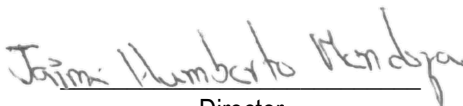


MODELO PARA LA PLANEACIÓN AGREGADA DE LA PRODUCCIÓN EN LA INDUSTRIA LICORERA DEL CAUCA UTILIZANDO TÉCNICAS DE MACHINE-LEARNING PARA EL PRONÓSTICO DE LA DEMANDA

Nora Fernanda Arciniegas Sánchez

Nota de Aceptación

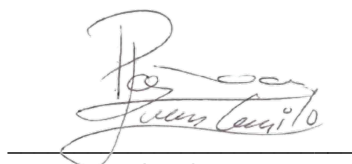
Certificamos que el presente Trabajo de Grado Satisface, en alcances y calidad, todos los requisitos que demanda un Trabajo de Grado de Maestría.



Director



Asesor Externo



Jurado



Jurado

Aprobado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Pontificia Universidad Javeriana Cali, para optar el título de Magister en Ingeniería con énfasis en Ingeniería Industrial.



HERNAN CAMILO ROCHA NIÑO Ph. D.
Decano Facultad de Ingeniería y Ciencias



JUAN CARLOS MARTÍNEZ ARIAS
Director Posgrados de Ingeniería y Ciencias

Santiago de Cali – 10 de octubre de 2023



Acta de Correcciones al Documento de Trabajo de Grado

Santiago de Cali, octubre 10 de 2023

Autor: Nora Fernanda Arciniegas Sánchez

Título del Trabajo de Grado: “MODELO PARA LA PLANEACIÓN AGREGADA DE LA PRODUCCIÓN EN LA INDUSTRIA LICORERA DEL CAUCA UTILIZANDO TÉCNICAS DE MACHINE-LEARNING PARA EL PRONÓSTICO DE LA DEMANDA”

Director: Jaime Humberto Mendoza Chacón

Como indica el artículo 2.13 de las Directrices para Trabajo de Grado de Maestría, he verificado que el estudiante indicado arriba ha implementado todas las correcciones que los Jurados del Proyecto de Trabajo de Grado definieron que se efectuaran, como consta en el Acta de Evaluación correspondiente.

Firma del Director del Trabajo de Grado

Firma del Asesor Externo de Trabajo de Grado

Santiago de Cali, 10 de octubre del 2023

Ingeniero:

Juan Carlos Martínez Arias

Director Posgrados de Ingeniería

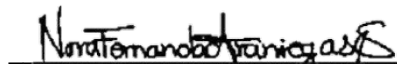
Facultad de Ingeniería

Pontificia Universidad Javeriana Cali

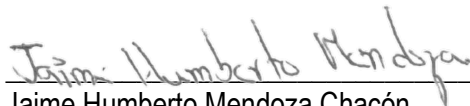
Cumplido los requisitos establecidos en los artículos 5.6 y 5.7 de las Directrices para Trabajo de Grado de Maestría, solicitamos se autorice la sustentación del Trabajo de Grado denominado " **MODELO PARA LA PLANEACIÓN AGREGADA DE LA PRODUCCIÓN EN LA INDUSTRIA LICORERA DEL CAUCA UTILIZANDO TÉCNICAS DE MACHINE-LEARNING PARA EL PRONÓSTICO DE LA DEMANDA**", realizado por el (la) estudiante Nora Fernanda Arciniegas Sánchez con código 8945500 perteneciente al énfasis en Ingeniería Industrial, bajo la dirección del profesor PhD. Jaime Humberto Mendoza y el asesor externo Juan Manuel Segura Mosquera.

El suscrito director del Trabajo de Grado autoriza para que se proceda a hacer su sustentación ante el Tribunal que para el efecto se designe, toda vez que ha revisado meticulosamente el documento y avala que el Trabajo de Grado ya se encuentra listo para ser evaluado oficialmente.

Atentamente,



Nora Fernanda Arciniegas Sánchez
C.C. 1019083091 de Bogotá D.C



Jaime Humberto Mendoza Chacón
C.C. 10482958 de Santander de Quilichao



Juan Manuel Segura Mosquera
C.C. 10298768 de Popayán

Documentación anexa:

Dos copias anilladas del documento de Trabajo de Grado, con impresión por lado y lado y paginación completa.

El resumen del Trabajo de Grado en formato electrónico (máximo 1 página).



INDUSTRIA
LICORERA DEL CAUCA
NIT: 891500719-5

Popayán, Cauca - octubre 10 de 2023

Ing. Juan Carlos Martínez Arias
Director Posgrados
Facultad de Ingeniería y Ciencias
Pontificia Universidad Javeriana Cali
Cali – Valle del Cauca

Cordial y atento saludo

Por medio de la presente me permito autorizar el desarrollo de la Tesis de grado denominada **“MODELO PARA LA PLANEACIÓN AGREGADA DE LA PRODUCCIÓN EN LA INDUSTRIA LICORERA DEL CAUCA UTILIZANDO TÉCNICAS DE MACHINE-LEARNING PARA EL PRONÓSTICO DE LA DEMANDA”**, realizado por la Ingeniera Nora Fernanda Arciniegas Sánchez identificada con C.C. 1.019.083.091 de Bogotá, bajo el acompañamiento y asesoría del Jefe de Producción Jaime Humberto Mendoza Chacón y el Jefe de Mantenimiento Juan Manuel Segura Mosquera.

Cordialmente,

Fernando Cerón Agredo
Gerente Industria Licorera del Cauca



FICHA RESUMEN
TRABAJO DE GRADO DE MAESTRÍA

TITULO: “MODELO PARA LA PLANEACIÓN AGREGADA DE LA PRODUCCIÓN EN LA INDUSTRIA LICORERA DEL CAUCA UTILIZANDO TÉCNICAS DE MACHINE-LEARNING PARA EL PRONÓSTICO DE LA DEMANDA”

1. ÉNFASIS: Ingeniería Industrial
2. ÁREA DE INVESTIGACIÓN: Producción y Gestión de Operaciones
3. ESTUDIANTE: Nora Fernanda Arciniegas Sánchez
4. CORREO ELECTRONICO: arciniegasfernanda@javerianacali.edu.co
5. DIRECTOR: Jaime Humberto Mendoza Chacón
6. CO-DIRECTOR(ES): N/A
7. GRUPO QUE LO AVALA: N/A
8. OTROS GRUPOS: N/A
9. PALABRAS CLAVE: Aprendizaje automático, optimización, mapa de flujo de valor, pronóstico de series de tiempo, planeación de la demanda, producción, análisis de capacidad, investigación de operaciones.
10. CÓDIGOS UNESCO CIENCIA Y TECNOLOGÍA: 33, 3310.02, 3310.03, 3310.04, 3310.05, 3310.99
11. FECHA DE INICIO: Enero de 2020 DURACIÓN ESTIMADA: -
12. RESUMEN (máximo una página).

El análisis de la planeación de la demanda es un proceso crítico para las organizaciones, debido a su alta complejidad y cuyo propósito es distribuir de manera óptima los recursos a lo largo de la cadena de suministro. Durante muchos años se han desarrollado y evolucionado diferentes métodos que permiten a las organizaciones lograr optimizar sus procesos, sin embargo, algunos no responden totalmente a los requerimientos dadas las particularidades de las organizaciones, además, de los constantes cambios a nivel tecnológico, hace necesario que las organizaciones adapten rápidamente sus procesos para responder a dichos cambios y generar ventajas competitivas frente a sus competidores. Dicho lo anterior, la Industria Licorera del Cauca ha buscado generar iniciativas que permitan la optimización de sus recursos, el crecimiento y la expansión a nuevos mercados, es por ello, que el equipo de producción realizó un análisis de la definición del negocio de la Industria Licorera del Cauca, en donde se determinó la necesidad de realizar una óptima gestión de la cadena de suministro, enfocándose en la planeación efectiva de la demanda, impactando significativamente en los procesos de la cadena. Este proyecto, inició con la caracterización de los procesos de preparación y envasado de aguardiente a través del diseño del VSM (Value Stream Map) y un análisis causal el impacto de los cuellos de botella en el proceso de producción, adicionalmente, se realizó un análisis de la capacidad para cada uno de los procesos para analizar su estabilidad con relación a los requisitos y características de las actividad y producto,

así mismo, la generación de valor para el cliente; se efectuó un análisis exploratorio de la información de la demanda para cada una de las presentaciones de aguardiente tradicional y sin azúcar, lo que permitió establecer los métodos para el preprocesamiento de la información y selección de variables para la predicción, se seleccionaron 11 modelos tradicionales, econométricos y machine learning en donde se determinó que la aplicación de modelos basados en la familia del ARIMA, árboles decisión y redes neuronales, estos se adaptan a los patrones de demanda de cada uno de los productos de la Industria Licorera del Cauca.

**MODELO PARA LA PLANEACIÓN AGREGADA DE LA PRODUCCIÓN EN LA
INDUSTRIA LICORERA DEL CAUCA UTILIZANDO TÉCNICAS DE MACHINE-
LEARNING PARA EL PRONÓSTICO DE LA DEMANDA**

NORA FERNANDA ARCINIEGAS SÁNCHEZ

**Trabajo de Grado para optar por el título de Magister en Ingeniería con énfasis en
ingeniería industrial**

Director:

Jaime Humberto Mendoza Chacón

Asesor Externo:

Juan Manuel Segura Mosquera

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA DE CALI

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

MAESTRÍA EN INGENIERIA INDUSTRIAL

CALI

2023

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, quiero agradecer a Dios por el regalo de la vida, por su infinito amor y guía en cada uno de los pasos que he dado en mi vida, él ha hecho que hoy cumpla cada una de las metas que me he propuesto, especialmente esta, que aún con grandes dificultades de salud, me permitió alcanzar para ser testigo de su maravillosa obra.

A mis padres por su infinito amor, apoyo y comprensión en cada momento, por enseñarme el valor y la tenacidad para cumplir con mis sueños, por su guía y ejemplo.

A mis queridos Ingenieros Jaime Humberto Mendoza y Juan Manuel Segura, que han sido mis mentores, mis guías y mi familia, hoy debo agradecerles infinitamente porque gracias a ustedes me he convertido en una profesional integra, cada uno de sus consejos han sido valiosos para mi vida, he podido enfrentar exitosamente muchas situaciones gracias a su invaluable conocimiento y guía, hoy puedo afirmar que todo lo que soy ha sido gracias a su dedicación y amor.

