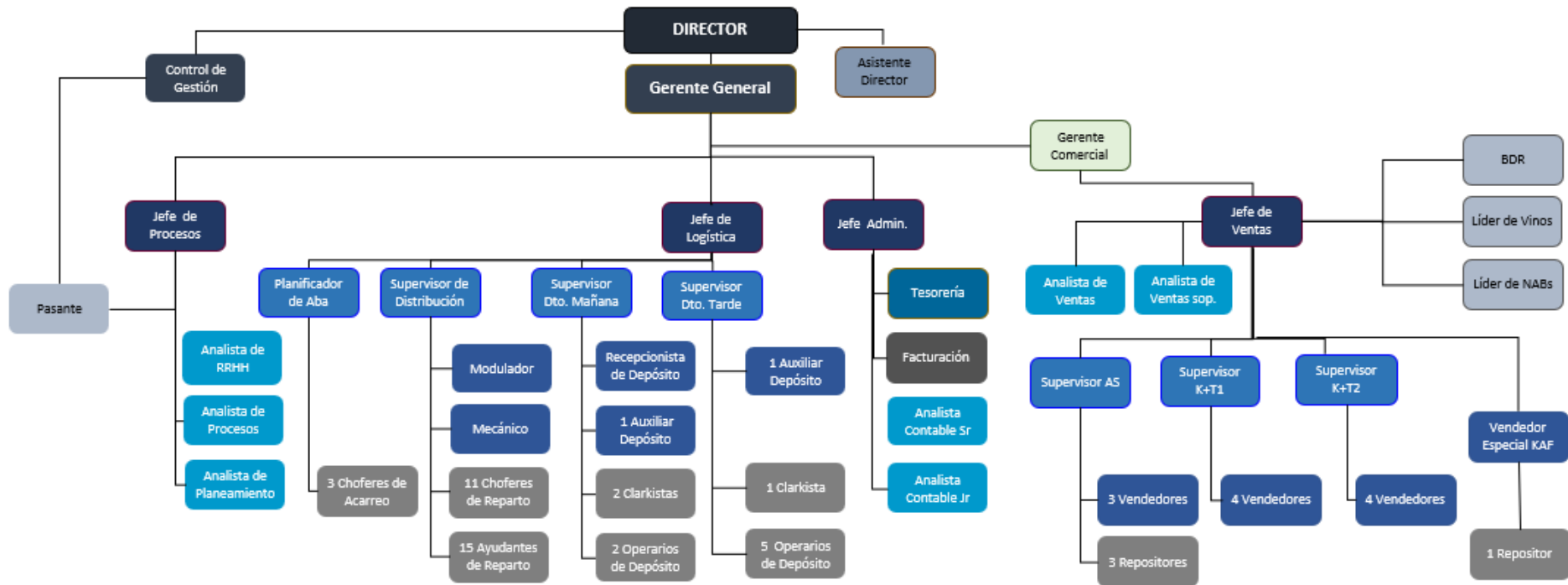


Figura 7: Organigrama de la Empresa  
Fuente: CMSA

Para el desarrollo del trabajo, se ponen de manifiesto las opiniones de los principales representantes de cada área quienes son partícipes del proceso de reabastecimiento del almacén, culminando en el pronóstico del tipo colaborativo. Administrar la cadena de suministro, requiere de la interacción entre las distintas áreas de la empresa y con los agentes externos a ella. El servicio al cliente se alcanza vía la coordinación y colaboración entre los distintos miembros de la cadena (Ballou, 2004).

Los puestos de CMSA están claramente definidos lo que posibilita el mayor compromiso para lograr los objetivos, mejora la relación con los jefes directos de cada una de las áreas y además establece una clara expectativa sobre el trabajo y el rol de cada uno. En las siguientes secciones se analizan los roles y las relaciones de poder de los encargados de tomar decisiones en el proceso de reabastecimiento.

## 2. Relevamiento de los procesos y exploración del Entorno

La excelencia en planeación requiere la habilidad de mantener el foco y las rutinas con una visión a futuro, mientras se ejecutan de forma consistente las exigencias diarias del negocio. El CDI se convierte en una conexión entre la gestión, transporte y ventas de los inventarios, a fin de atender las necesidades de los clientes en cuanto a costos, tiempo, lugar y calidad. Es por ello, que a fin de cumplir con dicho propósito en el almacén se realizan una serie de procesos vitales, que van desde la recepción y almacenamiento de los SKUs, hasta la preparación de pedidos.

Con ayuda de la jefa de procesos se actualiza el mapeo de procesos del área del almacén el cual se detalla en la figura 8. El objetivo de dicho sector es el de mejorar los sistemas de distribución, por lo que resulta muy importante que exista una conexión entre el proceso y los resultados.

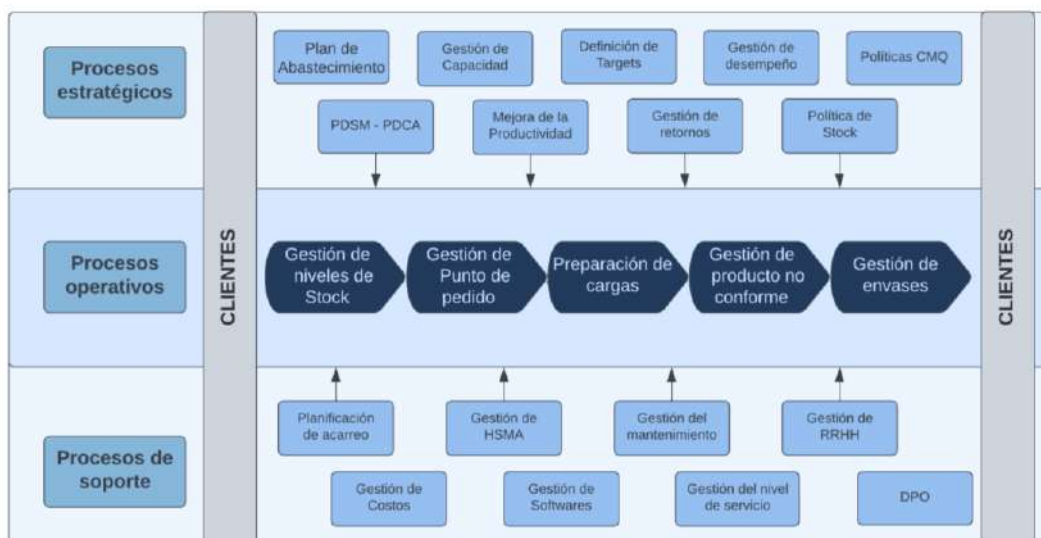


Figura 8: Mapeo de Procesos del Almacén de CMSA

Fuente: Elaboración propia en base a los datos brindados por CMSA

Dentro de los procesos operativos del almacén se encuentra:

- Gestión de niveles de stock: los activos son todo lo que tiene valor para la empresa, por lo que resulta uno de los procesos más importantes. Los SKUs deben ser monitoreados y controlados con el fin de conocer las existencias, la ubicación y el estado para alcanzar abastecimientos oportunos y distribuciones efectivas. Un conteo mensual completo es obligatorio para fines financieros y le da al área de ventas la información necesaria para comercializar los productos con sus clientes. La clasificación ABC, es una herramienta que ayuda a realizar la gestión de manera eficiente poniendo un mayor énfasis en aquellos puntos críticos en materia de almacenamiento.
- Gestión de punto de pedido (proceso de reabastecimiento): el proceso consiste en realizar los pedidos a planta del proveedor, CMQ, en función de los parámetros establecidos para cada producto y las pautas que indica la gerencia en cuanto a la demanda.
- Preparación de carga o *picking*<sup>10</sup>: el proceso inicia cuando el supervisor del depósito recibe las planillas de carga del sector de facturación. Cada hoja de carga corresponde a un camión de distribución, el cual agrupa todas las boletas a entregar por cliente. En esta hoja se detalla el código de producto, el detalle o descripción, los bultos y unidades a fin de armar las paletas a entregar. Una vez agrupadas todas las paletas pickeadas que corresponden a una misma planilla de carga, se envuelven con film para su posterior carga con auto elevador al camión.
- Gestión de producto no conforme (PNC): los productos no conformes deben ser separados para garantizar que no haya posibilidad de que se puedan entregar erróneamente. Esta separación debe incluir bloqueo físico, señalización y seguimiento adecuado. Cuando se daña el producto de alguna manera, debe aislarse de otros productos inmediatamente para evitar confusiones. Una buena práctica es publicar puntos de verificación obligatorios dentro del sector de bloqueo.
- Gestión de envases: los procesos de fin de jornada deben incluir controles sobre los envases retornables que están regresando del mercado. Los sistemas deben reflejar con precisión las cantidades y los tipos de envases retornables que entran al CDI.

Como ya se mencionó previamente, la finalidad del presente trabajo, es concluir en el cálculo del lote de reabastecimiento con el objetivo de mejorar la gestión de activos y

---

<sup>10</sup> Proceso de preparación de pedidos

generar un impacto positivo en la productividad del almacén. Es por ello que la información brindada en este apartado muestra una primera aproximación de cómo trabaja la empresa y la forma en la que se vinculan los procesos que se realizan en el almacén de CMSA. De la misma forma se observan entre los procesos estratégicos el de definición de *targets*<sup>11</sup>, plan de abastecimiento, política de stock y políticas de CMQ que son los principales en proporcionar los lineamientos para que se lleve a cabo la gestión del punto de pedido.

### **3. Investigación Operativa Soft (SSM)**

Los encargados de tomar decisiones se enfrentan constantemente a diversas condiciones de complejidad e incertidumbre. En la actualidad, es muy común encontrar situaciones dinámicas, donde hay ausencia de datos.

La información recopilada en este apartado ayuda a estructurar el problema antes de intentar resolverlo, analizando las causas raíces que influyen en la precisión de la proyección de la demanda. Con el análisis exhaustivo de la SSM, se pone al descubierto las complejidades implícitas u ocultas en el proceso de gestión del punto de pedido.

#### **3.1. Exploración de la situación Problemática**

En primera instancia, se realiza una reunión con el planificador de abastecimiento del almacén, donde se definen los participantes claves y se toma conocimiento de cómo funciona el proceso de gestión de pedido, su dimensión y alcance. Las preguntas a realizar son abiertas, lo que permite al entrevistado expresarse sin restricciones. En la figura 9 se observa el diagrama del proceso completo, con las actividades que realiza cada área.

---

<sup>11</sup> Objetivo

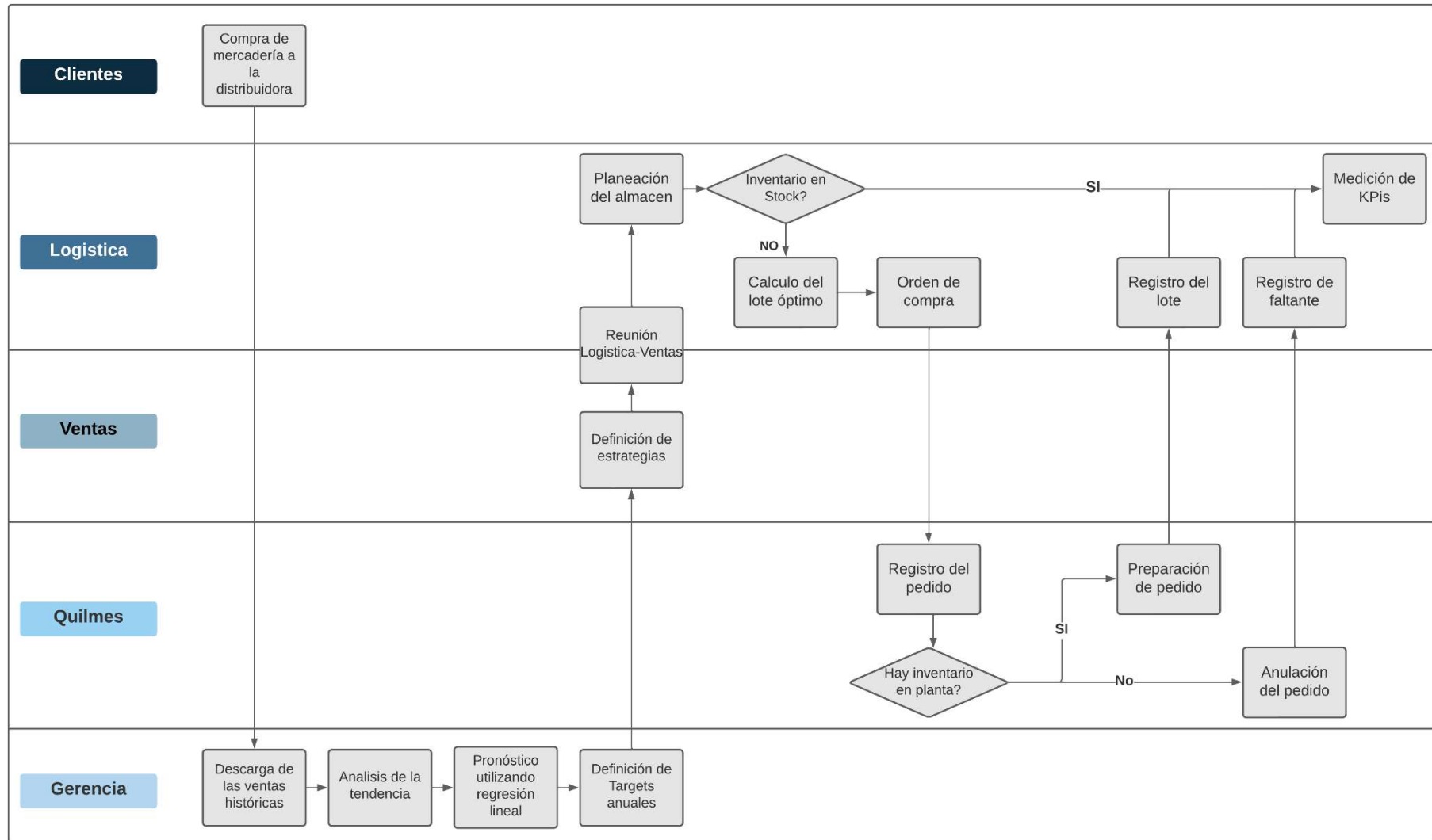


Figura 9: Diagrama de Flujo del Proceso de Gestión de Punto de Pedido  
 Fuente: Elaboración propia en base a datos brindados por CMSA

La confección del diagrama de flujo para comenzar, es muy útil ya que permite entender rápidamente lo que implica el proceso de reabastecimiento de principio a fin y se aclaran las rutinas que se realizan para dar servicio a los clientes de CMSA. Cualquiera sea la empresa en cuestión, con un claro conocimiento de los procesos se logra un mejor nivel de desempeño (Summers, 2006).

Luego, se realiza una lluvia de ideas junto a los encargados de la toma de decisiones, con el objetivo de identificar y caracterizar el contexto de la situación problemática con respecto al reabastecimiento del almacén. Entre ellos el gerente general, el jefe de ventas, el intermediario de CMQ dentro de la distribuidora y el planificador de abastecimiento. En la figura 10 se observa la figura enriquecida derivada de esta reunión.

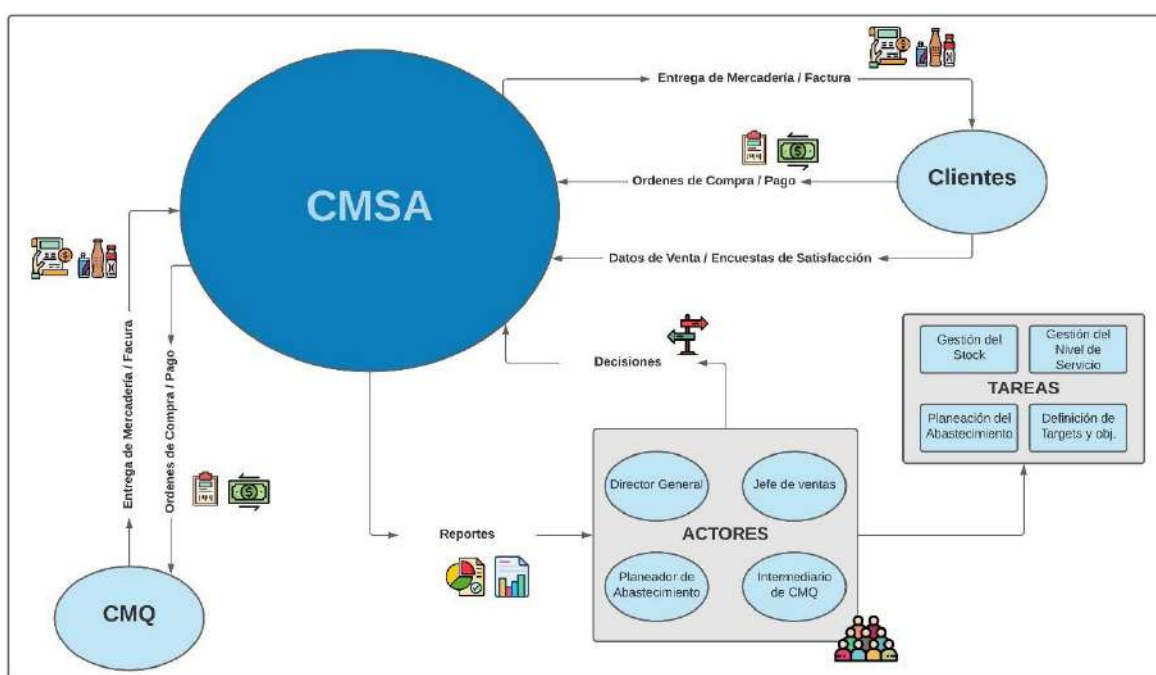


Figura 10: Figura enriquecida.

Fuente: Elaboración propia en base a los datos de las entrevistas.

En cuanto a los reportes, CMSA trabaja con un software de gestión llamado CHES ERP, donde cada área crea informes de sus tareas pertinentes, como actividades de contabilidad, gestión de proyectos, operaciones de cadena de suministro, gestión de aprovisionamiento, entre otras. Específicamente para el proceso de reabastecimiento los reportes que se utilizan son:

- Ventas históricas de la empresa
- Indicadores de desempeño del almacén (% quiebres de stock, % sobre stock, % capacidad del almacén, % de rotación del inventario, tiempo de respuesta, NS, etc.) y política de inventario.