A la Industria Licorera del Cauca, gracias nuevamente por darme la oportunidad de contribuir y apoyar el crecimiento de una empresa tan valiosa para los caucanos, ha sido, desde mi práctica profesional, mi hogar y sus colaboradores mis grandes maestros.

A mis compañeros de Maestría, infinitas gracias por acogerme y hacerme sentir como en mi casa, por sus aportes y alegría que han sido muy valiosos. Pero debo realizar una mención especial a mi gran amigo Edgar Valcárcel, quien siempre me impulso y me ayudo en todo momento a cumplir este gran sueño, es un profesional y persona, que admiro muchísimo y le doy gracias a Dios por haberlo conocido y hoy a pesar de la distancia continuar con nuestra valiosa amistad.

A la Pontificia Universidad Javeriana – Cali, por haberme acogido y brindado todas las herramientas para complementar mi formación académica con profesores y administrativos maravillosos.

A la Fundación Universitaria de Popayán, por haberme apoyado desde el principio, cuando este proceso solo era un lindo sueño enseñándome cada día en mi labor que todo se puede lograr con esfuerzo y amor. Especialmente al Ingeniero Felipe Ortega, que, aunque ya no está con nosotros, fue quien me impulso en esta aventura con su apoyo y su fe en mí, creyó desde que era estudiante, que podía crecer y contribuir en la formación de ingenieros industriales íntegros para el Cauca y el país.

*“Cuando todo es guiado por Dios, cada pieza cae en su lugar”
Anónimo.*

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	2
LISTA DE FIGURAS.....	5
LISTA DE TABLAS.....	7
RESUMEN.....	8
ABSTRACT.....	9
INTRODUCCIÓN.....	10
1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	12
2. OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	15
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3. JUSTIFICACIÓN	16
4. MARCO TEÓRICO	21
4.1 PLANEACIÓN Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN.....	21
4.1.1 Modelo de planificación empresarial	21
4.2 PLANEACIÓN AGREGADA DE LA PRODUCCIÓN	23
4.3 MODELOS MATEMÁTICOS	24
4.3.1 Modelo matemático determinístico.....	24
4.3.2 Modelo matemático estocástico	24
4.3.2 Modelo matemático híbrido	24
4.3 INTELIGENCIA ARTIFICIAL	25
4.2.1 Aprendizaje supervisado.....	26
4.2.2 Aprendizaje No supervisado.....	26
4.2.3 Aprendizaje por refuerzo.....	26
4.3 TÉCNICAS DE PREPROCESAMIENTO	27
4.3.1 Diagrama de autocorrelación y autocorrelación parcial	27
4.4 TÉCNICAS DE PREDICCIÓN.....	27
4.5 MÉTRICAS DE DESEMPEÑO	28
5. REVISIÓN DE LA LITERATURA.....	29
6. Antecedentes	31
6.1 Historia	31
6.2 Estructura Administrativa	32
7. DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA.....	33
7.1 ANÁLISIS DE LA ESTRATEGIA ORGANIZACIONAL Y EL MERCADO.....	33

7.1.1 Definición del negocio.....	33
7.1.2 Análisis de competitividad (externo e interno).....	35
7.1.3 Análisis PEST	38
7.1.4 Análisis de la cadena de valor (mapa de procesos)	40
7.1.5 Modelo de las 7S de McKinsey.....	43
7.1.6 Gestión de los Stakeholders	44
7.1.7 Matriz de Porter	45
7.1.8 Matriz DOFA	47
7.2 CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA INDUSTRIA LICORERA DEL CAUCA.....	49
7.2.1 Flujo de información	49
7.2.2 Flujo de materiales	50
7.2.3 Estudio de capacidad y estabilidad del proceso de preparación y envasado de aguardiente	61
7.3 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LA INDUSTRIA LICORERA DEL CAUCA.....	68
7.4 DEFINICIÓN Y EVALUACIÓN DE MODELOS DE PROYECCIÓN DE LA DEMANDA	87
7.5 GENERACIÓN Y ANÁLISIS DE PROYECCIONES	89
7.6 PLANEACIÓN AGREGADA DE LA DEMANDA	94
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	102
BIBLIOGRAFÍA.....	104

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Árbol de Problemas.....	14
Figura 2. Tamaño del mercado global de bebidas alcohólicas	16
Figura 3. Venta de Bebidas Alcohólicas	17
Figura 4. Venta de Bebidas Alcohólicas en Colombia.....	18
Figura 5. Venta de Bebidas Alcohólicas	18
Figura 6. Panorama competitivo en Colombia.....	19
Figura 7. Diferencia programación tradicional y aprendizaje automático.	25
Figura 8. Clasificación de modelos de aprendizaje automático.	25
Figura 9. Localización - Industria Licorera del Cauca	31
Figura 10. Organigrama	32
Figura 11. Acciones de la empresa de bebidas alcohólicas	36
Figura 12. Acciones de marca de bebidas alcohólicas	37
Figura 13. Nivel de impacto de los factores del autodiagnóstico	40
Figura 14. Elementos que conforman la cadena de valor	40
Figura 15. Mapa de procesos - ILC.....	41
Figura 16. Diagrama de familia de productos.....	50
Figura 17. Proceso de preparación del aguardiente.	51
Figura 18. Infraestructura de producción.....	53
Figura 19. Proceso de envasado de aguardiente.....	56
Figura 20. Value Stream Map.	60
Figura 21. Distribución causal de residuos por producto en el proceso de preparación....	61
Figura 22. Distribución causal de residuos en el proceso de envasado.....	61
Figura 23. Gráfica X-R Aguardiente Tradicional 375 cc.....	62
Figura 24. Gráfica X-R preparación Aguardiente Tradicional 750 cc.....	63
Figura 25. Gráfica X-R preparación Aguardiente Tradicional 1750 cc.....	63
Figura 26. Gráfica X-R preparación Aguardiente sin azúcar 375 cc.....	64
Figura 27. Gráfica X-R preparación Aguardiente sin azúcar 750 cc.....	64
Figura 28. Gráfica X-R preparación Aguardiente sin azúcar 1750 cc.....	65
Figura 29. Gráfico X-R envasado Aguardiente Tradicional 375 cc.....	65
Figura 30. Gráfico X-R envasado Aguardiente Tradicional 750 cc.....	66
Figura 31. Gráfico X-R envasado Aguardiente Tradicional 1750 cc.....	66
Figura 32. Gráfico X-R envasado Aguardiente sin Azúcar 375 cc.....	67
Figura 33. Gráfico X-R envasado Aguardiente sin Azúcar 750 cc.....	67
Figura 34. Gráfico X-R envasado Aguardiente sin Azúcar 1750 cc.....	68
Figura 35. Demanda histórica, Aguardiente Tradicional 375 cc.....	70
Figura 36. Histograma Aguardiente Tradicional 375 cc.	71
Figura 37. Diagrama de autocorrelación Aguardiente Tradicional 375 cc.....	72
Figura 38. Demanda histórica, Aguardiente Tradicional 750 cc.....	73
Figura 39. Histograma Aguardiente Tradicional 750 cc.	74
Figura 40. Diagrama de autocorrelación Aguardiente Tradicional 750 cc,	75
Figura 41. Diagrama de autocorrelación parcial Aguardiente Tradicional 750 cc.	75
Figura 42. Demanda histórica, Aguardiente Tradicional 1750 cc.	76
Figura 43. Histograma Aguardiente Tradicional 1750 cc.	77
Figura 44. Diagrama de autocorrelación Aguardiente Tradicional 1750 cc.....	78
Figura 45. Demanda histórica, Aguardiente Sin Azúcar 375 cc,.....	79

Figura 46. Histograma Aguardiente Sin Azúcar 375 cc.....	80
Figura 47. Diagrama de autocorrelación Aguardiente sin Azúcar 375 cc.	81
Figura 48. Demanda histórica, Aguardiente Sin Azúcar 750 cc.....	81
Figura 49. Histograma Aguardiente Sin Azúcar 750 cc.....	83
Figura 50. Diagrama de autocorrelación Aguardiente Sin Azúcar 750 cc.	83
Figura 51. Demanda histórica, Aguardiente sin azúcar 1750 cc.....	84
Figura 52. Histograma Aguardiente Sin Azúcar 1750 cc.	85
Figura 53. Diagrama de autocorrelación Aguardiente sin Azúcar 1750 cc.....	86
Figura 54. Proyección aguardiente tradicional 375 cc.....	89
Figura 55. Proyección aguardiente tradicional 750 cc.....	90
Figura 56. Proyección aguardiente tradicional 1750 cc.....	90
Figura 57. Importancia de variables, aguardiente tradicional 1750 cc.....	91
Figura 58. Ejemplo importancia de variables, aguardiente tradicional 1750 cc.....	91
Figura 59. Proyección aguardiente sin azúcar 375 cc.....	92
Figura 60. Proyección aguardiente sin azúcar 750 cc.....	92
Figura 61. Importancia de variables, aguardiente sin azúcar 750 cc.....	93
Figura 62. Ejemplo importancia de variables, aguardiente sin azúcar 750 cc.....	93
Figura 63. Proyección aguardiente sin azúcar 1750 cc.....	94
Figura 64. Inventarios Aguardiente Tradicional 375 cc.	96
Figura 65. Inventarios Aguardiente Tradicional 750 cc.	96
Figura 66. Inventarios Aguardiente Tradicional 1750 cc.	97
Figura 67. Inventarios Aguardiente sin azúcar 375 cc.	97
Figura 68. Inventarios Aguardiente sin azúcar 750 cc.	98
Figura 69. Inventarios Aguardiente Sin Azúcar 1750 cc.	98
Figura 70. Faltante de producción (%) Aguardiente Tradicional 375 cc.	99
Figura 71. Faltante de producción (%) Aguardiente Tradicional 750 cc.	99
Figura 72. Faltante de Producción (%) Aguardiente Tradicional 1750 cc.....	100
Figura 73. Faltante de Producción (%) Aguardiente sin azúcar 375 cc.....	100
Figura 74. Faltante de Producción (%) Aguardiente sin azúcar 750 cc.....	101
Figura 75. Faltante de Producción (%) Aguardiente sin azúcar 1750 cc.....	101

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Análisis del negocio - Criterios.....	34
Tabla 2. Factores Críticos de Competencia	35
Tabla 3. Autodiagnóstico Global del Entorno	38
Tabla 4. Autodiagnóstico de la cadena de valor de la Industria Licorera del Cauca	42
Tabla 5. Resultados del modelo de las 7S para la Industria Licorera del Cauca	44
Tabla 6. Stakeholders - Industria Licorera del Cauca	45
Tabla 7. Matriz de Porter.....	46
Tabla 8. Matriz DOFA - identificación Industria Licorera del Cauca	47
Tabla 9. Resultado de las estrategias según DOFA	48
Tabla 10. Inventarios por operación.....	57
Tabla 11. Tiempo de ciclo por operación.....	58
Tabla 12. Tiempo de cambio de formato por operación.....	59
Tabla 13. Takt time por operación.	59
Tabla 14. Detalle de demanda promedio del total de productos,.....	69
Tabla 15. Estadística descriptiva, Total productos,	69
Tabla 15. Estadística descriptiva, Aguardiente Tradicional 375 cc,.....	70
Tabla 15. Detalle de demanda promedio, Aguardiente Tradicional 375 cc,	71
Tabla 16. Estadística descriptiva, Aguardiente Tradicional 750 cc.....	73
Tabla 16. Detalle demanda promedio, Aguardiente Tradicional 750 cc.	74
Tabla 17. Estadística descriptiva, Aguardiente Tradicional 1750 cc.	76
Tabla 17. Detalle demanda promedio, Aguardiente Tradicional 1750 cc.	77
Tabla 18. Estadística descriptiva, Aguardiente sin Azúcar 375 cc.....	79
Tabla 18. Detalle demanda promedio, Aguardiente sin Azúcar 375 cc.	79
Tabla 19. Estadística descriptiva, Aguardiente Sin azúcar 750 cc.	82
Tabla 19. Detalle demanda promedio, Aguardiente Sin azúcar 750 cc.	82
Tabla 20. Estadística descriptiva, Aguardiente Sin Azúcar 1750 cc.	84
Tabla 20. Detalle demanda promedio, Aguardiente Sin Azúcar 1750 cc.	85
Tabla 21. Resultado de entrenamiento de modelos	89

RESUMEN

El análisis de la planeación de la demanda es un proceso crítico para las organizaciones, debido a su alta complejidad y cuyo propósito es distribuir de manera óptima los recursos a lo largo de la cadena de suministro. Durante muchos años se han desarrollado y evolucionado diferentes métodos que permiten a las organizaciones lograr optimizar sus procesos, sin embargo, algunos no responden totalmente a los requerimientos dadas las particularidades de las organizaciones, además, de los constantes cambios a nivel tecnológico, hace necesario que las organizaciones adapten rápidamente sus procesos para responder a dichos cambios y generar ventajas competitivas frente a sus competidores. Dicho lo anterior, la Industria Licorera del Cauca ha buscado generar iniciativas que permitan la optimización de sus recursos, el crecimiento y la expansión a nuevos mercados, es por ello, que el equipo de producción realizó un análisis de la definición del negocio de la Industria Licorera del Cauca, en donde se determinó la necesidad de realizar una óptima gestión de la cadena de suministro, enfocándose en la planeación efectiva de la demanda, impactando significativamente en los procesos de la cadena. Este proyecto, inició con la caracterización de los procesos de preparación y envasado de aguardiente a través del diseño del VSM (Value Stream Map) y un análisis causal el impacto de los cuellos de botella en el proceso de producción, adicionalmente, se realizó un análisis de la capacidad para cada uno de los procesos para analizar su estabilidad con relación a los requisitos y características de las actividad y producto, así mismo, la generación de valor para el cliente; se efectuó un análisis exploratorio de la información de la demanda para cada una de las presentaciones de aguardiente tradicional y sin azúcar, lo que permitió establecer los métodos para el preprocesamiento de la información y selección de variables para la predicción, se seleccionaron 11 modelos tradicionales, econométricos y machine learning en donde se determinó que la aplicación de modelos basados en la familia del ARIMA, árboles decisión y redes neuronales, estos se adaptan a los patrones de demanda de cada uno de los productos de la Industria Licorera del Cauca.

Palabras clave: Aprendizaje automático, optimización, mapa de flujo de valor, pronóstico de series de tiempo, planeación de la demanda, producción, análisis de capacidad.

ABSTRACT

Demand planning analysis is a critical process for organizations, due to its high complexity and whose purpose is to optimally distribute resources throughout the supply chain. For many years, different methods have been developed and evolved that allow organizations to optimize their processes, however, some do not fully respond to the requirements given the particularities of the organizations, in addition, the constant changes at the technological level, make it necessary for organizations quickly adapt their processes to respond to these changes and generate competitive advantages over their competitors. Having said the above, the Industria Licorera del Cauca has sought to generate opportunities that allow the optimization of its resources, growth and expansion to new markets, which is why the production team carried out an analysis of the definition of the Industria Licorera del Cauca, where the need to carry out an optimal management of the supply chain will continue, focusing on the effective planning of demand, significantly impacting the processes of the chain. This project began with the characterization of the processes of preparation and bottling of aguardiente through the design of the VSM (Value Stream Map) and a causal analysis of the impact of bottlenecks in the production process, additionally, an analysis of the capacity for each one of the processes to analyze its stability in relation to the requirements and characteristics of the activity and product, likewise, the generation of value for the client; An exploratory analysis of the demand information was carried out for each of the presentations of traditional spirits and without, which allowed establishing the methods for the pre-processing of the information and selection of variables for the prediction, 11 traditional, econometric models were selected and machine learning to compare them and choose the one that best suits the demand patterns of each of the products, finally the demand prediction for the products was made according to the selected method.

Keywords: Machine learning, optimization, value stream mapping, time series forecasting, demand planning, production, capacity analysis.

INTRODUCCIÓN

La planeación y control de la producción se enfoca en la gestión eficiente de todos los recursos necesarios para la fabricación de productos enfocados en la satisfacción y cumplimiento de los requerimientos del cliente (Jacobs , Berry, Whybark, & Vollmann, 2018). Por lo tanto, para las organizaciones, el área de producción es muy importante y estratégica, ya que es responsable de garantizar el cumplimiento de la programación de la producción optimizando los recursos y manteniendo una adecuada interacción con otras áreas claves para lograr un sistema exitoso (Kiran, 2019).

El principal reto al que se enfrentan las organizaciones consiste en diseñar estrategias que permitan disminuir la variabilidad e incertidumbre en la demanda y la toma de decisiones, además, incrementar su productividad, competitividad y participación en el mercado, adoptando una postura dada hacia la necesidad del momento, dejando de lado oportunidades que potencien el crecimiento organizacional a través de modelos más estratégicos, competitivos y tecnológicos (Torres Corona, Rodríguez Morachis, Alvarado Tarango , Terrazas Mata, & Zorrilla Briones, 2021).

Para (Kiran, 2019) el desarrollo de un sistema de planeación y control de la producción eficaz es clave para el éxito de las organizaciones a través de cadenas de suministro más coordinadas. Sin embargo, es importante tener en cuenta que estos sistemas deben adaptarse rápidamente a los cambios del entorno, la estrategia organizacional, requisitos del cliente, despilfarros del proceso y las nuevas oportunidades a través de un ambiente colaborativo y dinámico que permita un análisis más completo para establecer un método más exacto.

Este proyecto permite definir un modelo de planificación desde una perspectiva estratégica y dinámica para el proceso de producción de la Industria Licorera del Cauca, organización dedicada a producir y comercializar diversos licores que generan recursos para la salud, educación, cultura y bienestar del departamento del Cauca.

En la Sección 1 se presenta la problemática que se aborda en el presente proyecto la cual se define como un **problema de pronóstico de la demanda** en donde se desea generar un modelo que permita proyectar las ventas esperadas de los productos más relevantes para la Industria Licorera del Cauca con la finalidad de planear los distintos procesos de compras y logística que permitan dar cumplimiento a los requisitos de demanda esperados. En la Sección 2 se presentan los objetivos del proyecto, en la Sección 3 se establece el alcance del proyecto y en la Sección 4 se explica la relevancia de este proyecto en la justificación; en la Sección 5 se describen los conceptos teóricos generales que se aplicaron en el proyecto.

En la Sección 5 se muestra que los problemas de pronóstico de la demanda se abordan como un problema de pronóstico de series de tiempo el cual ha sido ampliamente abordado en el marco nacional e internacional. No obstante, las aplicaciones y desarrollos generados no han sido implementados de manera exhaustiva en el sector nacional de la licorería. En el presente trabajo se hacen aportes de cómo se puede realizar el pronóstico de la demanda utilizando técnicas de aprendizaje automático en el sector de la licorería de Colombia, específicamente en el Cauca.

En la Sección 7, se explica el desarrollo del proyecto, iniciando con la caracterización del proceso a través del VSM (Value Stream Map), un análisis causal, seguido por un análisis

de capacidad del proceso para determinar la estabilidad de los procesos de preparación y envasado de aguardiente; luego se realizó un análisis exploratorio de la información y las características de los procesos, se seleccionaron los modelos tradicionales, econométricos y de aprendizaje automático para el pronóstico de la demanda de los productos de mayor relevancia de la Industria Licorera del Cauca. De esta manera, se encontró que aplicando modelos basados en la familia del ARIMA, árboles de decisión y redes neuronales, se obtiene un nivel de pronóstico con mejor desempeño que los modelos tradicionales (suavización exponencial, regresión lineal, etc.).

1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En Colombia, el sector de las bebidas alcohólicas se encuentra en un momento importante de transformación debido al levantamiento próximo de las restricciones en el mercado existentes actualmente por la regulación colombiana a través de la Ley 1816 de 2016 (Congreso de la República de Colombia, 2016), siendo una oportunidad importante para que las industrias pertenecientes a este sector, puedan incursionar en nuevos mercados a nivel nacional e internacional, por lo tanto, es necesario adaptar sus estrategias para que respondan de forma adecuada a los cambios y nuevos competidores.

La industria Licorera del Cauca produce y comercializa licores con los más altos estándares de calidad, que lo ha hecho merecedor de distintos reconocimientos a nivel internacional, tales como Monde Selection, ITQ o el San Francisco World Spirits posicionándose como una de las industrias más importantes de Colombia en el sector de las bebidas alcohólicas. Dentro de su portafolio de productos se encuentran los de alta rotación: Aguardiente Caucaño Sin Azúcar y Tradicional en referencias 375 ml, 750 ml, 1000 ml y 1750 ml con un contenido alcoholímetro de 29% volumen alcohol al 20°C y los de baja rotación: Ron Gorgona en referencias 375 ml y 750 ml con un contenido alcoholímetro de 35% volumen alcohol a 20°C; Escarchados en referencia de 375 ml con un contenido alcoholímetro de 29% volumen alcohol a 20°C y Ginebra – Gin Vicker's en referencia de 375 ml con un contenido alcoholímetro de 29% de volumen alcohol a 20°C.