- Informes de costos tanto operativos del almacén como los de distribución.
- Stock disponible en planta de CMQ.
- Reporte de gestión de activos.
- Información brindada por área de ventas en cuanto a pedidos de clientes del área y reportes sobre las cancelaciones comerciales (entre ellos por motivo de falta de stock).

Siguiendo con los lineamientos del SSM, del conocimiento obtenido por la figura enriquecida, se desprenden los análisis 1, 2 y 3. En la tabla 4 se expone el análisis 1, donde se identifican los involucrados en el proceso de reabastecimiento.

<b>Clientes</b>	Son los beneficiarios de las transformaciones que se operen en el sistema para la resolución y/o mejora de la situación problemática planteada. Con las transformaciones se busca que se orienten los esfuerzos y se mejore la performance del almacén y también se alcance el NS propuesto por la empresa.
<b>Dueños</b>	El gerente general y el planificador de abastecimiento son quienes se encargan de tomar las decisiones, de establecer los criterios de control que se ajusten al proceso y quienes llevaran adelante la transformación.
<b>Facilitadores</b>	Intermediarios de CMQ, choferes y ayudantes de reparto de CMSA, operarios, encargados de depósito, jefe de ventas.

Tabla 3: Análisis 1, identificación y caracterización de roles.

Fuente: Elaboración propia en base a los datos brindados en la entrevista

En cuanto al análisis 2, se identifican y caracterizan las siguientes dinámicas socio-culturales:

- El mercado de bebidas es muy dinámico y complejo. Frecuentemente se lanzan nuevas marcas al mercado con diferentes características de producto y desaparecen otras. Esto lleva a la presencia de fuertes campañas de promoción y estrategias del área de marketing tanto de CMQ como de la competencia. Ejemplo de esto son las políticas de precios o la realización de descuentos por volumen que benefician al comprador que accede a precios más bajos.
- El desarrollo de nuevos barrios genera la aparición de nuevos clientes con distintos requerimientos logísticos. Están surgiendo distritos cerrados y nuevas zonas costeras



debido a la necesidad de mayor privacidad, específicamente en las zonas de Chapadmalal y Santa Clara.

- La situación de la pandemia Covid-19 generó el cierre/apertura de varios comercios aumentando o bajando las ventas de un día para otro. Esto además provocó el aumento del desempleo, lo cual impacta en los ingresos de los consumidores finales.
- Los recursos deben orientarse a alcanzar el NS deseado. Los equipos deben trabajar integrando sus esquemas y estrategias al consumidor final para atender sus requerimientos logísticos.

El análisis 3 referido a la identificación y caracterización de las relaciones de poder se puede observar en la tabla 5.

Actor	Relación de poder
<b>Gerente general</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Realiza los pronósticos en volumen de mercadería y en base a ellos define los targets anuales.</li> <li>● Define las políticas de la organización.</li> <li>● Decide la asignación de los recursos.</li> <li>● Controla que el avance sea el adecuado con respecto a los <i>targets</i>.</li> </ul>
<b>Planificador de Abastecimiento</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Define los KPIs<sup>12</sup> críticos de almacén con respecto a ocupación de bodega y capacidad del almacén.</li> <li>● Entabla negociaciones con los proveedores.</li> <li>● Establece el punto de pedido óptimo que garantice el nivel de abastecimiento acorde, reduciendo al máximo los faltantes de stock y vencimientos.</li> <li>● Coordina las tareas correspondientes al control de Stock y consistencia del inventario en todos los almacenes.</li> <li>● Propone y participa del armado de presupuestos, y acuerdos de NS para los procesos de abastecimiento.</li> </ul>

<sup>12</sup> Indicador que evalúa el desempeño a través de una serie de métricas que miden la eficacia y la productividad de las acciones y que permite tomar las decisiones pertinentes. Son los fundamentales y ofrecen una visión clara de la situación.

**DESARROLLO DE UN SISTEMA DE PRONÓSTICO COLABORATIVO DE DEMANDA PARA UNA EMPRESA  
DISTRIBUIDORA**

	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Identifica oportunidades de mejoras, propone e implementa nuevas prácticas tendientes a obtener una gestión de abastecimiento más eficiente.</li> <li>● Optimiza el proceso de abastecimiento considerando los costos de mercadería y reposición, como también de la contratación de servicios tercerizados.</li> </ul>
<b>CMQ</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Establece promociones y descuentos diarios, sujetos a las acciones comerciales.</li> <li>● Debe asegurarse de contar con la mercadería necesaria para no generar quiebres de stock dentro de la cadena de suministro.</li> </ul>
<b>Jefe de ventas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Entabla negociaciones con el consumidor final.</li> <li>● Plasma las opiniones de clientes a través de encuestas de satisfacción por el NS otorgado, detectando posibles oportunidades de mejora.</li> </ul>

Tabla 4: Relaciones de Poder

Fuente: Elaboración propia en base a los datos brindados en la entrevista.

A partir de los 3 análisis expuestos, se llega a un conocimiento más claro del contexto en el que se ubica la situación problemática, respecto a la necesidad de optimizar el proceso de gestión del punto de pedido. En la figura 11 se puede observar el diagrama de espina de pescado elaborado en base a la lluvia de ideas realizada en la etapa 1, el cual permite representar de manera visual las causas que convergen en el problema planteado. Todos estos factores impactan en la demanda de los productos que ofrece CMSA. Los integrantes en la reunión escogen que las categorías de la espina sean: CMQ, Clientes, Economía Nacional y Competidores.

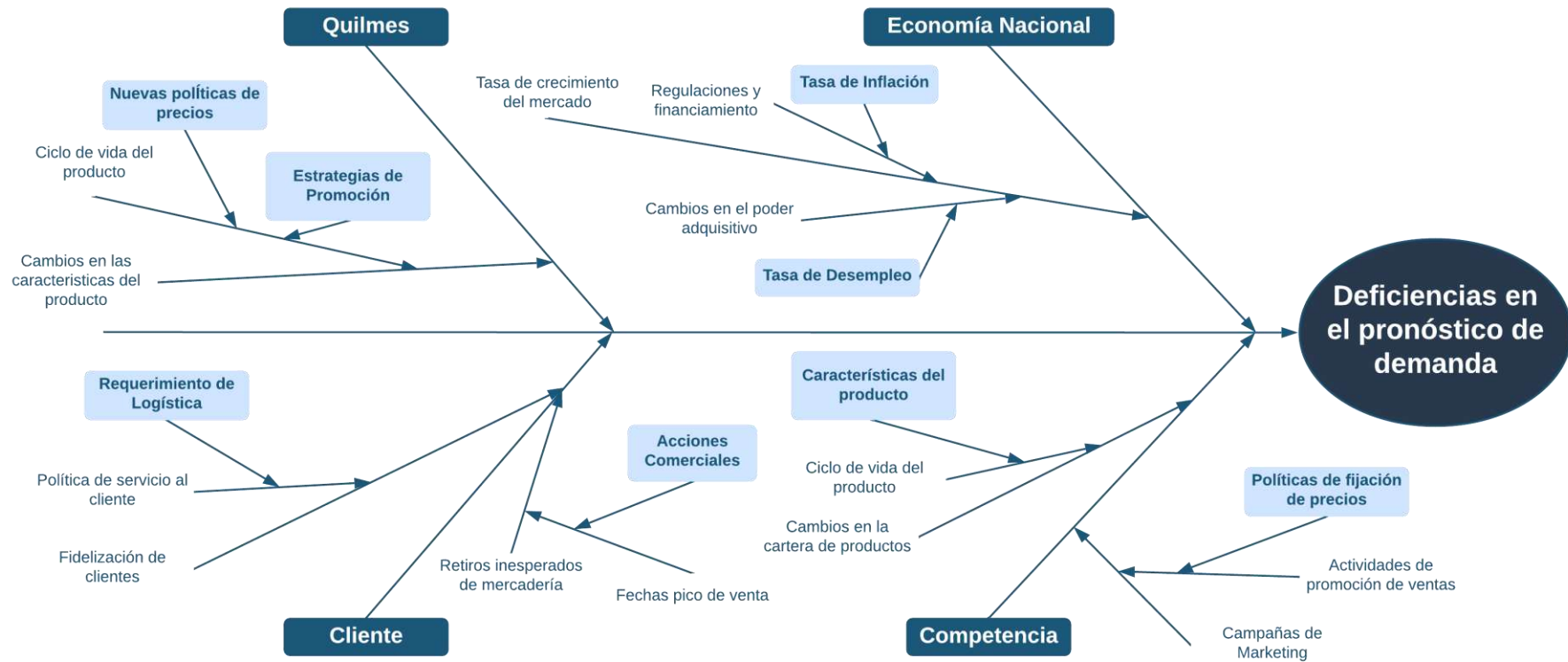


Figura 11: Diagrama Espina de Pescado  
 Fuente: Elaboración propia en base a los datos brindados en la entrevista

Una vez finalizado el debate, se analiza el diagrama y se arriba a la conclusión de que los factores resaltados en celeste son las causas principales de que el pronóstico de demanda sea poco operativo. Para conducir la dinámica de la reunión se aborda una categoría a la vez y se van anotando las causas subrelacionadas bajo cada una de ellas.

A continuación, se expone un análisis más detallado de cada categoría principal:

- En cuanto a los factores de desempleo e inflación, los mismos describen el estado general de la actividad económica en el mercado y tienen una fuerte correlación con el nivel de demanda de los productos que comercializa CMSA.
- Por su parte, los clientes, vienen con ciertas expectativas que se traducen en requerimientos. CMSA debe estar al tanto de lo que los consumidores finales esperan del servicio logístico y buscar la forma de satisfacerlos. Las empresas logísticas que brindan servicios de calidad y se vuelven competitivas en estos aspectos logran un aumento notable de sus ventas. Los servicios logísticos agregan valor si el producto está en manos de los clientes cuando y donde estos deseen.
- Las acciones comerciales impulsan a que se disparen las ventas de un día para otro, generando los “días de ventas pico”. En estos casos, CMSA, pone especial atención en identificar y definir los periodos críticos que requieren un especial seguimiento para controlar el volumen. La planificación de estos días, involucra a todo el personal del área de logística y ventas (analistas, vendedores, supervisores, moduladores, jefes de ventas y gerente comercial). La empresa debe asegurarse de contar con las herramientas y las metodologías necesarias para seguir cumpliendo sus metas y entregar resultados durante las variaciones del ciclo de negocio.
- Por último, la forma en la que se desempeñan los competidores con respecto a CMSA influye en la demanda de los productos. Por ejemplo, ante una baja política de precios por parte de los rivales, se espera que estos ganen una mayor porción de mercado. Por lo general, el gerente de CMSA no es responsable de fijar los precios de los productos, ya que estos con frecuencia se encuentran sujetos a las tarifas de transporte, almacenamiento y lo que le impone el mercado. Por esta razón, es necesario que CMSA promueva acuerdos con su proveedor que le permitan reducir los costos logísticos.

### **3.2. Elaboración de las Definiciones Raíces**

De las intervenciones con la participación de los interesados, surgen estados no deseados de la situación actual, que requieren transformaciones para pasar al estado

deseado. En el Tabla 6 se presentan las transformaciones que se identifican en las etapas 1 y 2. Cada una de ellas se desglosa en una entrada y una salida esperada (situación ideal).

Estado indeseado	Transformación	Estado deseado
El pronóstico actual no tiene en cuenta los factores de CMQ	T1	El pronóstico colaborativo deberá tener en cuenta las variables de estrategias de promoción y las nuevas políticas de precios por parte de CMQ.
El pronóstico actual no tiene en cuenta los factores de la Economía Nacional	T2	El pronóstico colaborativo tendrá en cuenta las variables de inflación y desempleo.
El pronóstico actual no tiene en cuenta los factores vinculados a los clientes	T3	El pronóstico colaborativo tendrá en cuenta las variables de requerimientos logísticos y acciones comerciales.
El pronóstico actual no tiene en cuenta los factores vinculados a los competidores	T4	El pronóstico colaborativo tendrá en cuenta las nuevas políticas de fijación de precios y las características del producto.

Tabla 5: Identificación de las transformaciones  
Fuente: Elaboración propia.

Para expresar la transformación hacia el estado deseado y el contexto que envuelve la situación problemática, se construye el CATWOE tal como se observa en la tabla 7, que resume las descripciones expuestas en los tres análisis precedentes:

- Del análisis 1 y 3 se obtiene la información respectiva a clientes, actores y dueños de cada una de las transformaciones.
- Del análisis 2 se obtiene la información de razones que justifican las transformaciones y ambiente.

	Cliente (C)	Actor (A)	Razones que justifican la transformación (W)	Dueño (O)	Ambiente (E)	Definición raíz
T1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CMSA</li> <li>• Organización de la cadena de suministro</li> <li>• Consumidor final</li> </ul>	<p>Intermediario de CMQ con la distribuidora Gerente</p> <p>Área de ventas.</p>	<p>El área de ventas puede planificar estrategias en base a la información proveniente del proveedor y tomar las medidas pertinentes. Además de fijar el NS al cliente.</p>	<p>Empresa proveedora</p>	<p>El ambiente es altamente dinámico y complejo, las decisiones del área de Marketing de CMQ le permiten alcanzar el posicionamiento en el mercado deseado por la compañía.</p>	<p>CMSA con su principal proveedor, CMQ, deben planificar en conjunto y deben permitir que la información fluya para tomar las decisiones sobre las nuevas políticas de precios y las estrategias de promoción, que disparan el volumen de ventas.</p>
T2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consumidor final</li> <li>• CMSA</li> </ul>	<p>Estado Nacional</p>	<p>Permite predecir el comportamiento de la demanda y la oferta.</p>	<p>Base monetaria, situación económica</p>	<p>Inestabilidad económica y política.</p>	<p>Una buena proyección de demanda no debe descuidar la situación económica, ya que esta repercute a lo largo de toda la cadena de suministro.</p>
T3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Organización de la cadena de suministro</li> </ul>	<p>CMQ</p> <p>Facilitadores</p>	<p>Conocer e incluir las necesidades de los</p>	<p>Consumidor final</p>	<p>Los requerimientos por parte de los</p>	<p>CMSA, junto con CMQ deben seleccionar y</p>

		Planificador de abastecimiento Área de ventas Gerencia	clientes puede promover la fidelización y la cohesión de los mismos.		clientes son cada vez más exigentes, al igual que crece el poder de negociación.	asignar los recursos para alcanzar el NS propuesto.
T4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CMSA</li> <li>• Organización de la cadena de suministro</li> </ul>	Área de ventas Gerencia	El conocimiento de la competencia facilita la selección y asignación de recursos.	Principales competidores	Estrategias de precios sólidas y escenarios cada vez más competitivos.	El área de ventas y la gerencia deben estar al tanto de la competencia, para así enfocarse en las habilidades competitivas que le permitan diferenciarse.

Tabla 6: Caracterización de las transformaciones  
Fuente: Elaboración propia.

Hasta acá, se identifican las condiciones de incertidumbre, complejidad y conflicto de las primeras tres etapas. La dinámica de las entrevistas evidencia aportes positivos en cuanto a un entorno de aprendizaje, ya que esclarece la situación en un contexto donde hay ausencia de datos y que exige y compromete, además, a quienes tomen las decisiones piensen en realizar ciertas modificaciones.

### 3.3. Elaboración de los Modelos conceptuales

Siguiendo con la etapa 4 de la metodología de Checkland, en este caso particular para disminuir el error del pronóstico, a partir de las definiciones raíces descritas en el apartado anterior, se plantea un único modelo conceptual dividido en dos pasos:

1. Inicialmente se pronostica la demanda de la muestra original, para ello previamente se analiza que familia de productos genera el mayor volumen de ventas de la empresa en base a la clasificación ABC para así, avocar la continuación del trabajo a dicha familia. Luego, en base a dos lineamientos se pretende mejorar la precisión del pronóstico, siendo estos:
  - Agregación/desagregación de las familias de productos y luego pronosticar con Crystal Ball. A lo largo de los años, ha habido avances significativos en cuanto a distintos enfoques de agregación para tratar los datos históricos y planificar los requerimientos logísticos (Badai *et al.*, 2021). Dichos enfoques, suelen ser más precisos ya que la desviación estándar del error es menor que la media. El grado de incertidumbre se reduce mediante la agrupación de los riesgos. Es por ello, que se recomienda este lineamiento para mejorar la precisión del pronóstico.
  - Pronosticar combinando los dos mejores métodos de la salida del Crystal Ball. Las técnicas de combinación de pronósticos, utilizan distintas predicciones individuales provenientes de diferentes modelos y se integran obteniendo un único pronóstico. En la mayoría de los casos, se consigue una mejor precisión siguiendo esta técnica ya que se minimiza el error cuadrático medio (Alzate *et al.*, 1989).  
Con la finalidad de minimizar la varianza, combinar distintos pronósticos individuales cuyos errores sean correlacionados o independientes, resulta óptimo y nunca será peor que el mejor modelo de pronóstico individual (Bunn, 1989).
2. Una vez expuestos los 2 lineamientos del paso uno, se selecciona aquel que arroje el menor error. La salida del pronóstico, se corrige por un factor que se obtiene a través



del PAJ, a fin de incorporar los juicios de los involucrados en el proceso, su experiencia y motivación, con respecto a las variables mencionadas previamente en cada una de las transformaciones. Obteniendo de esta forma, un pronóstico colaborativo.

A medida que se vayan exponiendo los distintos pasos del modelo, estos se irán comparando con la situación actual de CMSA utilizando la MAPE, para ver en qué medida lo planteado se ajusta a la realidad. Finalmente, el modelo se implementará para calcular el lote de pedido óptimo, culminando de esta forma con la metodología de Checkland.

#### **4. Cartera de productos**

La empresa comercializa y distribuye 7 familias de productos: cervezas, vinos, aguas, gaseosas, bebidas saborizadas, bebidas energizantes y bebidas isotónicas, alcanzando alrededor de 150 SKUs activos entre las distintas marcas y calibres. Las empresas que manejan una gran cantidad de activos, les es de gran importancia la estimación de la demanda de cada uno de ellos.

A continuación, se detallan las dos unidades de negocio de la compañía:

- La unidad de negocio de Bebidas con Alcohol, se divide en dos grandes grupos:
  - La familia de cervezas está formada por tres segmentos según la rentabilidad que generan, ellos son High End, Core y Core+.
  - La familia de vinos está compuesta por las marcas: Novecento Raíces, Novecento, Capriccio Fiore y Dante Robino. Es la división más nueva de la empresa, sus comienzos se remontan a junio del 2020.
- La unidad de negocio de bebidas sin alcohol agrupa las familias: aguas, gaseosas, bebidas saborizadas, bebidas energizantes y bebidas isotónicas. Dentro de los productos podemos encontrar los de la línea PepsiCo y Nestlé Waters.