La Licorera enfoca sus esfuerzos para lograr la eficiencia operativa, reduciendo los desperdicios que se están generando en la cadena productiva, sin embargo, los problemas como la sobreproducción, falta de interoperabilidad en las áreas, poco aprovechamiento de la gestión y análisis de la información, imprecisiones en la estimación de la demanda, etc. Lo anterior ha permitido establecer que la Industria Licorera del Cauca no cuenta con metodologías y estrategias que contribuyan a la generar valor agregado en la cadena de suministro. Para ello se firman alianzas estratégicas para trabajar en la identificación de los problemas, con universidades (trabajos de grado y prácticas profesionales) y con empresas como INNpulsa y EY, en un convenio del cual se obtuvo el siguiente trabajo:

- Diagnóstico de principales retos, dificultades y oportunidades a los que se enfrenta la Industria Licorera del Cauca desde una perspectiva digital, abarcando tres dimensiones (Estratégica y Organización, Tecnologías Habilitantes, y Manufactura Avanzada e Inteligente), mediante el uso de una metodología mixta (cuantitativa y cualitativa) y cuyo objetivo fue establecer el nivel de madurez digital actual a través de la aplicación de herramientas para análisis y recolección de información.

Con la realización de este diagnóstico se evidenció que la Industria Licorera del Cauca se ha visto limitada por la regulación actual que restringe el mercado, esto ha generado pocas estrategias que permitan generar ventajas competitivas frente al sector para el momento en que se permita incursionar a otros mercados y aunque esto no afecta actualmente la sostenibilidad de la empresa, en un futuro cercano puede generar un comportamiento adverso.

Por otra parte, la falta de información relacionada con calidad, eficiencia y precisión puede representar un gran riesgo, ya que es necesario entender la articulación y aprovechamiento de la capacidad de producción frente al mercado y su impacto en la dinámica de la planeación, con el propósito de optimizar y responder de forma efectiva y asertiva a los cambios del entorno. Adicionalmente, la poca articulación entre los diferentes sistemas de

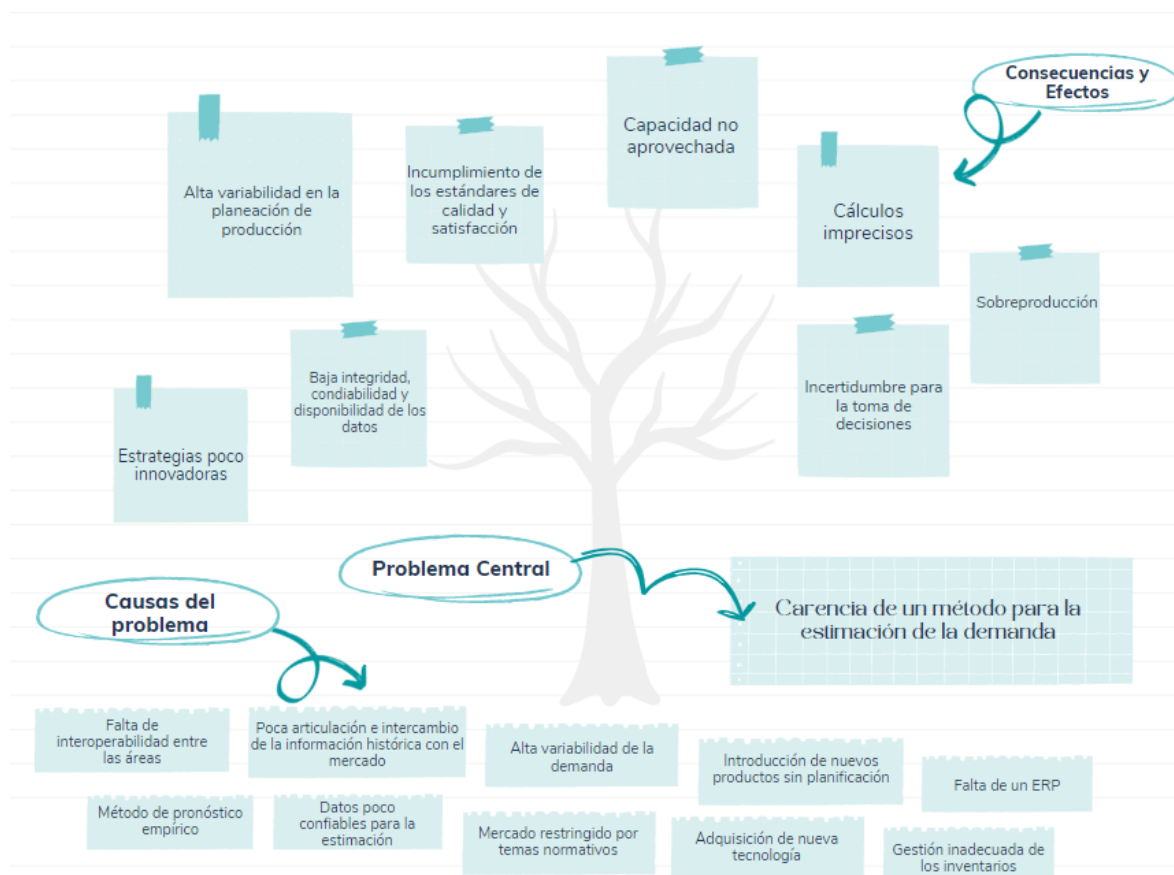
información que realizan la captura de datos y su poco aprovechamiento en el procesamiento y análisis genera que la toma de decisiones no se realice basándose en la información de la organización

Así, el diagnóstico anteriormente mencionado concluyó lo siguiente:

- La falta de preparación para enfrentarse a mercados más maduros implica una doble amenaza: Clientes con los que la organización no está familiarizada y nuevos competidores directos e indirectos.
- La digitalización realizada de manera reactiva y desarticulada tiene como consecuencia necesaria la instalación de capacidades no aprovechadas.
- Procesos de innovación inexistentes, generando un riesgo ante mercados no explotados ya que es necesario tener las herramientas disponibles para enfrentarse los cambios del entorno.
- La manufactura ha sido aislada de los procesos administrativos y de comercialización, generando que las iniciativas de cambio se construyan sin articulación entre las áreas que conlleva a problemas de construcción de portafolios cohesivos debido a los problemas de información poco integrada.
- Los colaboradores de las áreas operativas se muestran resistentes al cambio debido a que no se comunica de manera asertiva los beneficios que conllevarían las modificaciones en los procesos, imponiendo barreras en la captación de valor.
- La maquinaria e infraestructura no es aprovechada correctamente debido a que se desconoce las condiciones de los equipos por falta de un plan de mantenimiento preventivo.
- La eficiencia en las actividades de manufactura es deficiente en comparación con la competencia dado que el análisis de mercado muestra menores tiempos de producción y de costes asociados.

Teniendo como base el estudio realizado, en conjunto con los líderes del área de producción en diferentes sesiones de trabajo, se analizan los resultados y se determina que actualmente uno de los puntos más críticos para el área está relacionado con la planeación de la producción. Para abordar de una forma más técnica y objetiva, se realiza un árbol de problemas como herramienta para analizar y definir más claramente el problema que más impacta en el proceso.

Figura 1. Árbol de Problemas



Fuente: Elaboración propia.

Una vez planteado el árbol de problemas, se puede concluir que el punto más crítico para el área de producción es la estimación de la demanda, debido a la falta de una metodología de estimación clara, dado que se ha realizado de forma empírica durante años aprovechando la experiencia del jefe de producción, sin embargo, estos últimos años ha sido muy complicado por la variabilidad de la producción, la adopción de nueva tecnología, los datos poco confiables y de un método que permita el máximo aprovechamiento de los recursos.

De acuerdo con lo anterior, se plantea la siguiente pregunta de investigación:

¿La aplicación de Machine Learning permitirá diseñar un modelo de planeación agregada eficiente y eficaz para el proceso de producción en la Industria Licorera del Cauca?

2. OBJETIVOS DEL PROYECTO

2.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar un modelo para la planeación agregada de la producción para la Industria Licorera del Cauca, utilizando modelos de Machine-Learning para la determinación de pronósticos de demanda y modelos de optimización para la determinación del plan de producción semanal de producto terminado.

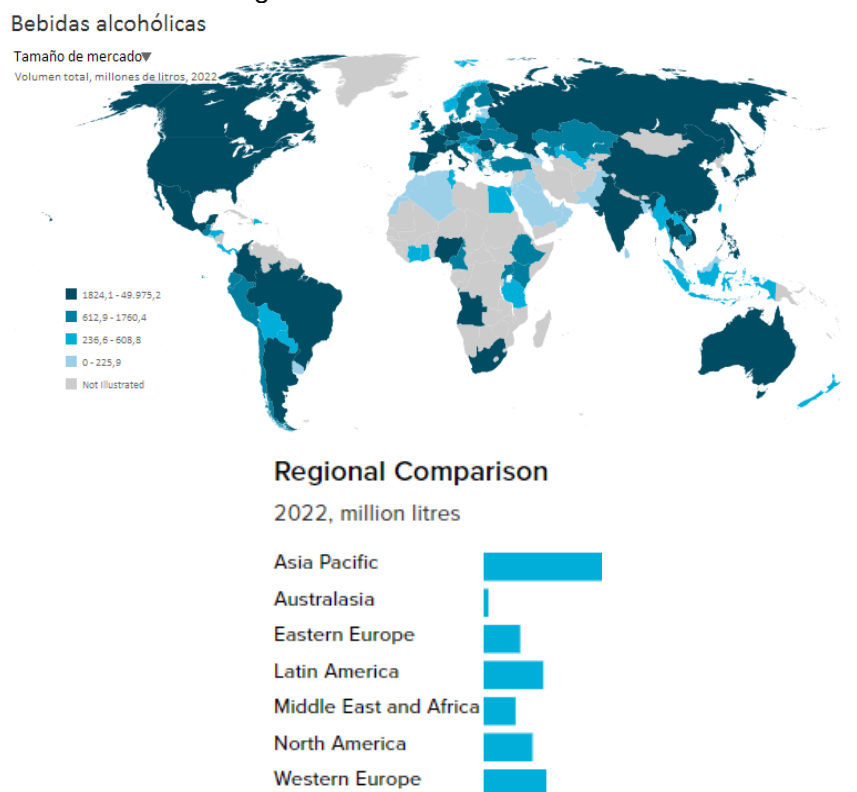
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar el sistema de producción de la Industria Licorera del Cauca, desde la recepción de materias primas en planta hasta la finalización del producto terminado en el área de empaque usando la técnica Value Stream Map (VSM).
- Realizar el análisis de la capacidad del proceso de producción de la Industria Licorera del Cauca, identificando el recurso cuello de botella del sistema y el valor agregado de las operaciones.
- Definir el modelo de pronóstico para la demanda en la Industria Licorera del Cauca a partir de la comparación y desempeño de los modelos tradicionales, econométricos y machine Learning seleccionados.
- Diseñar un modelo de planeación agregada para los productos de alta rotación de la Industria Licorera del Cauca utilizando modelos de optimización.