Se puede observar que en la empresa existen varios procesos de toma de decisiones que involucran una gran cantidad de productos. Estos procesos, según el tipo de planeación que se lleva a cabo, se deben realizar por familia de productos o por productos individuales, afectando la forma en la que se planifica, se almacena y distribuye.

Para conocer la familia de productos que mayor valor ingreso por ventas le genera a CMSA, se confecciona el Diagrama de Pareto por familia de producto. El mismo se observa en la figura 12 y ordena de forma creciente a las familias por el volumen total vendido desde el año 2016 a 2021 inclusive.

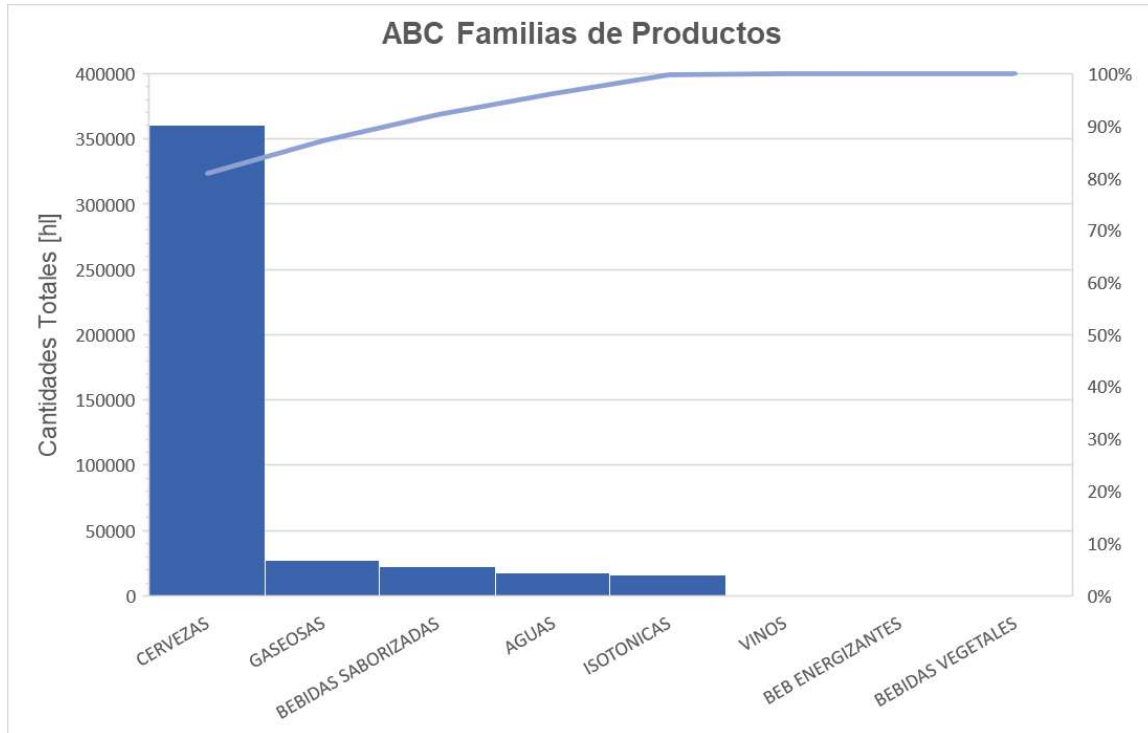


Figura 12: ABC familia de productos  
Fuente: Elaboración Propia en base a datos brindados por CMSA.

En base a lo expuesto, el desarrollo del trabajo se enfoca en la familia que representa el 80% de las ventas de CMSA, es decir las cervezas y a las cuales se las clasifica como productos "A". En el anexo 1 se muestran los cálculos realizados.

La familia de cervezas, como ya se mencionó pertenece a la unidad de negocio de bebidas con alcohol. Dicha familia está segmentada en tres categorías de acuerdo a la rentabilidad que le provee a la empresa. Estas se detallan a continuación:

- El segmento High End (HEND), se compone de las marcas Stella Artois, Corona y Patagonia y son los de mayor valor económico. Actualmente representan el 11% de las ventas. En la figura 13 se observa la variación del volumen vendido desde el año 2016 expresado en hectolitros.

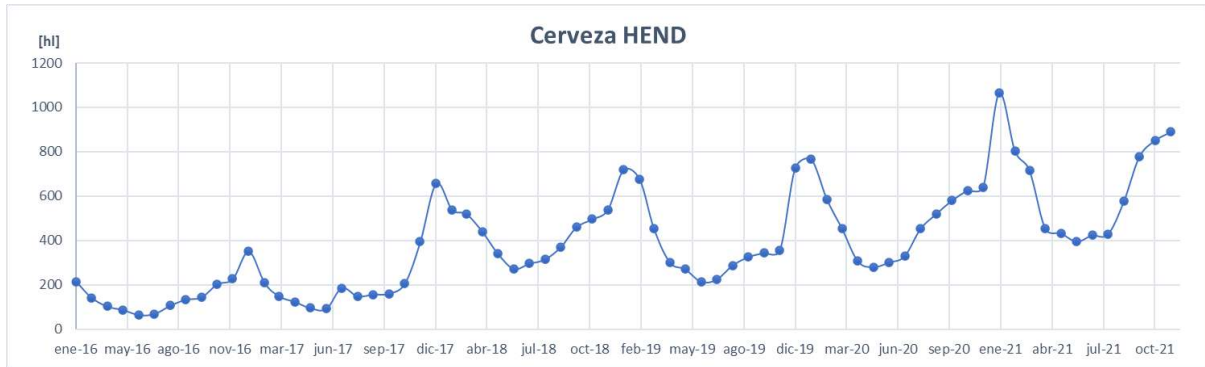


Figura 13: Volumen vendido de cerveza High End  
Fuente: Elaboración Propia en base a datos proporcionados por CMSA.

- El segundo segmento más relevante para la compañía es el CORE +, compuesto de las marcas Andes y Budweiser. El volumen de comercialización alcanza actualmente el 8% de las ventas totales. En la figura 14 se observa la variación del volumen vendido desde el año 2018. Este segmento es el más nuevo de la compañía, sus inicios se remontan a mayo del 2018.

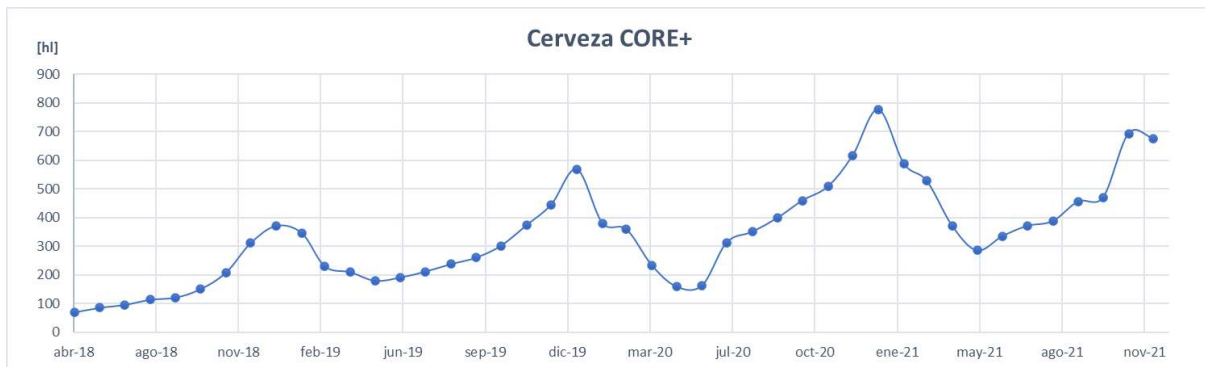


Figura 14: Volumen vendido de Cerveza Core+.  
Fuente: Elaboración Propia en base a datos proporcionados por CMSA.

- El segmento CORE, está integrado por las marcas populares, Brahma y Quilmes. Dichas marcas generan el 81% de las ventas. En la figura 15 se observa la variación del volumen vendido desde el año 2016.

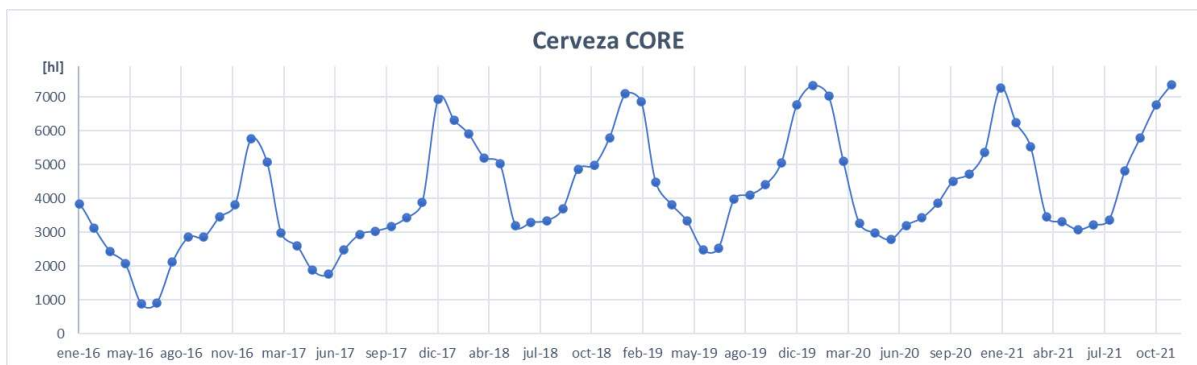


Figura 15: Volumen vendido de cerveza Core.  
Fuente: Elaboración Propia en base a datos proporcionados por CMSA

Es importante destacar que tal como se expuso en el análisis 2 de la SSM, el mercado de bebidas es muy dinámico y complejo. Frecuentemente se presentan nuevas marcas y desaparecen otras, como es el caso de la cerveza Iguana en el segmento Core o las cervezas de origen internacional como la Grolsch o la Becks que ya no se comercializan, pertenecientes al segmento High End. Como consecuencia, surgen fuertes campañas de promoción por parte de CMQ sobre los productos nuevos que se lanzan al mercado y que despiertan cierto interés por parte de los consumidores, impulsando las ventas. En la figura 16 se puede ver la cartera de productos actual con respecto a esta división de negocios.



Figura 16: Segmentos de cerveza.  
Fuente: CMSA.

Por otro lado, se observa de los tres gráficos, que la demanda de cervezas es estacional, ya que presenta los mayores volúmenes de venta en los meses de verano y el

mismo, es un patrón que se repite año a año. Una planificación especial para estos periodos es esencial para el desempeño exitoso y la satisfacción del cliente. Ventas y logística deben trabajar cooperativamente en el plan para suavizar los picos y mantener el NS.

Los datos de las ventas históricas utilizados para la confección de los gráficos se adjuntan en el anexo 2.

### 5. Pronóstico de la muestra original (MO)

Para armar el modelo de pronóstico se utiliza el complemento de Excel Crystal Ball tomando los datos históricos y se reservan los meses de enero y febrero del 2022 para posteriormente testear en qué medida el modelo obtenido se ajusta a la realidad.

El Software Crystal Ball selecciona automáticamente el método que arroja el menor error, es este caso se elige la MAPE. Los resultados se presentan en la tabla 8, expresados en hectolitros. El reporte del software en el cual se especifican las preferencias de ejecución de todos los pronósticos realizados se adjunta en el Anexo 3.

Pronóstico muestra original	CORE [hl]	CORE+ [hl]	HEND [hl]
Mejor método de pronóstico	SARIMA(1,1,1)(1,0,1)	SARIMA(1,1,0)(1,0,0)	SARIMA(1,1,1)(1,0,1)
ene-22	8,834.17	862.36	1,107.55
feb-22	8,089.00	677.23	911.45

Tabla 7: Pronóstico de la MO.  
Fuente: Elaboración Propia.

De la tabla 8 se desprende que el método seleccionado como el mejor para pronosticar es el modelo SARIMA. Este considera la estacionalidad como un componente significativo dentro del patrón de predicción. En los tres casos la estacionalidad se detecta automáticamente cada 12 meses, lo cual puede corroborarse siguiendo los gráficos del apartado anterior. La variación del volumen de venta de la cerveza, sigue un patrón que se repite año a año, y pone en evidencia que los consumidores muestran cierto interés por ese producto durante los meses de verano especialmente.

En la tabla 9 se presenta el resultado del cálculo del error del pronóstico de la MO con la MAPE para cada uno de los segmentos pronosticados.

Mes	CORE	CORE+	HEND
ene-22	22%	27%	24%
feb-22	29%	13%	21%
Promedio	26%	20%	23%
<b>MAPE muestra original</b>			<b>23%</b>

Tabla 8: MAPE MO

Fuente: Elaboración Propia.

El error total de la muestra original resulta del 23% con respecto a las ventas reales.

## 6. Planteo de estrategias para mejorar el Pronóstico de la MO

En esta sección se implementan las dos estrategias propuestas en la SSM a fin de mejorar la precisión del pronóstico:

- Mejora del pronóstico mediante la combinación de los dos mejores métodos de la salida del Crystal Ball
- Pronosticar para la familia de cervezas en conjunto y luego desagregar en las tres categorías mencionadas previamente.

En la figura 17 se presenta el esquema a seguir.

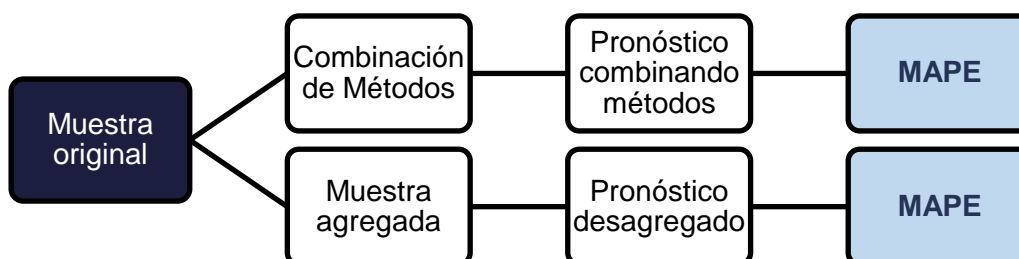


Figura 17: Estrategias para mejorar la precisión del pronóstico.  
Estrategias para mejorar la precisión del pronóstico.

### 6.1. Mejora del pronóstico mediante la combinación de métodos

De acuerdo con la obtención de los pronósticos sobre la muestra original, lo que se plantea en este apartado es combinar los dos mejores métodos de la salida del Crystal Ball, con el objetivo de minimizar la MAPE. En la tabla 10 se detalla para cada uno de los segmentos, los métodos seleccionados por el software.

Pronóstico desagregado			
Rango	CORE	CORE+	HEND
1	SARIMA(1,1,1)(1,0,1)	SARIMA(1,1,0)(1,0,0)	SARIMA(1,1,1)(1,0,1)
2	Aditivo estacional	Aditivo estacional de tendencia desechada	Aditivo estacional de tendencia desechada

Tabla 9: Los dos mejores métodos para cada segmento.  
Fuente: Elaboración propia.

De la tabla 10, se puede ver que el segundo método para los segmentos de CORE+ y HEND es el aditivo estacional de tendencia desechada. Dicho método es el mejor cuando los datos además de presentar una estacionalidad, presentan tendencia. Esto lo podemos validar siguiendo los gráficos de las figuras 13 y 14 previamente expuestos de variación de las ventas.

La salida del pronóstico se muestra en la tabla 11 a continuación.

Rango	Periodo	CORE [h]	CORE+ [h]	HEND [h]
1	ene-22	8,834.17	862.36	1,107.55
	feb-22	8,089.00	677.23	911.45
2	ene-22	8,568.59	808.71	958.49
	feb-22	7,623.36	671.47	806.99

Tabla 10: Pronóstico de los dos mejores métodos.  
Fuente: Elaboración propia.

Los modelos seleccionados serán combinados utilizando ponderaciones en base a el error que arrojan. En la tabla 12 se observa la MAPE y el factor ponderación de cada uno.

Rango	CORE		CORE+		HEND	
	MAPE	Factor	MAPE	Factor	MAPE	Factor
1	26%	44%	20%	44%	23%	25%
2	20%	56%	16%	56%	8%	75%

Tabla 11: MAPE y factor de Ponderación.  
Fuente: Elaboración Propia.

Utilizando la información de los pronósticos de cada uno de los métodos y multiplicando dicho valor por el factor ponderación, se obtiene el pronóstico para los meses enero y febrero del 2022. Los resultados se exponen en la tabla 13.

Periodo	CORE [h]	CORE+ [h]	HEND [h]
ene-22	8,685.44	832.32	995.76
feb-22	7,828.24	674.00	833.11

Tabla 12: Pronósticos mejores métodos Crystal Ball.  
Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 14 se presenta la MAPE resultante de la combinación de los dos mejores métodos de pronóstico.

**DESARROLLO DE UN SISTEMA DE PRONÓSTICO COLABORATIVO DE DEMANDA PARA UNA EMPRESA  
DISTRIBUIDORA**

Mes	CORE	CORE+	HEND
ene-22	20%	22%	12%
feb-22	25%	13%	11%
Promedio	23%	18%	11%
<b>MAPE combinación de pronósticos</b>			<b>17%</b>

Tabla 13: MAPE combinación de pronósticos.  
Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar una disminución del error con respecto al pronóstico realizado con la muestra original, tabla 8, por lo que se puede afirmar que combinar métodos de pronósticos de demanda ayuda a reducir el error.

### 6.2. Mejora del pronóstico mediante la agregación/desagregación de datos

Los mejores pronósticos no siempre son obtenidos del nivel “natural” de agregación. En ciertos casos se puede mejorar la precisión al agregar los datos históricos en niveles superiores y luego desagregar a niveles inferiores. La elección de los enfoques de agregación, este sujeto a las limitaciones por parte del encargado de pronosticar, a la vez que dicho enfoque debe ser impulsado por las consideraciones de precisión.

Para llevar a cabo esta estrategia, se parte de la familia de cervezas en su conjunto obteniendo una sola serie, es decir se agrupan los datos correspondientes de los segmentos HEND, CORE+ y CORE. Posteriormente se calcula el pronóstico, al que se denomina “Pronóstico agregado” y al cual se desagrega luego en las tres líneas, para obtener el pronóstico de cada uno de ellas.

Se suman las ventas mes a mes desde el 2016 al 2021 de todas las cervezas. Luego, se obtiene el pronóstico agregado por Crystal Ball, el cual se muestran en la tabla 14.

Pronóstico	CERVEZA [h]
Mejor método de pronóstico	SARIMA(1,1,1)(1,0,1)
ene-22	8,834.17
feb-22	8,089.00

Tabla 14: Pronóstico agregado.  
Fuente: Elaboración propia.

La desagregación se realiza utilizando el porcentaje de participación de cada segmento dentro de la familia. Es importante destacar que para obtener que porción del mercado se lleva cada línea, se recurre únicamente al año 2021. Esto se debe a que con la incorporación de las últimas marcas al mercado y la consolidación del segmento Core+, se



**DESARROLLO DE UN SISTEMA DE PRONÓSTICO COLABORATIVO DE DEMANDA PARA UNA EMPRESA  
DISTRIBUIDORA**

llegó a un estado de madurez con proporciones constantes a partir del transcurso de dicho año.

Para desagregar el pronóstico, como se explicó previamente, se tiene en cuenta el porcentaje de ventas de cada segmento sobre el total de la familia de cervezas. Para ello, se calcula el total de ventas de cada categoría para el año 2021 y el total del conjunto. Los resultados se presentan en la tabla 15 a continuación.

	CORE [hl]	CORE+ [hl]	HEND [hl]	Ventas totales [hl]
ene-21	7,255.65	776.59	1,064.57	9,096.80
feb-21	6,229.14	588.67	802.96	7,620.77
mar-21	5,526.83	527.61	717.16	6,771.60
abr-21	3,462.82	370.48	453.05	4,286.35
may-21	3,307.62	285.44	433.15	4,026.21
jun-21	3,074.73	335.85	395.31	3,805.89
jul-21	3,220.12	371.03	423.28	4,014.42
ago-21	3,366.25	387.92	428.44	4,182.62
sep-21	4,816.40	456.71	576.53	5,849.64
oct-21	5,794.20	470.12	777.27	7,041.58
nov-21	6,762.65	693.63	851.34	8,307.61
dic-21	7,365.00	675.86	889.06	8,929.93

Tabla 15: Cálculo de las ventas mensuales en el 2021.

Fuente: Elaboración propia

Dividiendo las ventas mensuales de cada segmento por el total, se obtiene la proporción de cada línea con respecto a la familia de productos. En la tabla 16 se presenta la información.

%	CORE	CORE+	HEND
ene-21	80%	9%	12%
feb-21	82%	8%	11%
mar-21	82%	8%	11%
abr-21	81%	9%	11%
may-21	82%	7%	11%
jun-21	81%	9%	10%
jul-21	80%	9%	11%
ago-21	80%	9%	10%
sep-21	82%	8%	10%
oct-21	82%	7%	11%
nov-21	81%	8%	10%
dic-21	82%	8%	10%
Promedio	81%	8%	11%

Tabla 16: Porcentaje de ventas por segmento.

Fuente: Elaboración propia.

Por último, se desagrega el pronóstico agregado, multiplicando el porcentaje promedio de la tabla 16 por el pronóstico presentado en la tabla 14. Los resultados se exponen a continuación en la tabla 17. El reporte del software en el cual se especifican las preferencias de ejecución de todos los pronósticos realizados se adjunta en el Anexo 4.

Desagregación	Pronóstico agregado [hl]	Pronóstico desagregado		
		CORE [hl]	CORE+ [hl]	HEND [hl]
ene-22	10,854.26	8,828.51	882.17	1,143.58
feb-22	9,712.48	7,899.82	789.37	1,023.29

Tabla 17: Desagregación del pronóstico agregado  
Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de la MAPE del pronóstico desagregado se muestran en la tabla 18.

Periodo	CORE	CORE+	HEND
ene-22	6%	13%	12%
feb-22	10%	15%	18%
Promedio	8%	14%	15%
<b>MAPE desagregado</b>			<b>12%</b>

Tabla 18: Calculo del error del pronóstico desagregado.  
Fuente: Elaboración propia

Nuevamente, se puede observar una mejora en la precisión del pronóstico con respecto al de la muestra original, tabla 8, confirmando que pronosticar para series agregadas logra disminuir el error.

### 6.3. Análisis de los resultados del pronóstico

En el gráfico de la figura 18, se puede observar a modo de resumen los errores MAPE cometidos con respecto a las ventas reales según las dos estrategias en comparación al pronóstico obtenido de la MO.

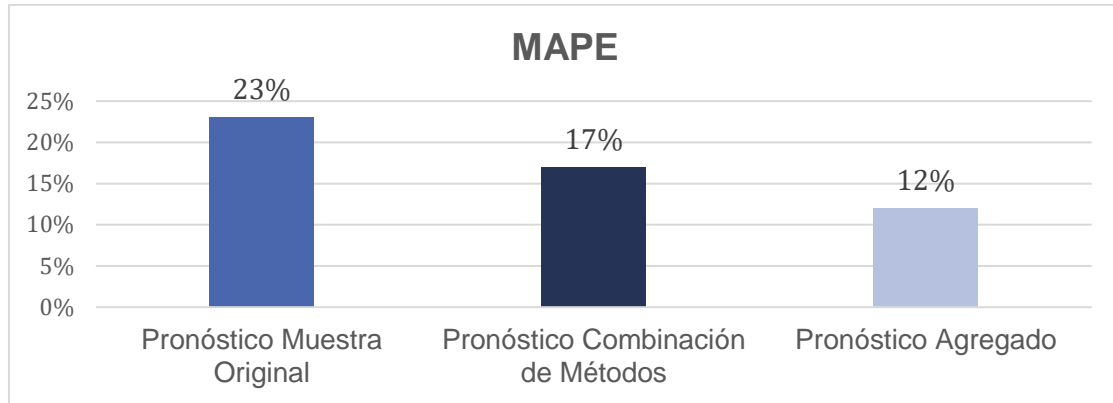


Figura 18: Resumen MAPE.  
Fuente: Elaboración propia.

En base a lo analizado en los apartados anteriores, se escoge utilizar la estrategia de pronosticar agregando los segmentos en la familia de cervezas y luego desagregar en cada uno de ellos. El error de esta forma disminuyó en más de un 10% con respecto al valor de MAPE que arrojaba el pronóstico de la MO.

La estimación de la demanda es la base de toda planificación, errores grandes conllevan a la mala asignación de los recursos, por ello disminuirlos es un desafío que CMSA enfrenta a la hora de reabastecer el almacén.

## 7. Proceso Analítico Jerárquico a la salida del pronóstico

Siguiendo con el modelo conceptual propuesto en la SSM, una vez escogida la estrategia para mejorar los niveles de precisión del pronóstico, se procede a realizar el PAJ a fin de incluir los juicios y motivaciones de los expertos.

Este proceso presenta muchas mejoras en relación a los métodos tradicionales, tales como la inclusión de los factores tangibles e intangibles y la capacidad de predecir la demanda en base a la consideración de dichos factores. Estas variables, suelen quedar fuera de estos análisis por su complejidad a la hora de medirlas, pero no deben ser descuidadas puesto que, son relevantes para los involucrados en el proceso.

En la figura 19, se muestra la estructura jerárquica, compuesta por diferentes niveles, los cuales se detallan abajo.

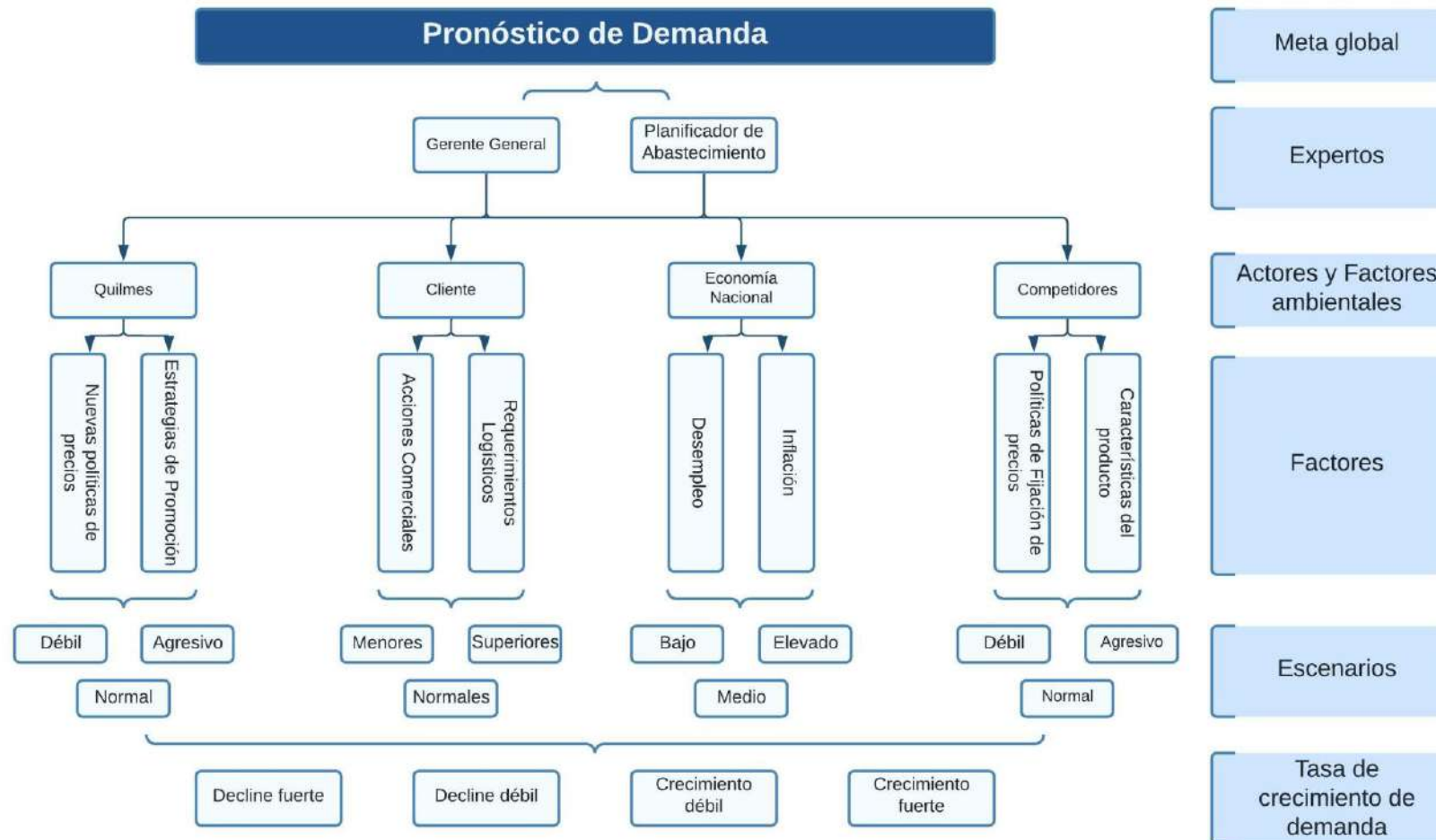


Figura 19: Representación gráfica del PAJ.  
Fuente: Elaboración propia.

1. El primer nivel está formado por la meta global, es decir pronosticar la demanda.
2. El nivel experto: lo conforman los que van a emitir sus juicios sobre las alternativas, en este caso el planificador de abastecimiento y el Gerente General de la empresa quienes están directamente involucrados en el control de los inventarios y el planeamiento logístico.
3. Los actores y los factores ambientales se desprenden de las categorías del diagrama causa-efecto realizado en la exploración del entorno con la Investigación Operativa *Soft* (SSM). Ellos son: CMQ, clientes, Economía Nacional y competidores.
4. Los actores y los factores ambientales presentes en el nivel 3, se dividen en subcomponentes a fin de realizar el análisis con más detalle y son los responsables de que el pronóstico no sea lo suficientemente operativo. Dichos subcomponentes también fueron obtenidos en base al diagrama causa-efecto mencionado previamente.
5. El nivel 5 lo conforman los escenarios, en donde se definen los posibles patrones de desarrollo. Estos permiten estimar la probabilidad de desarrollo futuro de cada factor y estimar el nivel de demanda en base a ellos. Los mismos han sido designados en base a la naturaleza del problema y por decisión de las participes del proceso.
6. En el último nivel de la jerarquía, se encuentra la tasa de crecimiento de demanda siendo: decline fuerte, decline débil, crecimiento débil y crecimiento fuerte.

En cada uno de los niveles, los encuestados emiten sus juicios entre dos opciones a fin de asignarles prioridad a los elementos de la jerarquía. Para esto, se lleva a cabo una encuesta al Gerente General y al planificador de abastecimiento. La portada de la encuesta se presenta en la figura 20.



Figura 20: Pronóstico Colaborativo para una Empresa Distribuidora  
Fuente: Elaboración Propia

**DESARROLLO DE UN SISTEMA DE PRONÓSTICO COLABORATIVO DE DEMANDA PARA UNA EMPRESA  
DISTRIBUIDORA**

Los resultados de la encuesta se pueden visualizar ingresando al siguiente link: <https://docs.google.com/forms/d/1eTASjCb2OUF99IrgMDIwJI0LuWVs7hBLb5dxVtNKaSg/viewanalytics>

Es importante destacar que, en el presente trabajo, se opta por utilizar la agregación de prioridades individuales (AIP), ya que los juicios de los participantes difieren entre ellos. Por lo tanto, participan del proceso de forma separada e independiente, volcando sus opiniones sobre la importancia relativa de los factores en la encuesta previamente expuesta. La agregación se realiza al final utilizando la media geométrica, ya que Forman y Peniwati (1998) sostienen que es una medida consistente debido a que en el PAJ se utilizan escalas de razón.

En primer lugar, se establecen las importancias relativas de los factores comparando de a pares con respecto al objetivo global de pronosticar la demanda, es decir:

- CMQ vs Clientes
- CMQ vs Economía Nacional
- CMQ vs Competidores
- Clientes vs Economía Nacional
- Clientes vs Competidores
- Competidores vs Economía Nacional

Los resultados correspondientes a los juicios del planificador de abastecimiento y el gerente general, se exponen en las matrices de comparaciones pareadas de las tablas 19 y 20 respectivamente.

Planificar de Abastecimiento	CMQ	Clientes	Competidores	Economía Nacional	Jerarquía
CMQ	0.30	0.38	0.30	0.19	2
Clientes	0.30	0.38	0.30	0.56	1
Competidores	0.10	0.13	0.10	0.06	4
Economía Nacional	0.30	0.13	0.30	0.19	3
<b>Inconsistencia</b>					<b>0,06</b>

Tabla 19: Prioridades del Planificador de Abastecimiento  
Fuente: Elaboración propia

Director General	CMQ	Clientes	Competidores	Economía Nacional	Prioridad
CMQ	0.38	0.56	0.25	0.31	1
Clientes	0.12	0.19	0.25	0.31	3
Competidores	0.12	0.06	0.08	0.06	4
Economía Nacional	0.38	0.19	0.42	0.31	2
<b>Inconsistencia</b>					<b>0,07</b>

Tabla 20: Prioridades del Gerente General  
Fuente: Elaboración propia

De las tablas se desprende que ambos difieren de las prioridades de los factores respecto a la meta global. El planificador de abastecimiento cree que los clientes son quienes tienen el mayor impacto en el crecimiento de la demanda. Por su parte, el gerente general sostiene que CMQ y la Economía Nacional son los que más influyen en la demanda. Cabe destacar, que ambos opinan que la competencia posee una importancia relativa inferior en relación a los otros factores, ello demuestra lo consolidada que esta la marca dentro del mercado.

Por otro lado, ambas matrices presentan una consistencia menor a 0,1, por lo que no es necesario que los decisores consideren los valores asignados, ya que los juicios son consistentes en ambos casos.

Ahora, se procede a analizar los distintos actores y factores ambientales comparando con sus correspondientes subfactores. Es decir, se comparan los factores del tercer nivel de la jerarquía de acuerdo a los elementos del segundo nivel. En las tablas 21 y 22 se presentan los juicios del planificador de abastecimiento y del gerente general respectivamente.

**DESARROLLO DE UN SISTEMA DE PRONÓSTICO COLABORATIVO DE DEMANDA PARA UNA EMPRESA DISTRIBUIDORA**

<b>PLANIFICADOR DE ABASTECIMIENTO</b>									
<b>CMQ</b>	Estrategias de Promoción	Nuevas Políticas de Precios	Prioridad	Jerarquía	<b>ECONOMÍA NACIONAL</b>	Inflación	Desempleo	Prioridad	Jerarquía
Estrategias de Promoción	1.00	0.20	<b>0.17</b>	<b>2.00</b>	Inflación	1.00	3.00	<b>0.75</b>	<b>1.00</b>
Nuevas Políticas de Precios	5.00	1.00	<b>0.83</b>	<b>1.00</b>	Desempleo	0.33	1.00	<b>0.25</b>	<b>2.00</b>
<b>COMPETIDORES</b>	Políticas de Precios	Características del Producto	Prioridad	Jerarquía	<b>CLIENTES</b>	Requerimientos de Logística	Acciones comerciales	Prioridad	Jerarquía
Políticas de Precios	1.00	3.00	<b>0.75</b>	<b>1.00</b>	Req. de Logística	1.00	0.20	<b>0.17</b>	<b>2.00</b>
Carac. del Producto	0.33	1.00	<b>0.25</b>	<b>2.00</b>	Acc. Comerciales	5.00	1.00	<b>0.83</b>	<b>1.00</b>

Tabla 21: Prioridades del planificador de abastecimiento respecto a los factores.  
Fuente: Elaboración propia.

<b>GERENTE GENERAL</b>									
<b>CMQ</b>	Estrategias de Promoción	Nuevas Políticas de Precios	Prioridad	Jerarquía	<b>ECONOMÍA NACIONAL</b>	Inflación	Desempleo	Prioridad	Jerarquía
Estrategias de Promoción	1.00	0.33	<b>0.25</b>	<b>2.00</b>	Inflación	1.00	5.00	<b>0.83</b>	<b>1.00</b>
Nuevas Políticas de Precios	3.00	1.00	<b>0.75</b>	<b>1.00</b>	Desempleo	0.20	1.00	<b>0.17</b>	<b>2.00</b>
<b>COMPETIDORES</b>	Políticas de Precios	Características del Producto	Prioridad	Jerarquía	<b>CLIENTES</b>	Requerimientos de Logística	Acciones comerciales	Prioridad	Jerarquía
Políticas de Precios	1.00	5.00	<b>0.83</b>	<b>1.00</b>	Req. de Logística	1.00	0.33	<b>0.25</b>	<b>2.00</b>
Carac. del Producto	0.20	1.00	<b>0.17</b>	<b>2.00</b>	Acc. Comerciales	3.00	1.00	<b>0.75</b>	<b>1.00</b>

Tabla 22: Prioridades del gerente general respecto a los factores.  
Fuente: Elaboración propia.