3. JUSTIFICACIÓN

Las bebidas alcohólicas han sido parte de la historia de la humanidad durante miles de años y que han surgido a partir de la curiosidad del ser humano a partir de la necesidad por descubrir distintos tipos de bebidas por medio de ensayos y con diferentes materias primas, tales como, la cebada, la uva, la caña, el maguey, el anís, entre otros. En la antigüedad estos productos fueron considerados como “divinos” debido a los efectos generalizados en el comportamiento de las personas, es por ello, que fueron incluidos en muchos rituales y ceremonias religiosas hasta la actualidad, sin embargo, es muy importante resaltar que las consecuencias derivadas del consumo de bebidas alcohólicas muestra un lado oscuro en quienes consumen excesiva e irresponsablemente estos productos, generando un impacto negativo en la salud, la familia y la sociedad en general (Muñoz de Cote Orozco, 2010). El consumo de alcohol ha predominado en personas entre los 20 y 30 años en los hombres y de 31 a 40 años en las mujeres (Ferrat Clark, y otros, 2019). En la Figura 2, se relaciona el volumen de ventas de bebidas alcohólicas a nivel global:

Figura 2. Tamaño del mercado global de bebidas alcohólicas



Fuente: Euromonitor (2022).

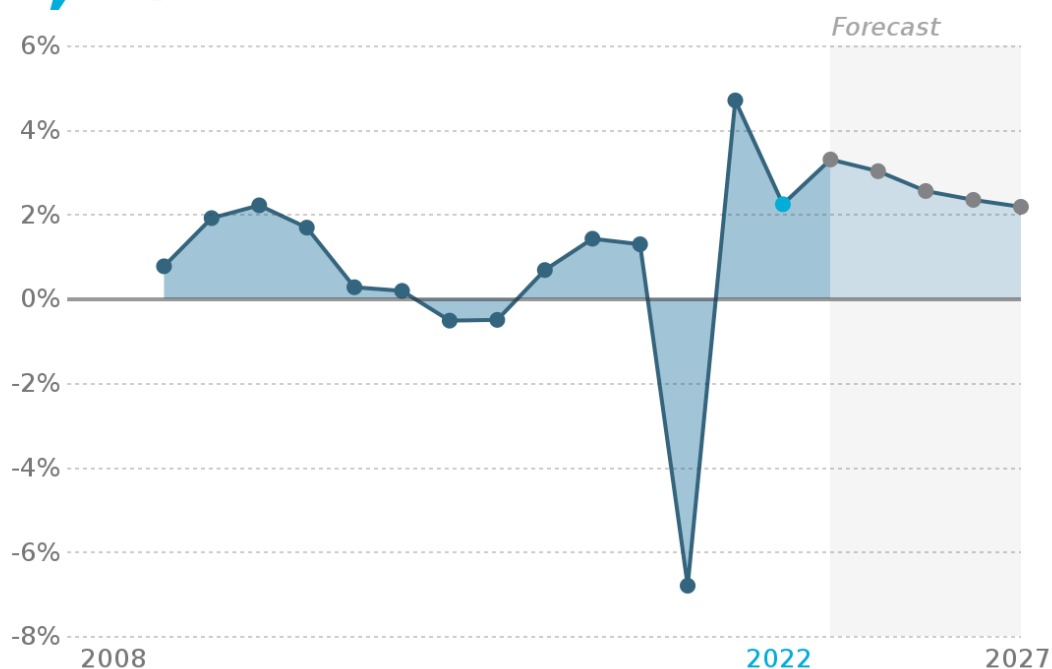
Se puede observar en la Figura 2 que Asia Pacífico, Europa Oriental y América Latina, son mercados potenciales y en crecimiento por el alto índice de consumo por parte de las personas, dada su preferencia por este tipo de productos, a continuación, se puede evidenciar el crecimiento de esta industria a nivel global:

Figura 3. Venta de Bebidas Alcohólicas

Sales Performance of Alcoholic Drinks in World

% de crecimiento interanual del volumen total 2008-2027

2,2%

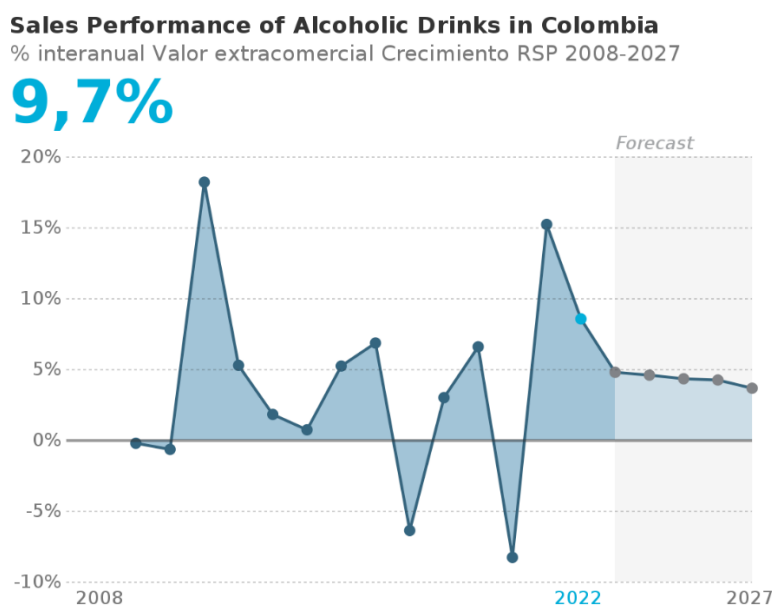


Fuente: Euromonitor (2022).

En la Figura 3, se puede apreciar el desempeño variable de las ventas de las bebidas alcohólicas a través de los años, se observa que para el año 2020 la situación fue muy crítica para esta industria con un decrecimiento del -6.8%, esto debido al gran impacto negativo ocasionado la pandemia del SARS-CoV-2 o COVID – 19 dado por el poco consumo y las medidas adoptadas por cada país para la prevención y propagación de la enfermedad, afectando a la industria y economía en general. Pero, por otra parte, se evidencia que para el año 2022 las ventas descendieron un 2.2%, esto marcado por la transformación y la generación de nuevas estrategias que permitieron adaptarse a los cambios y al comportamiento económico global. Si bien el panorama es positivo, se proyecta que para los años futuros esta industria pueda tener una tendencia a la baja con respecto al año 2021 pero de crecimiento con respecto a los otros años anteriores, lo que permite establecer que esta industria tiene un gran potencial para el desarrollo económico mundial.

En Colombia, el panorama de la industria de bebidas alcohólicas no fue ajeno al comportamiento global, dado que también presentó una tendencia a la baja en el año 2022 con un porcentaje del 9.7% como se muestra a continuación:

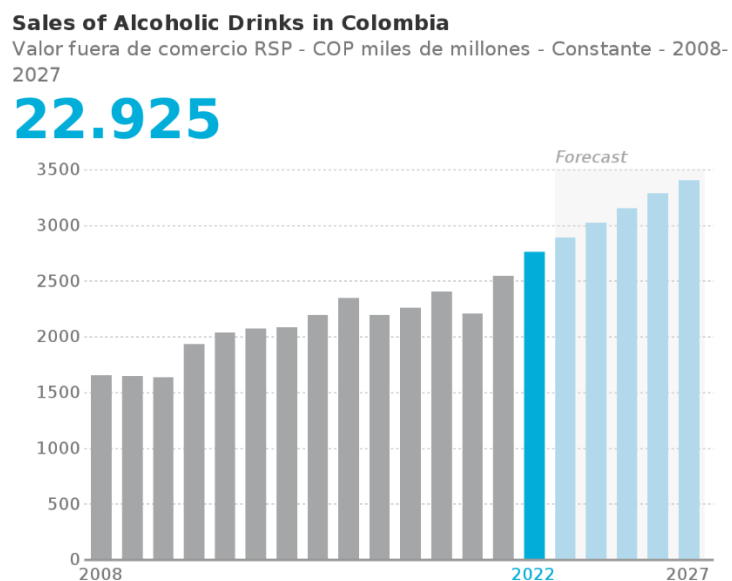
Figura 4. Venta de Bebidas Alcohólicas en Colombia



Fuente: Euromonitor (2022).

El crecimiento de las bebidas alcohólicas en Colombia se vio impulsado debido a la disminución de las restricciones de salud pública establecidas para disminuir el contagio por COVID – 19, esto permitió que los consumidores pudieran visitar bares, restaurantes y demás establecimientos de venta de este tipo de bebidas, sin embargo la industria debe generar estrategias que permitan contrarrestar otros factores que pueden impactar negativamente a la industria tales como altos impuestos, la desaceleración económica y la normatividad expedida por el gobierno que regula el consumo y venta.