En el tercer paso, se hacen juicios acerca de la probabilidad de que ocurran los escenarios para cada factor del nivel 3, por ejemplo, que probabilidad hay de que CMQ lance una estrategia de promoción agresiva/normal/débil. Los resultados se adjuntan en el anexo 5.

Finalmente, para converger en el pronóstico colaborativo se calcula el coeficiente que afecta al pronóstico y ayuda a disminuir su error. Existen diversas metodologías para realizarlo, en este caso se seleccionó un modelo basado en el trabajo de Korpela y Touminen (1996). Ellos proponen obtener del proceso analítico jerárquico una probabilidad para cuatro tipos distintos de escenarios: decline fuerte, decline débil, crecimiento débil y crecimiento fuerte. Para lograr esto, los expertos emiten su opinión sobre los mismos y después se hace la composición multiaditiva para obtener los valores totales que posteriormente se agregan por la media geométrica. En la tabla 23 se presentan los resultados y los cálculos intermedios se adjuntan en el anexo 5.

	PLANIFICADOR DE ABASTECIMIENTO	GERENTE GENERAL	Media geométrica
Decline fuerte	22%	24%	23%
Decline débil	26%	34%	29%
Crecimiento débil	26%	24%	25%
Crecimiento fuerte	26%	18%	22%

Tabla 23: Síntesis de las prioridades finales  
Fuente: Elaboración propia

De lo mostrado en la tabla, se observa que ambos expertos opinan que el escenario de decline débil es el más propenso a ocurrir, siendo su probabilidad final la del 29% con respecto al total.

Después, estos valores se multiplican por el porcentaje de crecimiento promedio, tal como se muestra en la tabla 24. La escala a utilizar fue analizada y discutida junto al Planificador de Abastecimiento y el Gerente General, y se escogió adoptar la de Korpela y Touminen. Finalmente, aplicando la ecuación 6 del modelo de PAJ ratings se obtiene un porcentaje que indica cuanto se debe variar el valor del pronóstico para proyectar la demanda.

Tasa de crecimiento	Rango (%)	Rango Promedio (Rp)	Probabilidad (P)	Rp*P (%)
Decline fuerte	(-10;-5)	-7.5	23%	-1.71
Decline débil	(-5;0)	-2.5	29%	-0.74
Crecimiento débil	(0;5)	2.5	25%	0.63
Crecimiento fuerte	(5;10)	7.5	22%	1.66
<b>Total</b>				<b>-0.17</b>

Tabla 24: Calculo el coeficiente de PAJ.

Fuente: Elaboración propia en base a Korpela y Touiminen (1996).

El porcentaje total de -17% por el cual se va a afectar el pronóstico luego, indica que las ventas pueden disminuir. A pesar de ello, analizando los datos, se observa que los valores de probabilidad son similares para todos los escenarios. Esto podría estar mostrando que existe gran inestabilidad en el mercado y que hay mucha incertidumbre en cuanto a los actores y fuerzas ambientales.

El valor obtenido del pronóstico agregado, en la tabla 18, se multiplica por el factor obtenido del proceso analítico jerárquico en base a la opinión de los expertos. El resultado se muestra en la tabla 25 y es el pronóstico mejorado por PAJ, del tipo colaborativo.

Pronóstico agregado + PAJ	CORE [hl]	CORE+ [hl]	HEND [hl]
ene-22	7,363.56	735.79	953.82
feb-22	6,588.97	658.39	853.49

Tabla 25: Pronóstico mejorado por PAJ  
Fuente: elaboración propia

En la tabla 26 se presenta el error MAPE obtenido del pronóstico mejorado por PAJ.

Mes	CORE	CORE+	HEND
ene-22	11%	6%	7%
feb-22	8%	4%	1%
Promedio	10%	5%	4%
<b>MAPE agregación + PAJ</b>			<b>6%</b>

Tabla 26: MAPE del pronóstico mejorado por PAJ.  
Fuente: elaboración propia

Se puede observar que se continúa mejorando la estimación del pronóstico en relación a lo visto en los apartados previos. De esta forma, no solo se consideran los datos históricos de las ventas, sino que el pronóstico es consensuado y en consecuencia logra una mejor recepción por parte de quienes se encarguen de tomar las decisiones.

## **8. Implementación de los cambios: Cálculo del lote de reabastecimiento**

La idea de este apartado es calcular el lote de reabastecimiento óptimo para los productos que comercializa la empresa, utilizando el pronóstico obtenido en la sección anterior. Para ello, se confecciona una planilla en Microsoft Excel "Datos para Punto de Pedido", figura 21, donde aparecen los distintos productos que distribuye CMSA con su respectivo código, descripción, marca y segmento al que pertenecen. A la derecha, se ingresa el valor arrojado por el pronóstico para el mes vigente correspondiente a cada uno de los

**DESARROLLO DE UN SISTEMA DE PRONÓSTICO COLABORATIVO DE DEMANDA PARA UNA EMPRESA DISTRIBUIDORA**

segmentos y luego este se proratea para cada producto en base a su porcentaje de ventas sobre el total del segmento.

							Días hábiles		25		Datos para % MIX			Forecast segmentado	
Cod	Descripción	Marca	Segmento	% de MIX	Forecast SKU (H)	Forecast SKU (Bultos)	Inclu	Bultos Vendidos Mdp		Capacidad	Total segmento	Módulo	Fecha ene-22		
													COPE	COPE+	
1	2555	QUILMES - X1BAR 50L	quilmes COFE	0.01%	1	0	1	6393.79	0.5						
2	2507	STELLA ARTOIS - X1BAR 20L	Stella Artois HEND	0.01%	0	0	0	3413.42	0.2						
3	8401	FATAGÓN KUINE - X1BAR 20L	PATAGONIA HEND	0.00%	0	0	0	3413.42	0.2						
4	10970	FATAGÓN BOHE - X1BAR 20L	PATAGONIA HEND	0.00%	0	0	0	3413.42	0.2						
5	15243	STELLA ARTOIS RET KEG 0.30 L	Stella Artois HEND	0.00%	0	0	0	3413.42	0.3						
6	20987	FATAGÓNIA VERA IPA EUROKEG 20L	HEND	0.00%	0	0	0	3413.42	0.2						
7	10969	FATAGÓN AMBER - X1BAR 20L	PATAGONIA HEND	0.02%	0	0	1	3413.42	0.2						
8	12723	FATAGÓNIA SLIMKEG 0.20L IPA CONSALCO	PATAGONIA HEND	0.02%	0	0	1	3413.42	0.2						
9	2854	STELLA ARTOIS - X12 1000RET	0 HEND	4.33%	41	14	143	3413.42	0.117						
10	7026	QUILMES - X12 1000RET	quilmes COFE	7.30%	530	179	467	6393.79	0.12						
11	7028	QUILMES SAJDO - X12 1000RET	quilmes COFE	1.56%	16	39	101	6393.79	0.12						
12	7030	QUILMES STOUT NEGRA X12 1000RET	quilmes baj COFE	0.59%	44	15	38	6393.79	0.12						
13	7031	QUILMES DOCK NEGRA X12 1000RET	STOUT QUI COFE	0.24%	18	5	15	6393.79	0.12						
14	7038	BRABMA - X12 1000RET#	bock quilme COFE	14.30%	1053	351	914	6393.79	0.12						
15	7108	QUILMES 1890 - X12 1000RET	Brabma COFE	2.96%	218	73	189	6393.79	0.12						
16	7125	STELLA ARTOIS NEGRA X12 1000RET	quilmes 1890 COFE	0.23%	21	7	15	6393.79	0.117						
17	16666	ANDES ORIGEN NEGRA RET X12 1000	Stella artois HEND	0.73%	7	2	25	3413.42	0.12						
18	16667	ANDES ORIGEN ROJA RET X12 1000	ANDES Org COFE+	7.28%	53	18	72	357.4	0.12						
19	16668	ANDES ORIGEN RUBIA RET X12 1000	ANDES Org COFE+	6.25%	45	15	62	357.4	0.12						
20	19019	BUD RET X12 1000 CMQ	ANDES Org COFE+	1.14%	8	3	11	997.4	0.12						
21	19253	ANDES ORIGEN IPA RET X12 1000	Budweiser COFE+	7.70%	57	19	77	357.4	0.12						
22	20356	HANOVER RET X12 1000	ANDES Org COFE+	0.00%	0	0	0	997.4	0.12						
23	20468	QUILMES ORIGEN NEGRA RET X12 1000	HANOVER HEND	0.00%	0	0	0	3413.42	0.12						

Figura 21: Datos para punto de pedido  
Fuente: Elaboración propia.

La planilla previamente mostrada es un recorte donde se indica, por SKU, el pronóstico de ventas para el mes de enero del 2022. Este valor se obtiene en dos formatos distintos por hectolitros o por bultos. Este último, se utiliza para la confección del punto de pedido e indica la demanda diaria expresada en esa unidad, ya que se encuentra dividido por los días hábiles del mes.

En la figura 22 se puede observar la planilla final para calcular el lote de reabastecimiento al proveedor, CMQ, y a continuación una breve explicación de la misma.

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE PRONÓSTICO COLABORATIVO DE DEMANDA PARA UNA EMPRESA DISTRIBUIDORA

	AB	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y
3	COD.		DESCRIPCIÓN		STOCK			VENTA DIARIA	COSTOS		INVENTARIO			h/l	Reorden	¿Pedir?	EOQ							
4			En Depósito	Próx. A Llegar	Total Stock	Pronóstico	almacenaje /bulto [€]	pedido/ bulto [€]	ABC	Stock Día Vtas	Días Vta. Garant.	h/l bulto												
6	1	2555	3	0	3	0.05	225	197	C	17	57	0.50	0	NO	OK									
7	2	2507	1	0	1	0.02	90	131	C	17	41	0.20	0	NO	OK									
8	3	10969	0	0	0	0.04	90	131	C	17	0	0.20	0	SI	5									
9	4	12723	0	0	0	0.03	90	59	C	17	0	0.20	0	SI	3									
10	5	2854	1,076	0	1,076	13.14	54	47	A	7	82	0.12	39	NO	OK									
11	6	7026	304	0	304	22.13	54	47	A	7	14	0.12	66	NO	OK									
12	7	7028	0	0	0	41.83	54	47	A	7	0	0.12	125	SI	116									
13	8	7030	0	0	0	15.65	54	47	B	15	0	0.12	47	SI	71									
14	9	7031	1,175	0	1,175	6.41	54	47	A	7	183	0.12	19	NO	OK									
15	10	7038	649	0	649	378.64	54	47	A	7	2	0.12	1136	SI	348									
16	11	7108	0	0	0	78.38	53	47	C	17	0	0.12	235	SI	160									
17	12	7126	447	0	447	7.87	54	47	B	15	57	0.12	24	NO	OK									
18	13	16666	0	0	0	2.17	54	47	B	15	0	0.12	7	SI	26									
19	14	16667	0	0	0	17.81	54	47	B	15	0	0.12	53	SI	75									
20	15	16668	147	0	147	15.32	54	47	C	17	10	0.12	46	NO	70									
21	16	19019	1	0	1	2.80	54	47	A	7	0	0.12	8	SI	30									
22	17	19253	0	0	0	18.89	54	47	C	17	0	0.12	57	SI	78									
23	18	25546	0	0	0	1.13	35	34	C	17	0	0.08	3	SI	20									
24	19	7161	0	0	0	0.31	37	28	C	17	0	0.08	1	SI	9									
25	20	61676	0	0	0	10.13	51	24	C	17	0	0.11	30	SI	41									
26	21	19534	0	0	0	0.07	51	24	C	17	0	0.11	0	SI	4									
27	22	2583	759	0	759	45.00	20	17	C	17	17	0.04	135	NO	118									
28	23	5250	801	0	801	2.75	20	17	C	17	291	0.04	8	NO	OK									
29	24	5254	329	0	329	5.29	19	17	C	17	62	0.04	16	NO	OK									

Figura 22: Planilla de punto de pedido  
Fuente: Elaboración propia

**DESARROLLO DE UN SISTEMA DE PRONÓSTICO COLABORATIVO DE DEMANDA PARA UNA EMPRESA  
DISTRIBUIDORA**

- Las columnas H, I y J indican la cantidad de stock disponible en bultos. Para calcular la cantidad a comprar, se debe restar las existencias actuales y los pedidos a proveedor que están próximos a arribar. En este punto, es importante destacar que cuando un producto ha estado agotado en el proveedor por un tiempo prolongado, se pierde la dinámica normal de inventario, por lo que en dichos casos se debe prestar especial atención y más aún cuando el SKU representa un importante volumen de venta para la compañía.
- La columna L devuelve el pronóstico arrojado por la planilla “Datos para punto de pedido” expresado en bultos.
- Las columnas N y O muestran el costo de almacenaje y pedido por bulto. El costo de almacenaje es de \$450 / bulto para el mes de enero. El costo para pedir la mercadería varía según el SKU y la ubicación de la planta donde provenga la mercadería. CMQ cuenta con almacenes de producto terminado localizados en varias partes del país. Por ejemplo, los productos pertenecientes a la familia de vinos, se entregan únicamente en la provincia de Mendoza.
- En cuanto a las columnas Q, R y S correspondientes a inventario, tienen su fundamento en la política de inventario de la empresa. Para confeccionar los pedidos se debe tener en cuenta los parámetros de cada artículo basados en su división ABC, figura 23.

Criterios Stock						
Cond	Parámetro	Negocio	PAQ	Días Ventana	Sobrestock	Parámetro sobrestock
A-Aguas	A	Aguas	1	7	37	30
A-Bebidas Saborizadas	A	Bebidas Saborizadas	1	7	37	30
A-Beb Energizantes	A	Beb Energizantes	1	7	37	30
A-Cervezas	A	Cervezas	1	7	37	30
A-Gaseosas	A	Gaseosas	1	7	37	30
A-Isotonicas	A	Isotonicas	1	7	37	30
A-Vinos	A	Vinos	1	7	37	30
B-Aguas	B	Aguas	3	15	45	30
B-Bebidas Saborizadas	B	Bebidas Saborizadas	3	15	45	30
B-Beb Energizantes	B	Beb Energizantes	3	15	45	30
B-Cervezas	B	Cervezas	3	15	45	30
B-Gaseosas	B	Gaseosas	3	15	45	30
B-Isotonicas	B	Isotonicas	3	15	45	30
B-Vinos	B	Vinos	3	15	45	30
C-Aguas	C	Aguas	4	17	47	30
C-Bebidas Saborizadas	C	Bebidas Saborizadas	4	17	47	30
C-Beb Energizantes	C	Beb Energizantes	4	17	47	30
C-Cervezas	C	Cervezas	4	17	47	30
C-Gaseosas	C	Gaseosas	4	17	47	30
C-Isotonicas	C	Isotonicas	4	17	47	30
C-Vinos	C	Vinos	4	17	47	30

Figura 23: Parámetros de inventario  
Fuente: CMSA

La columna PAQ, "Próximo a quebrar", indica la cantidad de días de venta de stock en almacén que se consideran, para que el producto se halle en estado de quiebre de stock. Por otro lado, se considera en sobrestock cuando los días de venta son mayores a 30 días + los días ventana. Se debe prestar especial cuidado en dicha situación para evitar riesgo de caducidad.

- Por último, las columnas W, X e Y, indican:
  - El punto de reorden para el SKU: se calcula con 3 días de tiempo de espera multiplicado por la columna L.
  - La columna "¿Pedir?" dispara una alerta afirmativa en caso de que se deba realizar pedido al proveedor. Para ello compara si el stock disponible es menor que el punto de reorden y en caso afirmativo, indica la cantidad económica de pedido.
  - La columna "EOQ", cantidad económica de pedido utiliza la ecuación 8 descrita en el marco teórico.

El lote óptimo de pedido por producto, a partir de la planilla mostrada previamente, fue elaborada considerando un nivel de disponibilidad del 100%.

## 9. Nivel de servicio

Los CDI deben ser proactivos al identificar problemas que transcurren en el proceso completo de distribución. Con la ayuda de herramientas pueden reducir las interrupciones de servicio, re-entregas, y rechazos.

Considerando las múltiples dimensiones del servicio al cliente, medir el NS para evaluar el desempeño logístico es muy difícil. CMSA utiliza distintas métricas, como son el porcentaje de entregas a tiempo, el quiebre de inventario o la tasa de cumplimiento de pedidos. Dichas formas de medir el NS están orientadas en forma interna a la empresa, ya que se mide en términos de aquellos elementos que están bajo su control directo (Ballou, 2004). De esta manera, se descuidan las mediciones orientadas externamente que promueven la coordinación para lograr un buen desempeño logístico.

En consecuencia, las métricas comúnmente utilizadas pueden descuidar lo que los clientes pretenden del servicio, dejando a CMSA en una posición más vulnerable con respecto a sus competidores. Es por ello, que además de lo mencionado, otro método que utiliza CMSA para reunir la información del NS, es mediante la realización de encuestas de satisfacción sobre la logística de la empresa. Con frecuencia se realizan vía llamada o se visitan los comercios de los principales clientes, a fin de recabar la información necesaria de cómo hacer las cosas de la manera más eficiente. Las preguntas que se realizan están diseñadas para capturar la esencia del servicio que se considera importante.

En el presente trabajo, a modo de simplificación, se procede a calcular el nivel de disponibilidad del producto estrella de la compañía, la cerveza Quilmes. Para ello, se realiza una bajada de una planilla del sistema de gestión que utiliza CMSA y que es cargada por el área de ventas, llamada "Cancelaciones comerciales". En dicho reporte figuran por fecha, los productos que no fueron entregados a clientes por diversos motivos entre ellos la falta de stock.