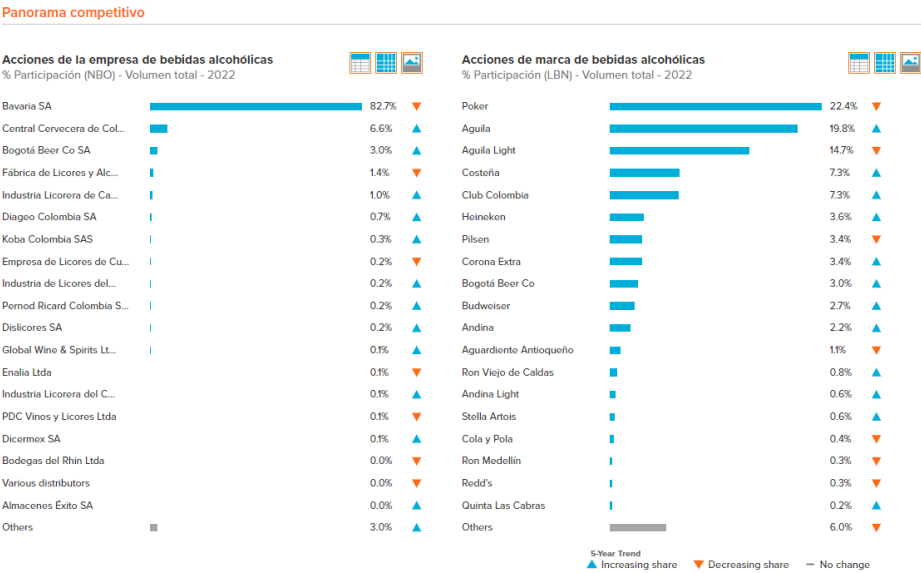
Figura 5. Venta de Bebidas Alcohólicas



Fuente: Euromonitor (2022).

Como se puede observar en la Figura 5, en el año 2021 se ha podido observar el mayor incremento de ventas de bebidas alcohólicas en el país con un valor de 2587.6 millones de litros, impulsado especialmente por la cerveza, dadas las preferencias de los consumidores y la gran variedad de marcas (cervezas importadas y artesanales) en el país como se muestra en las Figuras 6. Por otra parte, y debido a las distintas medidas impuestas por el gobierno nacional (prestaciones) que pretenden eliminar los monopolios departamentales y permitir la libre comercialización de los licores (Congreso de la República de Colombia, 2016).

Figura 6. Panorama competitivo en Colombia



Fuente: Euromonitor (2022).

El panorama de las bebidas alcohólicas en Colombia es muy favorable para los próximos años, a pesar de las amenazas que puedan llegar a presentarse a nivel económico, normativo y el desarrollo de nuevos productivos tipo premium dado que los colombianos han adquirido nuevos hábitos y gustos por las bebidas de bajo grado alcohólico y que puedan ser consumidas en casa por lo que la industria deberá tomar medidas y optar por estrategias innovadoras, se espera que los productos más beneficiados pueden ser la cerveza y el vino dada la tendencia de consumo por parte de los colombianos.

Para la Industria Licorera del Cauca para el año 2022, de acuerdo con la Figura 6 se encuentra en el puesto 14 del top 21 de las empresas más representativas del sector de bebidas alcohólicas y en puesto 5 con relación a otras Industrias Licoreras como Industria Licorera de Caldas, Fabrica de Licores y Alcoholes de Antioquia, Industria de Licores del Valle, Empresa de Licores de Cundinamarca SA sus principales competidores, es por ello que la Industria Licorera del Cauca busca fortalecer sus procesos operacionales y estratégicos para la generación de nuevas ventajas competitivas frente a la apertura de nuevos mercados.

Una vez se realizado el panorama global y nacional de la Industria Licorera del Cauca, los procesos inician la búsqueda de iniciativas que permitan responder al entorno competitivo, para el caso de esta investigación, el proceso de producción evaluó los diferentes puntos críticos presentes mediante la aplicación de algunas metodologías que permitieron priorizar

según su impacto y riesgos para el proceso, dicho esto, esta investigación surge a partir de esta priorización de puntos críticos a intervenir, dada la necesidad de encontrar la metodología adecuada para la determinación de la demanda, ya que actualmente no existe dicha metodología y todo se realiza a juicio de experto, a pesar que la experiencia a permitido cumplir con los planes de producción, es necesario minimizar la incertidumbre y aprovechar al máximo los recursos, así mismo complementar otros proyectos en curso, como la integración de los sistemas de información, aprovechamiento de la infraestructura IoT, ampliación de la capacidad de producción con la adquisición de la nueva línea de envasado, entre otros.

4. MARCO TEÓRICO

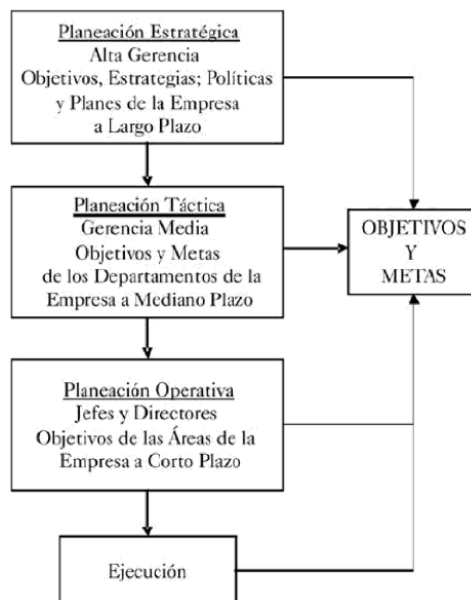
4.1 PLANEACIÓN Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN

Las organizaciones enfrentan distintos desafíos, (Kiran, 2019) menciona alguno de los más comunes: fluctuación de la demanda, ciclos de vida cortos y la tecnología. En entornos de alta competitividad, las organizaciones deben establecer estrategias que permitan generar ventajas competitivas que permitan su posicionamiento mejorando los productos y procesos, además de una ejecución de las operaciones bien dirigidas. Por otra parte (Jacobs , Berry, Whybark, & Vollmann, 2018) afirma que la tarea esencial de la planificación y control de la producción es gestionar eficientemente el flujo del material, los recursos del personal, equipos, cumplir los requerimientos del cliente por medio del uso adecuado de las instalaciones, buen relacionamiento con los proveedores, entre otros. Adicionalmente, es importante mencionar que, actualmente, la gestión de la información se ha convertido en un aspecto importante para la toma de decisiones frente al control y seguimiento de los procesos. Adicionalmente, para (Castro Zuluaga, 2020) los procesos de planeación se deben realizar basados en los principios de eficacia, eficiencia, racionalidad y trascendencia, es decir cumplir los objetivos y metas de la organización con el mayor impacto, al menor costo posible, con ventajas competitivas sostenibles y perdurables e incorporando diferentes tecnologías para la integración y productividad de los procesos.

4.1.1 Modelo de planificación empresarial

El modelo de planeación empresarial según (Castro Zuluaga, 2020) se define como un proceso anticipado para destinar recursos (dinero, máquinas, personas y tiempo) para el cumplimiento de los objetivos organizacionales. Este modelo se compone por tres categorías: Planeación Estratégica (largo plazo), Planeación Táctica (mediano plazo) y Planeación Operativa (corto plazo).

Figura 7. Modelo de planeación empresarial

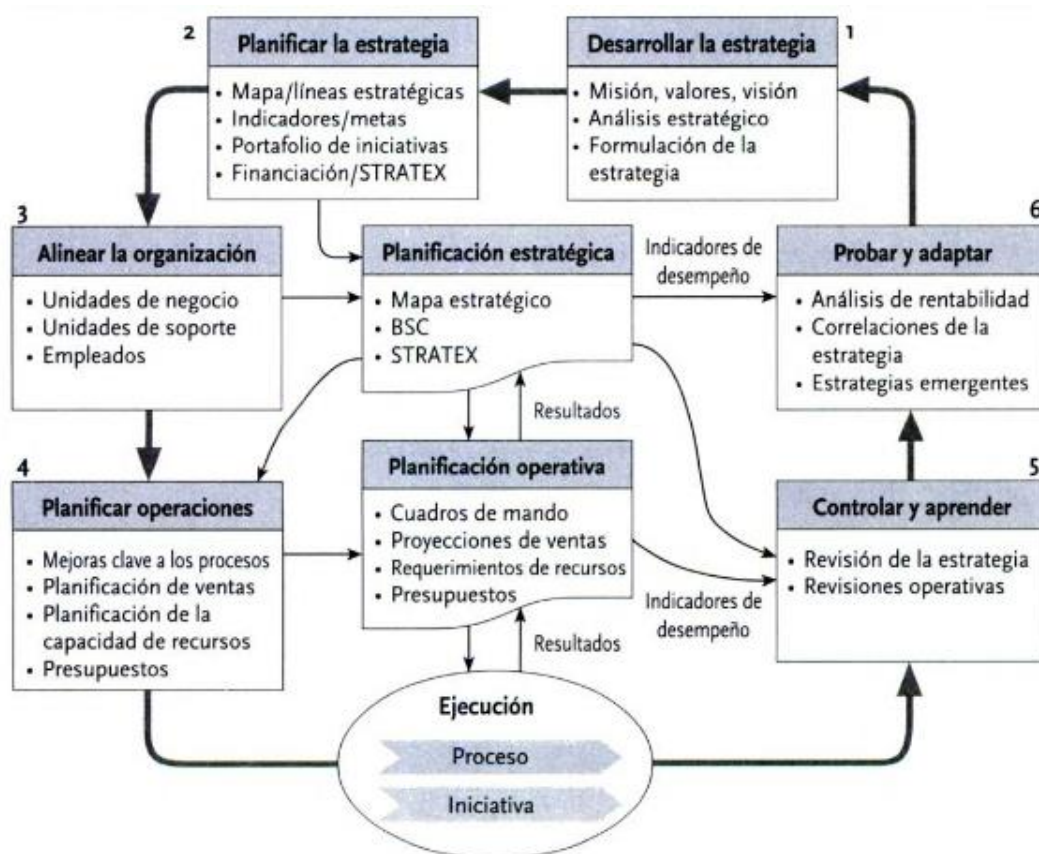


Fuente: (Castro Zuluaga, 2020)

En la planeación estratégica se definen los objetivos y metas empresariales para la organización, estableciendo las directrices que deben cumplirse en un horizonte a largo plazo, en esta etapa las decisiones son tomadas por la alta gerencia y afectan a toda la organización. La planeación de los recursos a mediano plazo por parte de las distintas áreas de la organización se realiza en la planeación táctica y finalmente en la planeación operativa se establecen de manera detallada las diferentes actividades que deben ejecutarse en las áreas a corto plazo, en esta etapa los responsables son los jefes de departamento o proceso, quienes a partir del análisis de información concreta toman decisiones sobre los procesos.

Para (Kaplan & Norton, 2008) es importante que el modelo estratégico empresarial en donde se integre la estrategia organizacional con la operativa, dado que, para muchas organizaciones, estos procesos de planificación son poco efectivos, por tanto, desarrollaron un sistema de gestión amplio e integrado que va desde la formulación de la estrategia hasta la ejecución operativa, representado de la siguiente manera:

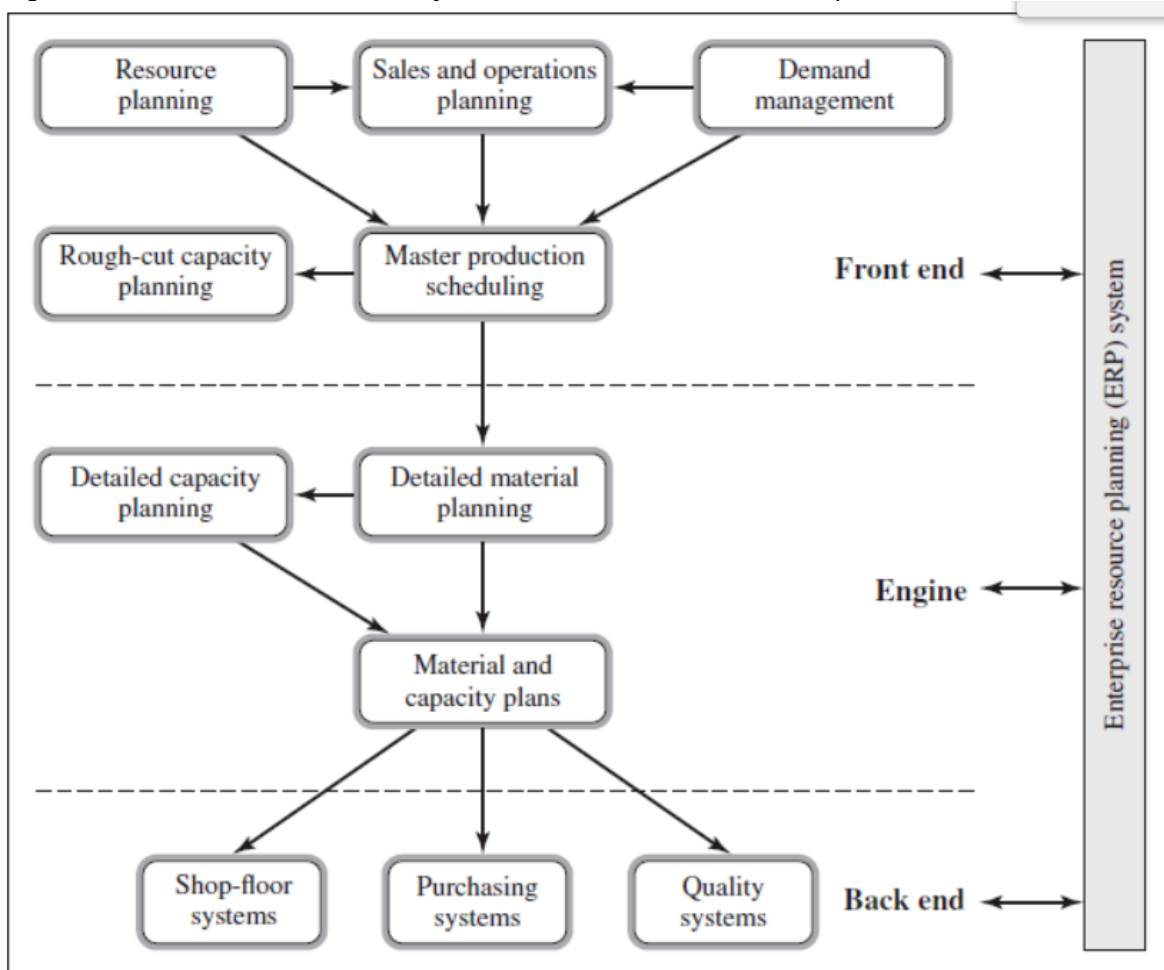
Figura 8. Sistema de gestión: Integrando la estrategia y las operaciones



Fuente: (Kaplan & Norton, 2008)

Lo anterior, permite comprender que la planeación y control de la producción debe estar articulada al cumplimiento de los requisitos estratégicos, al ser un eje principal en cuanto a la coordinación del conocimiento, el uso de la tecnología, la generación de ventajas competitivas, entre otros aspectos importante para una operación efectiva. El modelo de planeación y control de la producción puede representarse de la siguiente manera:

Figura 9. Sistema de Planeación y Control de la Producción Simplificado



Fuente: (Jacobs , Berry, Whybark, & Vollmann, 2018)

El modelo actual de planeación y control de la producción integra los procesos, los recursos y la demanda, mediante el uso de herramientas tecnológicas y métodos cuantitativos, con el propósito de optimizar el uso de los recursos, minimizar los costos, mejorar la calidad y satisfacer las necesidades de los clientes. El modelo actual se compone de cuatro etapas: planificación estratégica, planificación agregada, programación maestra y control de la ejecución. En la Figura 9, se muestra un modelo de planeación y control de la producción, cuyo elemento transversal es un ERP (Enterprise resource planning system), este sistema se compone de tres secciones: front-end (planificación de recursos, planificación de ventas y operaciones, gestión de la demanda, planificación aproximada de la capacidad y programación maestra de la producción), engine (planificación de la capacidad, materiales, los cuales permiten realizar los diferentes planes para la capacidad y de los materiales) y back-end (sistemas de planta, sistemas de compra y sistemas de calidad.).

4.2 PLANEACIÓN AGREGADA DE LA PRODUCCIÓN

La planeación agregada permite determinar la cantidad y el momento para poner en marcha la producción y así satisfacer la demanda de los clientes. La planeación agregada se realiza desde un alto nivel de agregación, en donde, se consideran los distintos grupos de productos o servicios, y se proyectan a un horizonte de tiempo medio o largo plazo. El

propósito de la planeación agregada es nivelar la capacidad y la demanda, enfocándose en la minimización de los costos de producción, pero dando cumplimiento a los requerimientos y un nivel de servicio óptimo; también, implica tomar decisiones sobre aspectos como el tamaño del lote, los niveles de inventario, los recursos humanos, programación de turnos, los tipos de contratación, la promoción o el precio de los productos o servicios (Iravani, 2021). Dada la importancia que representa para una organización la planeación agregada, se busca constantemente incorporar distintas herramientas que permitan lograr un plan óptimo, sin embargo, dentro de esas herramientas, los modelos de programación matemática son los más eficaces, ya que abordan una amplia gama de decisiones óptimas.

4.3 MODELOS MATEMÁTICOS

Para (Alzate Montoya, 2022) Los modelos matemáticos son una representación indefinida de un fenómeno real que se expresa mediante lenguaje matemático. Los modelos matemáticos se componen de variables, parámetros, ecuaciones, funciones y otros elementos que describen las relaciones entre las magnitudes involucradas en el fenómeno que permiten simplificarlos para poder analizarlos, comprenderlos, predecirlos o controlarlos. Los modelos matemáticos pueden clasificarse en determinísticos, estocásticos o híbridos.

4.3.1 Modelo matemático determinístico

Un modelo matemático determinístico describe el comportamiento de un sistema o fenómeno mediante ecuaciones que no contienen términos aleatorios. Esto significa que, dado un conjunto de condiciones iniciales y parámetros, el modelo produce una única solución o predicción. Los modelos matemáticos determinísticos se basan en el supuesto de que el sistema o fenómeno es completamente conocido y predecible, y que no hay incertidumbre ni variabilidad en los datos o en los procesos involucrados (Taha, 2017).

4.3.2 Modelo matemático estocástico

Un modelo matemático estocástico incorpora distintos elementos de azar o incertidumbre para representar el comportamiento de un fenómeno o sistema complejo. Se basan en variables aleatorias que pueden seguir diferentes distribuciones de probabilidad, como la normal, la binomial, la poisson, la exponencial, etc. Estas variables aleatorias pueden representar factores internos o externos que afectan al sistema, como el ruido, las perturbaciones, los errores de medición, las fluctuaciones del mercado, etc.

Se pueden clasificar en dos tipos principales: los modelos discretos y los modelos continuos. Los modelos discretos son aquellos que consideran que el tiempo y el espacio son divisibles en unidades finitas y que las variables aleatorias solo pueden tomar valores discretos. Los modelos continuos son aquellos que consideran que el tiempo y el espacio son continuos y que las variables aleatorias pueden tomar valores continuos. diferencial estocástica (Taha, 2017)

4.3.2 Modelo matemático híbrido

Un modelo matemático híbrido es un tipo de modelo que combina elementos de diferentes clases de modelos, como los modelos deterministas, estocásticos, discretos o continuos. Los modelos híbridos se utilizan para representar fenómenos complejos que no pueden ser capturados por una sola clase de modelo (Alzate Montoya, 2022).

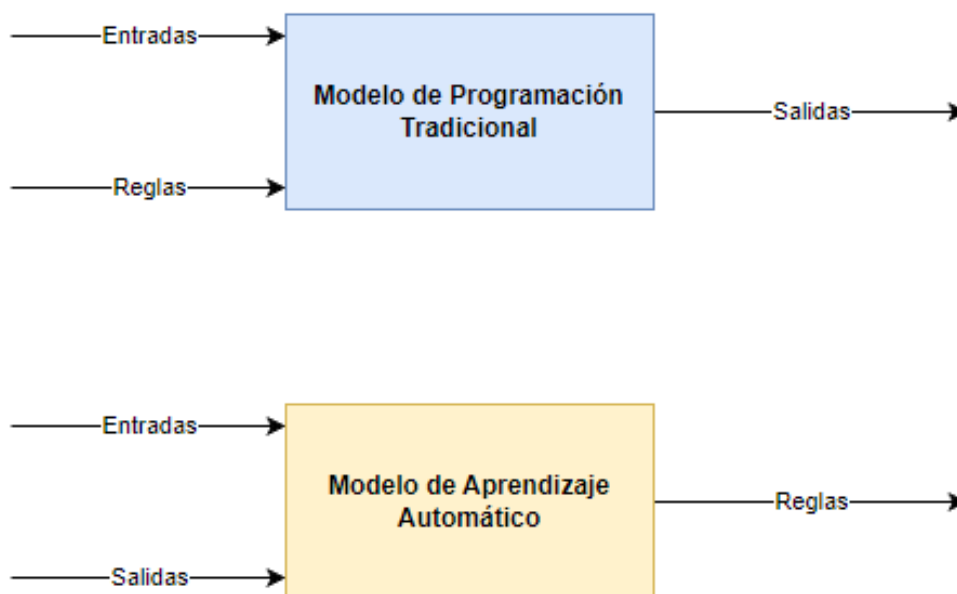
4.3 INTELIGENCIA ARTIFICIAL

De acuerdo con (Rouhiainen, 2020), es la habilidad que se puede implementar en los ordenadores para hacer actividades que normalmente requieren de la inteligencia humana. Esta se identifica como la capacidad de los equipos computacionales para utilizar algoritmos en diferentes actividades como la toma de decisiones, la extracción y procesamiento de grandes cantidades de información.