Se escoge al azar, el día 19 de enero del 2022 y el producto cerveza de litro marca Quilmes. El reporte arroja que 7 clientes cancelaron su pedido por falta de stock, sumando un total de 26 bultos. La venta real de dicho SKU para la fecha fue de 22,06 hl, es decir 188,3 bultos. Por lo que el nivel de disponibilidad resulta de la ecuación 10:

$$\text{Nivel de disponibilidad} = 1 - \frac{26 \text{ bultos}}{188,3 \text{ bultos}} = 0,86 \quad (10)$$

Para que el CDI garantice el cumplimiento de este artículo, debe abordar los impactos de la directiva de inventario, exigir una revisión crítica en las reuniones rutinarias. Donde todos los debates deben dividirse entre las ventas y la logística con el fin de resolver las anomalías identificadas.

Con los datos del nuevo pronóstico, se estima la demanda diaria de enero en 179,28 bultos para dicho SKU, siendo el error relativo con respecto a las ventas reales de 4,8%. Teniendo en cuenta las consideraciones del punto de reorden, una vez alcanzado el mínimo de las existencias, se emite un pedido a proveedores logrando de esta forma una disponibilidad del 100% del producto. Cabe destacar que dicha situación sería el caso ideal, porque no siempre se cuenta con inventario en planta por parte de los proveedores.

#### IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS

El mercado de bebidas actual se encuentra inmerso en un entorno de competitividad, cambios rápidos y una marcada relación con los clientes a fin de garantizar una mayor sostenibilidad y crecimiento dentro de la cadena de suministro. El presente trabajo tuvo como finalidad desarrollar un pronóstico colaborativo para mejorar la precisión de la estimación de la demanda y optimizar el proceso de reabastecimiento.

En primer lugar, se exploró el entorno en el que está envuelta la empresa y específicamente el proceso de reabastecimiento, sus jugadores clave y alcance. Con ayuda de la Investigación Operativa *Soft* se hallaron los factores tanto externos como internos que se deben incluir en el pronóstico para que sea más operativo. También se elaboraron los modelos conceptuales para concluir en el estado deseado y lograr de esta forma una mejora en la productividad del almacén y un incremento del NS. Las estrategias planteadas en este paso fueron, primero la de escoger entre agregación/desagregación de datos y combinación de métodos de pronóstico, y luego la de incluir los juicios de los encargados de tomar las decisiones en el proceso de reabastecimiento con el PAJ.

En función del método ABC, se obtuvo la familia de productos más importante que comercializa la empresa CMSA. Se tomaron las ventas históricas para dicha familia y con el complemento de Excel Crystal Ball se realizó el pronóstico correspondiente. El modelo seleccionado por el Software como el mejor fue el de SARIMA. Esto pone en evidencia que la serie es estacionaria y tiene un patrón que se repite, en este caso cada 12 meses.

Respecto a la estrategia de combinación de métodos se demostró que pronosticar combinando dos modelos de pronóstico mejora la precisión que un único modelo individual. El error en este punto disminuyó un 6% con respecto a la muestra original.

Por su parte, la estrategia de agregación de datos, también evidenció una mejora en la precisión. El error resultante de esta estrategia fue del 12%, siendo la mejor en cuanto a precisión. Por lo que, se optó por pronosticar agregando los datos.

Finalmente, mediante el modelo PAJ *ratings*, se descompuso el problema en una estructura jerárquica siendo los niveles: el objetivo del problema, los actores y factores ambientales, los subcomponentes y los distintos escenarios de tasa de crecimiento de demanda. Con el problema segmentado en una serie de atributos, resultó sencillo determinar las probabilidades de ocurrencia de cada uno de los escenarios, tomando como partida las opiniones de los expertos. Las encuestas realizadas en esta sección, indicaron que el escenario de decline débil es el más propenso a ocurrir. Una vez incorporado el PAJ a la estrategia de agregación de datos el error pasó a ser del 6% con respecto a las ventas reales de los periodos de enero y febrero del 2022.



Con la teoría de stocks, por último, se calculó el lote óptimo de pedido por producto, siendo este aquel que minimiza los costos logísticos totales de la operación, en base a la política de inventario y el nuevo pronóstico.

## V. CONCLUSIONES

Del trabajo se puede arribar a las siguientes conclusiones:

Las técnicas expuestas para relevar los procesos ayudan a lograr mejoras en la gestión, el diseño de los procesos e impulsan el mejoramiento continuo. Por lo desarrollado en el trabajo, si CMSA pone en funcionamiento las técnicas de resolución de problemas y herramientas de la calidad, podrá identificar fácilmente con la ayuda de todo su equipo, las causas raíces de los problemas. Y luego, elaborar planes de acción a fin de corregirlos enfocándose en las prioridades de la organización y en lo que le genera valor al cliente.

La SSM estructuró el problema con la participación de los encargados de tomar decisiones en el proceso de reabastecimiento. Se identificaron los factores y debilidades, a fin de consensuar las acciones a realizar para mejorar la situación actual. De esta forma se facilita la toma de decisiones, reduciendo los niveles de riesgo e incertidumbre.

El análisis ABC es una herramienta sencilla y útil que tiene como base el diagrama de Pareto. Este le concede a una empresa concentrar sus recursos en objetivos específicos y buscar en este caso, las mejoras en los puntos más críticos del almacenamiento. Además, permite mejorar la gestión de los activos, en cuanto a los procesos de conteo, control y reabastecimiento de los inventarios.

Frecuentemente los encargados de tomar decisiones se enfrentan a situaciones donde deben escoger entre dos alternativas con respecto a una meta global. La combinación de métodos cuantitativos con unas técnicas multicriterio PAJ logró incluir opiniones subjetivas, y generó un mayor involucramiento de los distintos actores del proceso. Esta metodología es suficientemente flexible para ser usada en combinación con otras herramientas de toma de decisiones.

Las técnicas cuantitativas con base en la investigación de operaciones, presentes en este trabajo, ayudan al mejoramiento de las operaciones realizadas dentro del almacén y por consiguiente contribuyen a la eficiencia de los recursos, alcanzando un incremento en el NS brindado a los clientes.

Vincular la información de los agentes de las distintas áreas de CMSA ha logrado un mejor entendimiento de los factores que afectan a la demanda y, por lo tanto, tomar decisiones estratégicas apoyados en una base lógica que las sustente.

## VI. BIBLIOGRAFÍA

- ANDERSON DAVID R., SWEENEY DENNIS J., WILLIAMS THOMAS A. (2004). Introducción a los Modelos Cuantitativos para Administración. Grupo Editorial Iberoamericana.
- BALLOU H. RONDALD (2004). Logística y a Administración de la Cadena de Suministro. México. 5 ed. Pearson Prentice Hall.
- BARROS PRISCILA RENATA SILVA, CATELLINI MARIA ALEJANDRA, BELDERRAIN MISCHEL CARMEN NEYRA (2012). Soft Systems Methodology for improvements in a program of urban food harvest. Facultad de Ciencias Económicas FCEfyN Tomo I. Córdoba. Argentina.
- BERARDI, MARÍA B, ZÁRATE, CLAUDIA, ESTEBAN, ALEJANDRA, MORTARA, VERÓNICA, CORRES, GUILLERMO. 2016. Cálculo del costo del error de pronóstico en la gestión de inventario de un almacén de productos metalúrgicos Utilizando distintos modelos de pronóstico de la demanda. IX Congreso Argentino de Ingeniería Industrial. Universidad Nacional de Salta.
- BUNN, D. Forecasting with more than One Model. Vol. 8, Issue 3, September 1989, Pager 161-166.
- CABRERA GABRIELA P., ZANAZZI JOSÉ L., CASTELLINI ALEJANDRA, SALAMON ALICIA G. (2014). Análisis de un problema de selección de grupos de trabajo mediante Investigación Operativa soft. Córdoba. Argentina. Tomo II de Aplicación de Multi-Metodologías para la gestión y Evaluación de sistemas sociales y tecnológicos.
- CATALINA L. ALBERTO, CARIGNANO CLAUDIA E. (2006). Apoyo Cuantitativo a las Decisiones. Asociación Cooperadora de la Facultad de Ciencias Económicas de la UNC. Córdoba. Argentina. 1 ed.
- CHAPMAN N. STEPHEN (2006). Planificación y control de la producción. México. 1 ed. Pearson Education.
- CHECKLAND, PETER (1999). Systems thinking, systems practice. Wiley, Chichester.
- CHECKLAND, PETER. Soft Systems Methodology: A Thirty-Year Retrospective. - Systems Research and Behavioral Science Syst. Vol 17, Issue S1, November 2000, Pp S11–S58.
- CHOPRA SUNIL, PETER MEINDL (2008). Administración de la Cadena de Suministro. México. 3 ed. Pearson Education.
- CRAIG A. HILL, G. PETER ZHANG, K. E. M. (2003). Collaborative planning, forecasting, and replenishment. In Annual Meeting - Council of Logistics Management (p. 61).

- FORMAN E., PENIWATI K. (1998). Aggregating Individual Judgments and Priorities with the Analytic Hierarchy Process. *European Journal of Operational Research*, vol. 108, pp. 165-169.
- HANKE JOHN E., WICHERN DEAN W. (2006). *Pronósticos en los Negocios*. México. 8 ed. Pearson Prentice–Hall.
- HIGUITA-ALZATE DAVID, VALENCIA-CÁRDENAS MARISOL & CORREA-MORALES JUAN CARLOS. Método de combinación de pronósticos usando modelos Bayesianos y una metaheurística, caso de estudio. Universidad Nacional de Colombia sede Medellín Facultad de Minas. Colombia. *Revista DYNA*, 85(207), pp. 337-345- November 2018, ISSN 0012-7353.
- KANAWATY GEORGE (1998). *Introducción al estudio del trabajo*. Capítulos: O.I.T., 4º Ed revisada. Ginebra. Suiza.
- KORPELA JUKKA, TUOMINEN MARKKU. Inventory forecasting with a multiple criteria decision tool. *International journal of production economics*. Vol 45, Issues 1–3, 1 August 1996, Pp 159-168.
- M. ZIED BABAI, JOHN E. BOYLAN & BAHMAN ROSTAMI-TABAR. Demand forecasting in supply chains: a review of aggregation and hierarchical approaches. *International Journal of Production Research*, Taylor & Francis Journals, vol. 60(1), pp 324-348, January 2021.
- MARIN JAIME ANTERO ARANGO, GARCIA JAIME ALBERTO GIRALDO, GÓMEZ OMAR DANILO CASTRILLÓN (2013). *Gestión de compras e inventarios a partir de pronósticos Holt-Winters y diferenciación de nivel de servicio por clasificación ABC*. Universidad Tecnológica de Pereira. Pereira. Colombia.
- MONTOYA RODRIGO ANDRÉS GÓMEZ, MAZO ABDUL ZULUAGA, NOREÑA GLORIA LUZ VÁSQUEZ (2015). Método AHP utilizado para mejorar la recepción en el centro de distribución de una empresa de alimentos. *Ing. USBMed*, Vol. 6, No. 2.
- MORÁN ROGELIO A. (2016). *Gestión de las existencias (stock) para demanda independiente*. Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura Universidad Nacional de Rosario. Santa Fe. Argentina.
- ORACLE HELP CENTER (2017). Parámetros de método de previsión estacional clásico. Extraído de [https://docs.oracle.com/cloud/help/es/pbcs\\_common/CSPPU/classic\\_seasonal\\_forecasting\\_method\\_parameters.htm](https://docs.oracle.com/cloud/help/es/pbcs_common/CSPPU/classic_seasonal_forecasting_method_parameters.htm)
- RENDER BARRY, HANNA E. MICHAEL, STAIR M. RALPH (2012). *Métodos Cuantitativos para los Negocios*. México. 11 ed. Pearson Education.
- SAATY, T. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. Mc Graw Hill. New York. USA.

- SUMMERS C. S. DONNA (2006). Administración de la calidad. Pearson Educación de México, S.A. de C.V
- TAHA HAMDY A. (2012). Investigación de Operaciones. México. 9 ed. Pearson Prentice–Hall.
- TANNER JHON F., DWYER ROBERT F. (2007). Marketing Industrial. México. 3 Ed. Edit. McGraw Hill.
- TEJERO ANAYA, JULIO JUAN (2000). Logística integral La gestión operativa de la empresa. Madrid. España. 5 ed. ESIC Editorial.
- TLICHE, Y., TAGHIPOUR, A., & CANEL-DEPITRE, B. (2020). An improved forecasting approach to reduce inventory levels in decentralized supply chains. *European Journal of Operational Research*, 287(2), 511–527.
- YONN, K., HWANG, C.L. (1995). Multiple Attribute Decision Making: An Introduction. Sage. California, USA.
- ZULUAGA CARLOS ALBERTO CASTRO, URREGO JAIME ANDRÉS CASTRO, GALLEGO MARIO CÉSAR VÉLEZ (2011). Clasificación ABC Multicriterio: Tipos de Criterios y Efectos en la Asignación de Pesos. *ITECKNE* Vol. 8 Número 2.

## VII. ANEXO

### 1. ANEXO 1

En este anexo se presenta la tabla 27 con las ventas totales por familia de producto durante los años 2016 a 2021, junto a la frecuencia relativa y acumulada de cada una de ellas. Estos dos permiten realizar el análisis ABC.

Familia	Volumen Total	Frecuencia relativa	Frecuencia acumulada
CERVEZAS	360187.9064	80.85%	80.85%
GASEOSAS	27671.65387	6.21%	87.06%
BEBIDAS SABORIZADAS	22462.26895	5.04%	92.10%
AGUAS	17620.1822	3.95%	96.05%
ISOTONICAS	16307.70911	3.66%	99.71%
VINOS	687.7413376	0.15%	99.87%
BEB ENERGIZANTES	566.8279998	0.13%	100.00%
BEBIDAS VEGETALES	15.2576	0.00%	100.00%
<b>TOTAL</b>	<b>445519.5475</b>	<b>100.00%</b>	

Tabla 27: Cálculo análisis ABC familia de productos  
Fuente: Elaboración Propia.

### 2. ANEXO 2

En este anexo se presenta la tabla 28 con las ventas históricas correspondientes a cada uno de los segmentos de la familia de cervezas, desde el año 2016 al 2021 expresadas en hectolitros.

**DESARROLLO DE UN SISTEMA DE PRONÓSTICO COLABORATIVO DE DEMANDA PARA UNA EMPRESA  
DISTRIBUIDORA**

Volumen mensual [hl]									
Periodo	CORE	CORE+	HEND	Total	Periodo	CORE	CORE+	HEND	Total
ene-16	4,031.12	-	273.66	4,304.78	ene-19	7,086.42	370.87	718.59	8,175.88
feb-16	3,837.86	-	211.79	4,049.65	feb-19	6,848.05	345.54	677.27	7,870.86
mar-16	3,128.14	-	142.29	3,270.44	mar-19	4,483.07	229.53	453.43	5,166.03
abr-16	2,440.06	-	102.78	2,542.84	abr-19	3,819.82	209.59	301.26	4,330.67
may-16	2,063.10	-	87.63	2,150.73	may-19	3,332.32	179.48	270.74	3,782.54
jun-16	891.41	-	64.54	955.95	jun-19	2,486.35	191.27	214.20	2,891.83
jul-16	908.92	-	69.01	977.93	jul-19	2,517.33	211.49	224.47	2,953.29
ago-16	2,118.70	-	106.34	2,225.04	ago-19	3,977.03	237.66	287.82	4,502.50
sep-16	2,854.14	-	134.33	2,988.47	sep-19	4,104.37	260.65	325.86	4,690.88
oct-16	2,854.45	-	143.95	2,998.39	oct-19	4,398.16	302.02	343.77	5,043.96
nov-16	3,456.55	-	203.83	3,660.37	nov-19	5,054.76	373.55	354.62	5,782.93
dic-16	3,804.51	-	226.77	4,031.27	dic-19	6,753.41	445.69	727.25	7,926.35
ene-17	5,755.46	-	350.91	6,106.37	ene-20	7,335.17	568.09	767.08	8,670.33
feb-17	5,080.91	-	208.99	5,289.90	feb-20	7,030.65	380.87	584.56	7,996.08
mar-17	2,971.88	-	148.94	3,120.82	mar-20	5,091.10	359.57	454.72	5,905.40
abr-17	2,592.70	-	123.44	2,716.15	abr-20	3,267.60	234.08	306.69	3,808.36
may-17	1,878.33	-	95.66	1,973.99	may-20	2,978.80	159.52	280.59	3,418.91
jun-17	1,756.22	-	91.77	1,847.99	jun-20	2,785.75	163.45	301.56	3,250.77
jul-17	2,468.98	-	186.16	2,655.13	jul-20	3,202.95	313.28	329.87	3,846.10
ago-17	2,940.32	-	149.15	3,089.47	ago-20	3,422.51	350.41	453.13	4,226.06
sep-17	3,035.45	-	157.16	3,192.62	sep-20	3,861.69	399.77	520.65	4,782.11
oct-17	3,170.63	-	160.45	3,331.08	oct-20	4,512.19	459.73	580.38	5,552.30
nov-17	3,431.83	-	205.73	3,637.56	nov-20	4,717.90	508.61	624.94	5,851.45
dic-17	3,872.51	-	393.75	4,266.26	dic-20	5,358.31	616.77	640.90	6,615.98
ene-18	6,940.73	-	656.87	7,597.60	ene-21	7,255.65	776.59	1,064.57	9,096.80
feb-18	6,312.64	-	538.66	6,851.30	feb-21	6,229.14	588.67	802.96	7,620.77
mar-18	5,909.40	-	519.51	6,428.90	mar-21	5,526.83	527.61	717.16	6,771.60
abr-18	5,200.78	-	439.71	5,640.49	abr-21	3,462.82	370.48	453.05	4,286.35
may-18	5,036.77	69.79	341.12	5,447.69	may-21	3,307.62	285.44	433.15	4,026.21
jun-18	3,182.19	85.53	272.71	3,540.43	jun-21	3,074.73	335.85	395.31	3,805.89
jul-18	3,294.55	95.62	295.88	3,686.05	jul-21	3,220.12	371.03	423.28	4,014.42
ago-18	3,345.84	113.48	315.10	3,774.42	ago-21	3,366.25	387.92	428.44	4,182.62
sep-18	3,699.30	121.20	371.79	4,192.29	sep-21	4,816.40	456.71	576.53	5,849.64
oct-18	4,867.34	150.48	459.95	5,477.77	oct-21	5,794.20	470.12	777.27	7,041.58
nov-18	4,980.41	208.17	495.84	5,684.43	nov-21	6,762.65	693.63	851.34	8,307.61
dic-18	5,788.81	311.54	537.85	6,638.20	dic-21	7,365.00	675.86	889.06	8,929.93

Tabla 28: Ventas por segmento de cerveza  
Fuente: Elaboración Propia.

### 3. ANEXO 3

En este anexo se adjuntan los informes resultantes de la salida del Crystal Ball. Sus visualizaciones permiten identificar ciertos atributos de la serie, como así también los valores de la previsión o los coeficientes del modelo seleccionado.

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE PRONÓSTICO COLABORATIVO DE DEMANDA PARA UNA EMPRESA  
DISTRIBUIDORA

---

**Informe de Crystal Ball: Predictor**

3/4/2022 creado a las 17:51

**Resumen:**

Atributos de datos:

Número de serie 1  
Los datos están en meses

Prefs ejecución:

Periodos en previsión 12

Introducir valores que faltan Activado

Ajustar valores atípicos Desactivado

Métodos utilizados Métodos no estacionales

Métodos estacionales

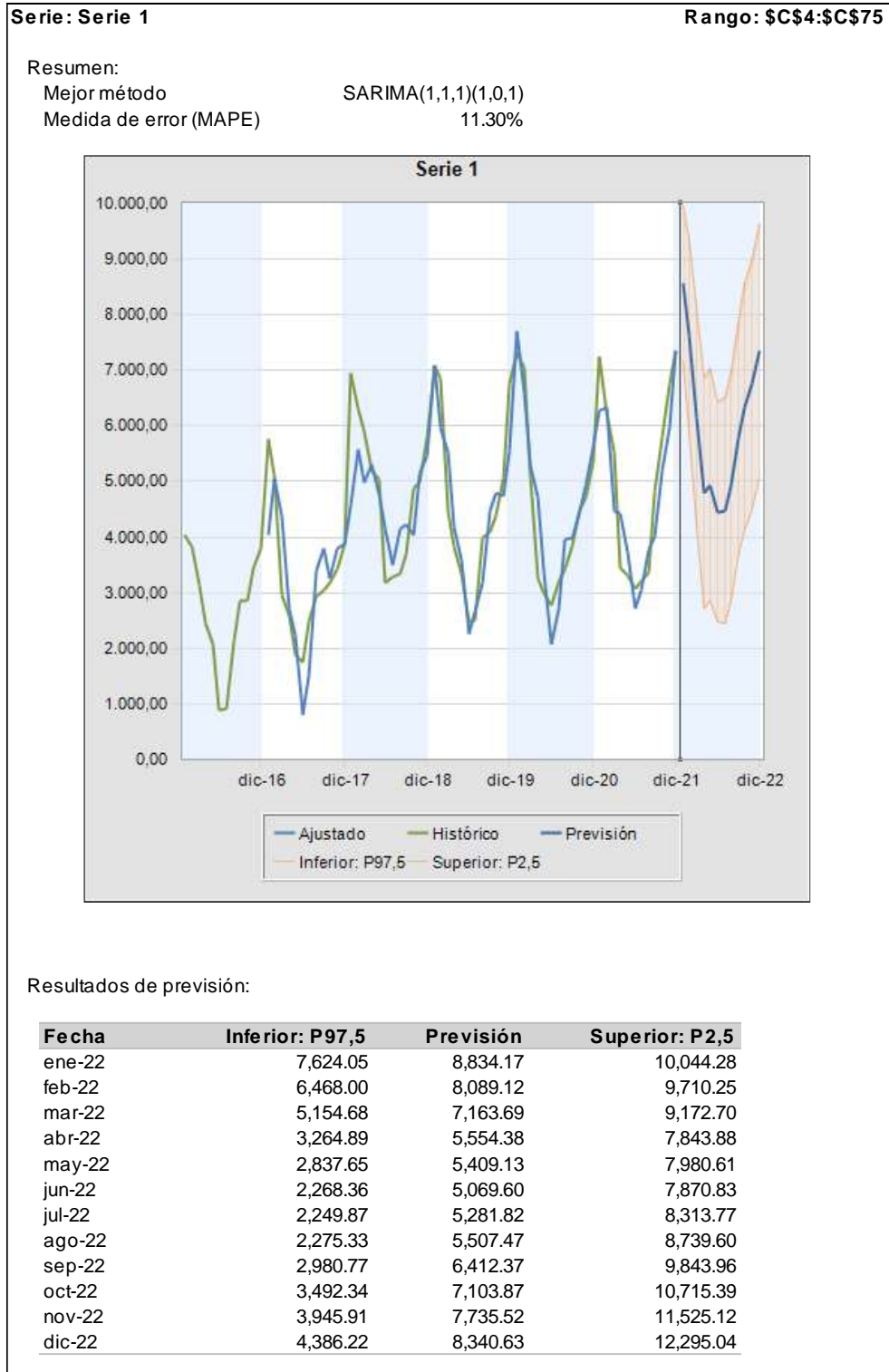
Métodos de ARIMA

Técnica de previsión Previsión estándar

Medida de error MAPE



**DESARROLLO DE UN SISTEMA DE PRONÓSTICO COLABORATIVO DE DEMANDA PARA UNA EMPRESA  
DISTRIBUIDORA**



**DESARROLLO DE UN SISTEMA DE PRONÓSTICO COLABORATIVO DE DEMANDA PARA UNA EMPRESA  
DISTRIBUIDORA**

Datos históricos:

<b>Estadísticas</b>	<b>Datos históricos</b>
Valores de datos	72
Mínimo	891.41
Media	4,145.97
Máximo	7,365.00
Desviación estándar	1,607.20
Ljung-Box	507.40 (Sin tendencia)
Estacionalidad	12 (Detección automática)
Valores filtrados	0

Estadísticas de ARIMA:

<b>ARIMA</b>	<b>Estadísticas</b>
Transformación Lambda	1.00
<b>BIC</b>	<b>13.09 *</b>
AIC	12.96
AICc	12.97

\* Se utiliza para la selección de modelo

Coefficientes de modelo de ARIMA:

<b>Variable</b>	<b>Coefficiente</b>	<b>Error estándar</b>
AR(1)	-0.8211	0.2464
MA(1)	-0.7126	0.3029
Estacional AR(1)	0.9166	0.0307
Estacional MA(1)	0.3897	0.1257

Precisión de previsión:

<b>Método</b>	<b>Rango</b>	<b>MAPE</b>
<b>SARIMA(1,1,1)(1,0,1)</b>	<b>Mejor</b>	<b>11.30%</b>
Aditivo estacional	2.º	12.62%
Aditivo estacional de tendencia dese	3.º	12.62%

<b>Método</b>	<b>U de Theil</b>	<b>Durbin-Watson</b>
SARIMA(1,1,1)(1,0,1)	0.6376	2.02
Aditivo estacional	0.8205	1.79
Aditivo estacional de tendencia dese	0.8204	1.79

Parámetros de método:

<b>Método</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>
SARIMA(1,1,1)(1,0,1)	---	---
Aditivo estacional	Alfa	0.7060
	Gamma	0.9674
Aditivo estacional de tendencia dese	Alfa	0.7038
	Beta	0.9990
	Gamma	0.9602
	Phi	0.0024

Figura 24: Informe Predictor Crystal Ball segmento CORE.  
Fuente: Crystal Ball.

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE PRONÓSTICO COLABORATIVO DE DEMANDA PARA UNA EMPRESA  
DISTRIBUIDORA

---

**Informe de Crystal Ball: Predictor**

3/4/2022 creado a las 18:00

**Resumen:**

Atributos de datos:

Número de serie 1  
Los datos están en meses

Prefs ejecución:

Periodos en previsión 12

Introducir valores que faltan Activado

Ajustar valores atípicos Desactivado

Métodos utilizados Métodos no estacionales

Métodos estacionales

Métodos de ARIMA

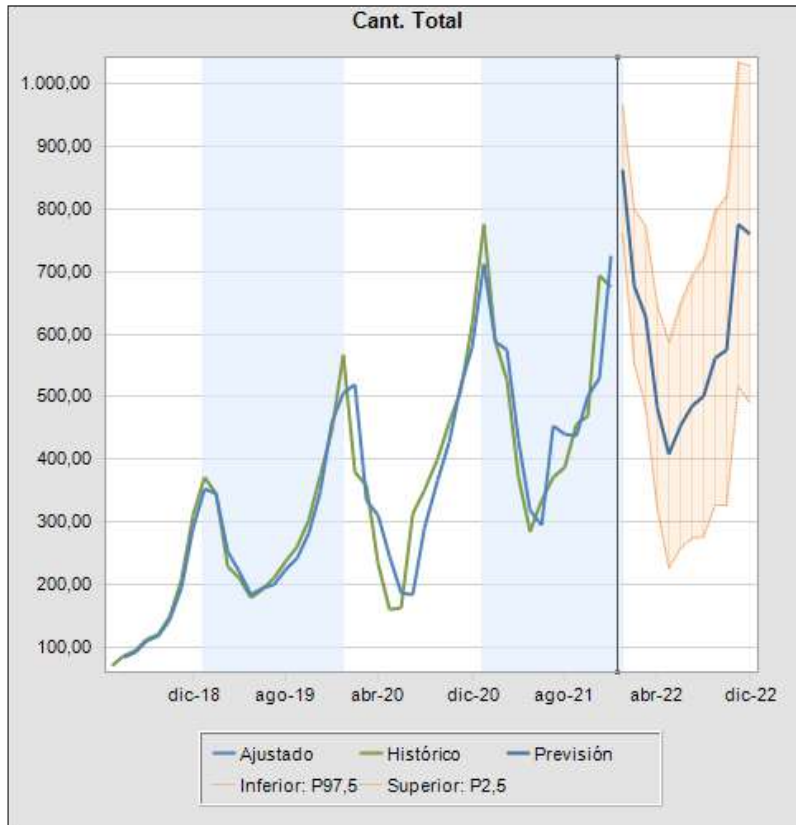
Técnica de previsión Previsión estándar

Medida de error MAPE

**DESARROLLO DE UN SISTEMA DE PRONÓSTICO COLABORATIVO DE DEMANDA PARA UNA EMPRESA  
DISTRIBUIDORA**

**Serie: Cant. Total** **Rango: \$B\$2:\$B\$45**

Resumen:  
 Mejor método SARIMA(1,1,0)(1,0,0)  
 Medida de error (MAPE) 10.63%



Resultados de previsión:

Fecha	Inferior: P97,5	Previsión	Superior: P2,5
ene-22	759.27	862.36	965.45
feb-22	555.08	677.23	799.37
mar-22	482.08	627.65	773.23
abr-22	320.24	483.65	647.05
may-22	227.32	407.55	587.78
jun-22	257.47	452.83	648.18
jul-22	275.23	484.71	694.18
ago-22	277.26	499.94	722.61
sep-22	326.96	562.10	797.25
oct-22	327.23	574.21	821.19
nov-22	517.88	776.16	1,034.44
dic-22	491.00	760.11	1,029.21

**DESARROLLO DE UN SISTEMA DE PRONÓSTICO COLABORATIVO DE DEMANDA PARA UNA EMPRESA  
DISTRIBUIDORA**

Datos históricos:

<b>Estadísticas</b>	<b>Datos históricos</b>
Valores de datos	44
Mínimo	69.79
Media	340.16
Máximo	776.59
Desviación estándar	173.33
Ljung-Box	208.67 (Sin tendencia)
Estacionalidad	12 (Detección automática)
Valores filtrados	0

Estadísticas de ARIMA:

<b>ARIMA</b>	<b>Estadísticas</b>
Transformación Lambda	1.00
<b>BIC</b>	<b>8.10 *</b>
AIC	8.02
AICc	8.03

\* Se utiliza para la selección de modelo

Coefficientes de modelo de ARIMA:

<b>Variable</b>	<b>Coefficiente</b>	<b>Error estándar</b>
AR(1)	-0.3645	0.1409
Estacional AR(1)	0.9035	0.0425

Precisión de previsión:

<b>Método</b>	<b>Rango</b>	<b>MAPE</b>
<b>SARIMA(1,1,0)(1,0,0)</b>	<b>Mejor</b>	<b>10.63%</b>
Aditivo estacional de tendencia dese	2.º	12.76%
Aditivo de Holt-Winters	3.º	12.92%

<b>Método</b>	<b>U de Theil</b>	<b>Durbin-Watson</b>
SARIMA(1,1,0)(1,0,0)	0.6795	2.05
Aditivo estacional de tendencia dese	0.8755	2.47
Aditivo de Holt-Winters	0.8625	2.50

Parámetros de método:

<b>Método</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>
SARIMA(1,1,0)(1,0,0)	---	---
Aditivo estacional de tendencia dese	Alfa	0.6481
	Beta	0.9990
	Gamma	0.7775
	Phi	0.4879
Aditivo de Holt-Winters	Alfa	0.8567
	Beta	0.0544
	Gamma	0.9990

Figura 25: Informe Predictor Crystal Ball segmento CORE+  
Fuente: Crystal Ball.

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE PRONÓSTICO COLABORATIVO DE DEMANDA PARA UNA EMPRESA  
DISTRIBUIDORA

---

**Informe de Crystal Ball: Predictor**

3/4/2022 creado a las 18:13

**Resumen:**

Atributos de datos:

Número de serie 1  
Los datos están en meses

Prefs ejecución:

Periodos en previsión 12

Introducir valores que faltan Activado

Ajustar valores atípicos Desactivado

Métodos utilizados Métodos no estacionales

Métodos estacionales

Métodos de ARIMA

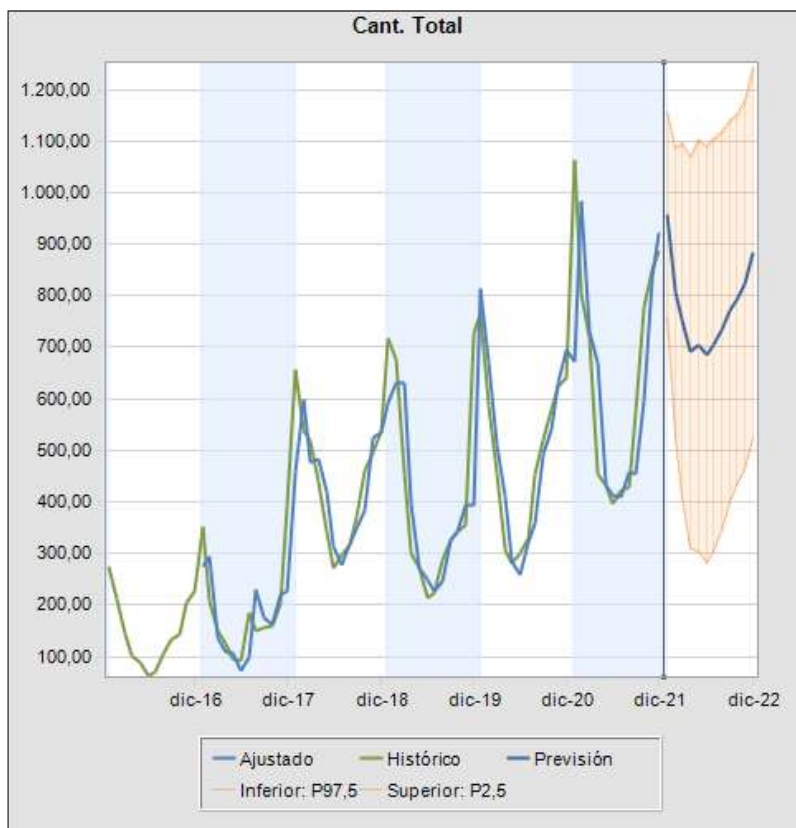
Técnica de previsión Previsión estándar

Medida de error MAPE

**DESARROLLO DE UN SISTEMA DE PRONÓSTICO COLABORATIVO DE DEMANDA PARA UNA EMPRESA  
DISTRIBUIDORA**

**Serie: Cant. Total** **Rango: \$C\$3:\$C\$74**

Resumen:  
 Mejor método SARIMA(1,1,1)(1,0,1)  
 Medida de error (MAPE) 14.24%



Resultados de previsión:

Fecha	Inferior: P97,5	Previsión	Superior: P2,5
ene-22	951.60	1,107.55	1,263.50
feb-22	715.66	911.45	1,107.25
mar-22	582.72	799.20	1,015.68
abr-22	384.18	613.05	841.92
may-22	344.01	581.06	818.11
jun-22	310.20	553.11	796.02
jul-22	327.82	575.24	822.66
ago-22	361.02	612.13	863.23
sep-22	447.42	701.68	955.94
oct-22	555.43	812.50	1,069.57
nov-22	602.05	861.70	1,121.35
dic-22	673.28	935.35	1,197.42

**DESARROLLO DE UN SISTEMA DE PRONÓSTICO COLABORATIVO DE DEMANDA PARA UNA EMPRESA  
DISTRIBUIDORA**

Datos históricos:

<b>Estadísticas</b>	<b>Datos históricos</b>
Valores de datos	72
Mínimo	64.54
Media	386.67
Máximo	1,064.57
Desviación estándar	228.33
Ljung-Box	422.18 (Sin tendencia)
Estacionalidad	12 (Detección automática)
Valores filtrados	0

Estadísticas de ARIMA:

<b>ARIMA</b>	<b>Estadísticas</b>
Transformación Lambda	1.00
<b>BIC</b>	<b>8.99 *</b>
AIC	8.87
AICc	8.87

\* Se utiliza para la selección de modelo

Coefficientes de modelo de ARIMA:

<b>Variable</b>	<b>Coefficiente</b>	<b>Error estándar</b>
AR(1)	0.6937	0.1176
MA(1)	0.9345	0.0587
Estacional AR(1)	0.9602	0.0279
Estacional MA(1)	0.5110	0.1300

Precisión de previsión:

<b>Método</b>	<b>Rango</b>	<b>MAPE</b>
<b>SARIMA(1,1,1)(1,0,1)</b>	<b>Mejor</b>	<b>14.24%</b>
Aditivo estacional de tendencia dese	2.º	15.13%
Aditivo estacional	3.º	15.26%

<b>Método</b>	<b>U de Theil</b>	<b>Durbin-Watson</b>
SARIMA(1,1,1)(1,0,1)	0.6939	2.14
Aditivo estacional de tendencia dese	0.8410	2.16
Aditivo estacional	0.8437	1.87

Parámetros de método:

<b>Método</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>
SARIMA(1,1,1)(1,0,1)	---	---
Aditivo estacional de tendencia dese	Alfa	0.9200
	Beta	0.9990
	Gamma	0.9990
	Phi	0.1587
Aditivo estacional	Alfa	0.9019
	Gamma	0.9990

Figura 26: Informe Predictor Crystal Ball segmento HEND.  
Fuente: Crystal Ball.



#### 4. ANEXO 4

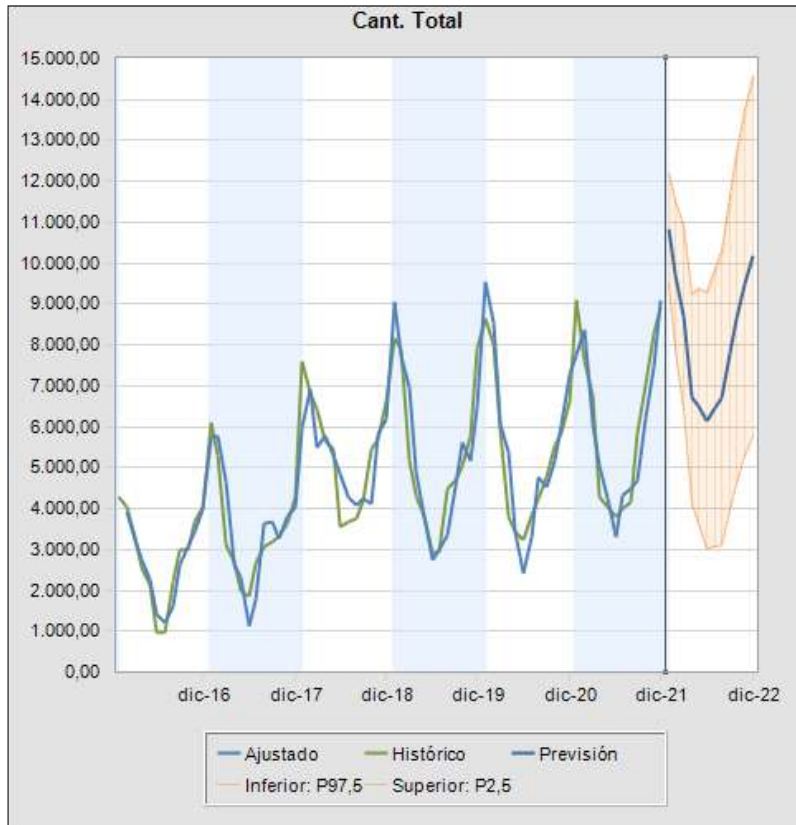
En este anexo se adjuntan los informes resultantes de la salida del Crystal Ball para la familia de cervezas.

Informe de Crystal Ball: Predictor	
3/4/2022 creado a las 19:03	
<b>Resumen:</b>	
Atributos de datos:	
Número de serie	1
Los datos están en	meses
Prefs ejecución:	
Periodos en previsión	12
Introducir valores que faltan	Activado
Ajustar valores atípicos	Desactivado
Métodos utilizados	Métodos no estacionales
	Métodos estacionales
	Métodos de ARIMA
Técnica de previsión	Previsión estándar
Medida de error	MAPE

**DESARROLLO DE UN SISTEMA DE PRONÓSTICO COLABORATIVO DE DEMANDA PARA UNA EMPRESA  
DISTRIBUIDORA**

**Serie: Cant. Total** **Rango: \$H\$3:\$H\$74**

Resumen:  
 Mejor método SARIMA(1,1,1)(1,0,1)  
 Medida de error (MAPE) 11.10%



Resultados de previsión:

Fecha	Inferior: P97,5	Previsión	Superior: P2,5
ene-22	9,501.02	10,854.26	12,207.51
feb-22	7,900.91	9,712.48	11,524.05
mar-22	6,441.79	8,688.79	10,935.79
abr-22	4,142.76	6,701.71	9,260.66
may-22	3,627.04	6,502.97	9,378.91
jun-22	3,019.44	6,150.73	9,282.03
jul-22	3,071.16	6,461.85	9,852.53
ago-22	3,101.56	6,714.81	10,328.05
sep-22	3,980.54	7,817.94	11,655.34
oct-22	4,624.86	8,662.43	12,700.00
nov-22	5,280.22	9,517.77	13,755.32
dic-22	5,769.48	10,190.52	14,611.57

**DESARROLLO DE UN SISTEMA DE PRONÓSTICO COLABORATIVO DE DEMANDA PARA UNA EMPRESA  
DISTRIBUIDORA**

Datos históricos:

<b>Estadísticas</b>	<b>Datos históricos</b>
Valores de datos	72
Mínimo	955.95
Media	4,740.52
Máximo	9,096.80
Desviación estándar	1,952.10
Ljung-Box	534.13 (Sin tendencia)
Estacionalidad	12 (Detección automática)
Valores filtrados	0

Estadísticas de ARIMA:

<b>ARIMA</b>	<b>Estadísticas</b>
Transformación Lambda	1.00
<b>BIC</b>	<b>13.31 *</b>
AIC	13.19
AICc	13.20

\* Se utiliza para la selección de modelo

Coefficientes de modelo de ARIMA:

<b>Variable</b>	<b>Coefficiente</b>	<b>Error estándar</b>
AR(1)	-0.8397	0.2242
MA(1)	-0.7297	0.2799
Estacional AR(1)	0.9214	0.0304
Estacional MA(1)	0.3705	0.1272

Precisión de previsión:

<b>Método</b>	<b>Rango</b>	<b>MAPE</b>
<b>SARIMA(1,1,1)(1,0,1)</b>	<b>Mejor</b>	<b>11.10%</b>
Aditivo estacional de tendencia dese	2.º	12.11%
Aditivo de Holt-Winters	3.º	12.11%

<b>Método</b>	<b>U de Theil</b>	<b>Durbin-Watson</b>
SARIMA(1,1,1)(1,0,1)	0.6276	2.00
Aditivo estacional de tendencia dese	0.8171	1.61
Aditivo de Holt-Winters	0.8141	1.63

Parámetros de método:

<b>Método</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>
SARIMA(1,1,1)(1,0,1)	---	---
Aditivo estacional de tendencia dese	Alfa	0.5624
	Beta	0.5594
	Gamma	0.7685
	Phi	0.1792
Aditivo de Holt-Winters	Alfa	0.6263
	Beta	0.0010
	Gamma	0.8981

Figura 27: Informe Predictor Crystal Ball familia cervezas.  
Fuente: Crystal Ball.

**5. ANEXO 5**

La importancia relativa de cada factor con respecto a cada categoría según el planificador de abastecimiento se adjunta en la tabla 29 y con respecto al Gerente General en la tabla 30.

<b>Planificar de Abastecimiento</b>			
<b>Categoría</b>	<b>Factor</b>	<b>Total</b>	<b>Importancia</b>
Quilmes	Estrategias de Promoción	0.05	<b>4%</b>
Quilmes	Políticas de Precios	0.24	<b>20%</b>
Compet	Caract Producto	0.07	<b>6%</b>
Compet	Políticas de Precios	0.22	<b>18%</b>
Econ	Inflación	0.17	<b>14%</b>
Econ	Desempleo	0.06	<b>5%</b>
Clientes	Req. Logísticos	0.06	<b>5%</b>
Clientes	Acciones comerciales	0.32	<b>27%</b>
<b>SUMA</b>		<b>1.19</b>	

Tabla 29: Preferencias de cada factor

Fuente: Elaboración propia en base a los datos de la encuesta del planificador de abastecimiento.

<b>GERENTE GENERAL</b>			
<b>Categoría</b>	<b>Factor</b>	<b>Total</b>	<b>Importancia</b>
Quilmes	Estrategias de Promoción	0.09	<b>9%</b>
Quilmes	Políticas de Precios	0.28	<b>28%</b>
Compet	Caract Producto	0.01	<b>1%</b>
Compet	Políticas de Precios	0.07	<b>7%</b>
Econ	Inflación	0.27	<b>27%</b>
Econ	Desempleo	0.05	<b>5%</b>
Clientes	Req. Logísticos	0.05	<b>5%</b>
Clientes	Acciones comerciales	0.16	<b>16%</b>
<b>SUMA</b>		<b>1.00</b>	

Tabla 30: Preferencias de cada factor

Fuente: Elaboración propia en base a los datos de la encuesta del gerente general

En la tabla 31 se presentan las probabilidades que estima el planificador de abastecimiento sobre los tres escenarios posibles en base a cada uno de los factores. Por su parte, la tabla 32 muestra las estimaciones del Gerente General.

**DESARROLLO DE UN SISTEMA DE PRONÓSTICO COLABORATIVO DE DEMANDA PARA UNA EMPRESA  
DISTRIBUIDORA**

<b>QUILMES</b>	<b>Est. Promoción</b>	<b>Probabilidad</b>	<b>Inflación</b>	<b>Probabilidad</b>
	Agresiva	<b>17%</b>	Alto	<b>80%</b>
	Normal		Medio	
	Débil		Bajo	
	<b>Nuevas Políticas de precios</b>	<b>Probabilidad</b>	<b>Desempleo</b>	<b>Probabilidad</b>
	Agresiva	<b>17%</b>	Alto	<b>57%</b>
Normal	Medio			
Débil	Bajo			

<b>COMPETIDORES</b>	<b>Políticas de Precios</b>	<b>Probabilidad</b>	<b>Req. Logísticos</b>	<b>Probabilidad</b>
	Agresiva	<b>33%</b>	Superiores	<b>80%</b>
	Normal		Normales	
	Débil		Inferiores	
	<b>Caract. Producto</b>	<b>Probabilidad</b>	<b>Acciones comerciales</b>	<b>Probabilidad</b>
	Agresiva	<b>17%</b>	Superiores	<b>43%</b>
Normal	Normales			
Débil	Inferiores			

Tabla 31: Probabilidades de cada escenario por el planificador de abastecimiento  
Fuente: Elaboración propia en base a la información recaudada en la encuesta.

<b>QUILMES</b>	<b>Est. Promoción</b>	<b>Probabilidad</b>	<b>Inflación</b>	<b>Probabilidad</b>
	Agresiva	<b>17%</b>	Alto	<b>80%</b>
	Normal		Medio	
	Débil		Bajo	
	<b>Nuevas Políticas de precios</b>	<b>Probabilidad</b>	<b>Desempleo</b>	<b>Probabilidad</b>
	Agresiva	<b>17%</b>	Alto	<b>50%</b>
Normal	Medio			
Débil	Bajo			

<b>COMPETIDORES</b>	<b>Políticas de Precios</b>	<b>Probabilidad</b>	<b>Req. Logísticos</b>	<b>Probabilidad</b>
	Agresiva	<b>33%</b>	Superiores	<b>80%</b>
	Normal		Normales	
	Débil		Inferiores	
	<b>Caract. Producto</b>	<b>Probabilidad</b>	<b>Acciones comerciales</b>	<b>Probabilidad</b>
	Agresiva	<b>33%</b>	Superiores	<b>25%</b>
Normal	Normales			
Débil	Inferiores			

Tabla 32: Probabilidades de cada escenario según el gerente general  
Fuente: Elaboración propia en base a la información recaudada en la encuesta.

La probabilidad final de cada escenario en cuanto a cada criterio estimada por el planificador de abastecimiento se muestra en la figura 28 y la probabilidad final de cada escenario en cuanto a cada criterio estimada por el Gerente General se muestra en la figura 29.

**DESARROLLO DE UN SISTEMA DE PRONÓSTICO COLABORATIVO DE DEMANDA PARA UNA EMPRESA  
DISTRIBUIDORA**

QUILMES - ESTRATEGIA DE PROMOCION				
QUILMES		Agresiva	Normal	Débil
	Decline fuerte	0%	13%	17%
	Decline débil	13%	25%	33%
	Crecimiento débil	38%	38%	33%
	Crecimiento	50%	25%	17%

QUILMES - POLÍTICAS DE PRECIOS				
QUILMES		Agresiva	Normal	Débil
	Decline fuerte	10%	14%	33%
	Decline débil	20%	14%	50%
	Crecimiento débil	40%	43%	17%
	Crecimiento	30%	29%	0%

COMPETIDORES - POLÍTICAS DE PRECIOS				
COMPETIDORES		Agresiva	Normal	Débil
	Decline fuerte	43%	17%	25%
	Decline débil	29%	33%	25%
	Crecimiento débil	14%	33%	25%
	Crecimiento	14%	17%	25%

COMPETIDORES -CARACT DEL PRODUCTO				
COMPETIDORES		Agresiva	Normal	Débil
	Decline fuerte	30%	38%	10%
	Decline débil	30%	38%	20%
	Crecimiento débil	20%	13%	40%
	Crecimiento	20%	13%	30%

ECONOMÍA NACIONAL - INFLACIÓN				
ECONOMÍA NACIONAL		Alto	Medio	Bajo
	Decline fuerte	44%	11%	43%
	Decline débil	33%	22%	43%
	Crecimiento débil	11%	33%	0%
	Crecimiento	11%	33%	14%

ECONOMÍA NACIONAL - DESEMPLEO				
ECONOMÍA NACIONAL		Alto	Medio	Bajo
	Decline fuerte	50%	30%	14%
	Decline débil	25%	30%	14%
	Crecimiento débil	13%	20%	43%
	Crecimiento	13%	20%	29%

CLIENTES - REQUERIMIENTOS LOGÍSTICOS				
CLIENTES		Inferiores	Normales	Superiores
	Decline fuerte	25%	18%	25%
	Decline débil	50%	27%	25%
	Crecimiento débil	25%	27%	25%
	Crecimiento	0%	27%	25%

CLIENTES - ACCIONES COMERCIALES				
CLIENTES		Inferiores	Normales	Superiores
	Decline fuerte	0%	14%	0%
	Decline débil	14%	14%	17%
	Crecimiento débil	29%	29%	33%
	Crecimiento	57%	43%	50%

Figura 28: Probabilidad final de cada escenario con respecto a cada factor  
Fuente: Elaboración propia en base a la encuesta realizada al planificador de abastecimiento.

**DESARROLLO DE UN SISTEMA DE PRONÓSTICO COLABORATIVO DE DEMANDA PARA UNA EMPRESA  
DISTRIBUIDORA**

QUILMES - ESTRATEGIA DE PROMOCION				
QUILMES		Agresiva	Normal	Débil
	Decline fuerte	0%	13%	17%
	Decline débil	13%	25%	33%
	Crecimiento débil	50%	38%	33%
	Crecimiento	38%	25%	17%

QUILMES - POLÍTICAS DE PRECIOS				
QUILMES		Agresiva	Normal	Débil
	Decline fuerte	10%	13%	17%
	Decline débil	20%	25%	33%
	Crecimiento débil	40%	38%	33%
	Crecimiento	30%	25%	17%

COMPETIDORES - POLÍTICAS DE PRECIOS				
COMPETIDORES		Agresiva	Normal	Débil
	Decline fuerte	43%	25%	25%
	Decline débil	29%	25%	25%
	Crecimiento débil	14%	25%	25%
	Crecimiento	14%	25%	25%

COMPETIDORES - CARACT DEL PRODUCTO				
COMPETIDORES		Agresiva	Normal	Débil
	Decline fuerte	38%	33%	10%
	Decline débil	38%	33%	20%
	Crecimiento débil	13%	17%	40%
	Crecimiento	13%	17%	30%

ECONOMÍA NACIONAL - INFLACIÓN				
ECONOMÍA NACIONAL		Alto	Medio	Bajo
	Decline fuerte	40%	33%	0%
	Decline débil	40%	33%	17%
	Crecimiento débil	20%	22%	33%
	Crecimiento	0%	11%	50%

ECONOMÍA NACIONAL - DESEMPLEO				
ECONOMÍA NACIONAL		Alto	Medio	Bajo
	Decline fuerte	44%	30%	14%
	Decline débil	33%	30%	14%
	Crecimiento débil	11%	20%	29%
	Crecimiento	11%	20%	43%

CLIENTES - REQUERIMIENTOS LOGISTICOS				
CLIENTES		Inferiores	Normales	Superiores
	Decline fuerte	20%	14%	20%
	Decline débil	60%	29%	20%
	Crecimiento débil	20%	29%	30%
	Crecimiento	0%	29%	30%

CLIENTES - ACCIONES COMERCIALES				
CLIENTES	Aumenten	Inferiores	Normales	Superiores
	Decline fuerte	0%	20%	38%
	Decline débil	14%	20%	38%
	Crecimiento débil	29%	20%	25%
	Crecimiento	57%	40%	0%

Figura 29: Probabilidad final de cada escenario con respecto a cada factor  
Fuente: Elaboración propia en base a la encuesta realizada al Gerente General.

**DESARROLLO DE UN SISTEMA DE PRONÓSTICO COLABORATIVO DE DEMANDA PARA UNA EMPRESA  
DISTRIBUIDORA**

Las probabilidades globales realizando la suma ponderada del método de PAJ, para cada posible tasa de crecimiento de demanda se sintetizan en las tablas 33 y 34.

VARIACION DE VOLUMEN DE DEMANDA		Decline		Crecimiento	
		Fuerte	Débil	Débil	Fuerte
Quilmes	Estrategias de Promoción	0%	1%	1%	1%
Quilmes	Políticas de Precios	5%	5%	7%	5%
Compet	Caract Producto	1%	1%	1%	1%
Compet	Políticas de Precios	5%	5%	5%	3%
Econ	Inflación	5%	4%	2%	2%
Econ	Desempleo	2%	1%	1%	1%
Cientes	Req. Logísticos	2%	3%	2%	1%
Cientes	Acciones comerciales	1%	3%	7%	12%
TOTAL		22%	25%	26%	26%

Tabla 33: Probabilidades globales Planificador de Abastecimiento  
Fuente: Elaboración Propia en base a la encuesta del Planificador de Abastecimiento

VARIACION DE VOLUMEN DE DEMANDA		Decline		Crecimiento	
		Fuerte	Débil	Débil	Fuerte
Quilmes	Estrategias de Promoción	1%	2%	4%	2%
Quilmes	Políticas de Precios	4%	10%	7%	6%
Compet	Caract Producto	0%	0%	0%	0%
Econ	Inflación	10%	10%	6%	1%
Econ	Desempleo	2%	2%	1%	1%
Cientes	Req. Logísticos	2%	4%	2%	1%
Cientes	Acciones comerciales	2%	2%	3%	4%
TOTAL		24%	34%	24%	18%

Tabla 34: Prioridades globales Gerente General  
Fuente: Elaboración Propia en base a la encuesta del Gerente General