El aprendizaje automático es una subcategoría de la inteligencia artificial la cual se define como el área del conocimiento que estudia cómo las máquinas, mediante un proceso lógico, puede inferir cómo resolver una tarea a partir del conocimiento adquirido a través de una información que es entregada previamente, así, las decisiones que realiza la máquina son basadas en la información que se le entregó (Auffarth, 2021).

A diferencia de la programación explícita, a los modelos de aprendizaje automático no se le definen las reglas que debe seguir, en lugar de ello, estos infieren dichas reglas a partir de los patrones que se extraen de la información que se les proporciona. En la Figura 7 se ilustra cómo funcionan los modelos de aprendizaje automático y su diferencia con los modelos de programación tradicional.

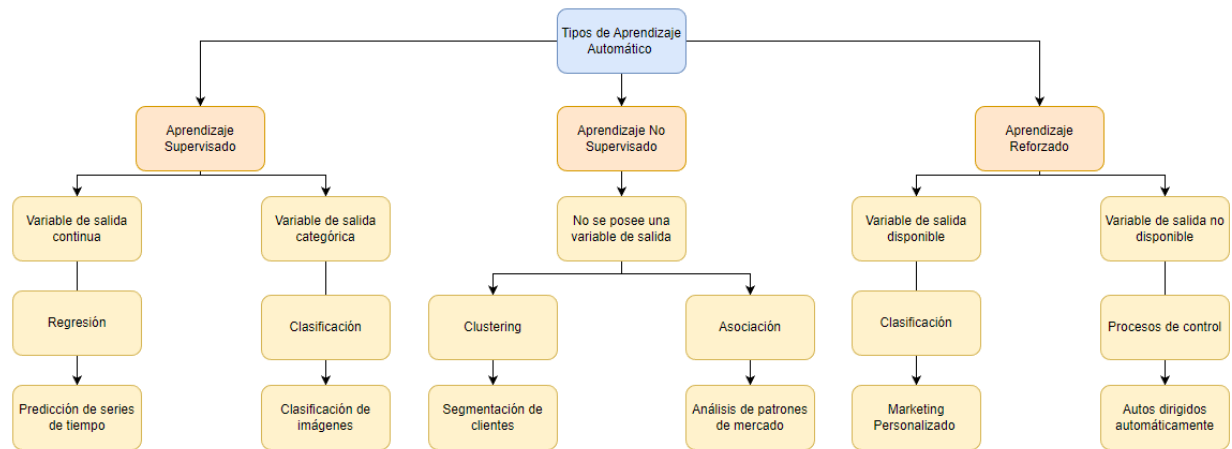
Figura 7. Diferencia programación tradicional y aprendizaje automático.



Fuente: Elaboración propia.

Los modelos de aprendizaje automático se pueden agrupar por el tipo de tarea que estén resolviendo, así como el tipo de dato de la información que se le está entregando. En la *Figura 7* se muestran los diferentes tipos de problemáticas que se pueden abordar mediante los modelos de aprendizaje automático. Para el desarrollo del proyecto, se utilizarán los modelos asociados a problemas de aprendizaje supervisado ya que es un problema de regresión en donde la variable de salida es de tipo numérica.

Figura 8. Clasificación de modelos de aprendizaje automático.



Fuente: Elaboración propia.

4.2.1 Aprendizaje supervisado

De acuerdo con (Ramasubramanian & Singh, 2019), este tipo de modelos se utiliza cuando la variable de salida está disponible, de manera que el modelo creara una función del tipo $Y = f(x)$ utilizando la información que se le entregue a priori, infiriendo los patrones y relaciones entra las variables de entrada y la variable (o variables) de respuesta.

Este tipo de modelos incluye aplicaciones como la predicción de series de tiempo, la clasificación de imágenes para decisiones en el ámbito de la salud, la clasificación de clientes de acuerdo con su puntaje crediticio, entre otros.

4.2.2 Aprendizaje No supervisado

Según (Ramasubramanian & Singh, 2019), el aprendizaje no supervisado se utiliza para segmentar una base de datos en grupos o *clústers* con características similares. Este tipo de aprendizaje se utiliza cuando no se cuenta con una variable de salida, de manera que los modelos utilizan la información de entrada para *etiquetar* cada uno de los registros de entrada, de manera que el modelo deberá comprender la esencia de la información por si mismo ya que no existe una referencia (un valor de salida) para que el modelo pueda guiarse. La aplicación más común de este tipo de aprendizaje es la segmentación de información, en donde a partir de los datos proporcionados se crean subgrupos con características similares que luego puede servir para entrenar modelos de aprendizaje supervisado.

4.2.3 Aprendizaje por refuerzo

De acuerdo con (Ramasubramanian & Singh, 2019), el aprendizaje por refuerzo es de tipo conductual, ya que estos reciben retroalimentación a partir del análisis de los datos para maximizar el desempeño del modelo. Este tipo de aprendizaje es diferente a los demás debido a que no se realiza una predicción en función de una información estructurada, sino que se genera una serie de toma de decisiones en función de las condiciones del ambiente y se premia o castiga las decisiones tomadas a partir de un objetivo global previamente establecido. Este tipo de aprendizaje se utiliza ampliamente en la robótica para que los computadores puedan emular, de manera limitada, el comportamiento humano.

4.3 TECNICAS DE PREPROCESAMIENTO

El preprocesamiento de la información es una actividad crucial dentro del flujo de trabajo de para un modelo de aprendizaje automático, debido a que esto permite mejorar el éxito en el desempeño de este tipo de modelos (Nielsen, 2020).

En la realización de este proyecto, se utilizarán las siguientes técnicas de preprocesamiento:

4.3.1 Diagrama de autocorrelación y autocorrelación parcial

De acuerdo con (statsmodels, 2022), estas funciones se utilizan para determinar la asociación entre el valor actual de una serie de tiempo y los rezagos en n intervalos anteriores.

El diagrama de autocorrelación parcial indica para cada uno de los rezagos, la relación lineal que tiene el valor actual de la serie, considerando todos los valores intermedios de los rezagos. Por otra parte, el diagrama de autocorrelación indica la relación lineal entre el valor actual de la serie y sólo el rezago específico.

El uso de este tipo de técnicas es crucial para los modelos autorregresivos ya que el número de periodos hacia atrás sirve como valor de entrada a este tipo de modelos para poder realizar la predicción de la variable de respuesta.

4.4 TÉCNICAS DE PREDICCIÓN

Con la finalidad de utilizar diferentes familias de modelos, a fin de determinar el mejor para la resolución de la tarea específica del proyecto, se utilizarán los modelos disponibles en las librerías de Scikit-Learn (scikit-learn, 2022) la cual cuenta con los modelos mayormente utilizados para problemas de aprendizaje automático los cuales son:

- Bosques aleatorios (*Random Forest*).
- Extreme Gradient Boosting (*XGBoost*).
- Máquina de Vectores de Soporte.
- Regresión Ridge.
- Regresión Lasso.
- ElasticNet.

Adicionalmente, se trabajarán modelos de redes neuronales, haciendo uso de la librería de Tensorflow (Tensorflow, 2022) para implementar los siguientes modelos:

- Perceptrón Multicapa, este tipo de modelos consta de una capa de entrada, en donde se recibe la información de las variables independientes, una o más capas ocultas que sirven para trabajar problemas cuya relación entre las variables no es lineal, y una capa de salida con la cual se realizará la predicción de la capa de respuesta.
- Red Neuronal Recurrente, son un tipo de red neuronal donde para cada neurona de la red se ingresa la información obtenida en la neurona anterior, de manera que se obtiene información sobre la temporalidad de la variable de entrada. Este tipo de redes son útiles para diferentes problemas como el análisis de series de tiempo o

secuencias de palabras. Estas redes han evolucionado, implementando subcapas únicas como celdas LSTM, Bidireccionales o GRU que tienen un mejor desempeño para problemas específicos (Kamath, Liu, & Whitaker, 2019).

Por último, se utilizarán modelos econométricos para la comparación del desempeño de los modelos de aprendizaje automático, los modelos utilizados son:

- Modelo autorregresivo integrado de media móvil (ARIMA, por sus siglas en inglés).
- Suavización exponencial.

4.5 MÉTRICAS DE DESEMPEÑO

- **Error de porcentaje medio absoluto (MAPE):** Es una medida relativa que permite escalar el error medio absoluto (MAE) para que se muestre en unidades porcentuales en lugar de la magnitud de la variable proyectada (Ramasubramanian & Singh, 2019). El MAPE se define cómo:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{A_t - F_t}{A_t} \right|$$

Donde:

n= Número de registros utilizados para calcular el indicador.

A_t = Valor real.

F_t = Valor proyectado.

5. REVISIÓN DE LA LITERATURA

La revisión de la literatura estará enfocada en las metodologías utilizadas para el diseño de modelos de proyección y predicción de series de tiempo, específicamente en proyección de la demanda de producto. Esta revisión se realizó teniendo en cuenta los avances realizados para este tipo de problemáticas tanto en el entorno local como internacional.

En primera instancia, se realizó una búsqueda relacionada con cómo se aborda metodológicamente un problema de aprendizaje automático. En ese sentido, (Casper Solheim, 2023) expone una guía del flujo de trabajo que se puede tomar para resolver problemas asociados con regresión de series de tiempo. En este, el autor hizo alusión a que se tienen 5 grandes secciones. En primer lugar, el preprocesamiento de la información, teniendo en cuenta el manejo de datos atípicos y de datos nulos. En segundo lugar, la construcción de la base de datos con la estructura requerida para los problemas de series de tiempo, en donde cada registro contenga la variable a predecir (t) y sus variables rezagadas ($t-n$). En tercer lugar, el proceso de entrenamiento y evaluación de los modelos de aprendizaje automático. Las dos últimas secciones son asociadas al proceso de optimización de hiperparámetros y ajustes de las proyecciones.

Una vez se tiene la guía de los pasos a abordar para resolver problemas de series de tiempo, es necesario revisar qué modelos son los más utilizados para la realización de las proyecciones. En ese sentido, se ha encontrado que los modelos de aprendizaje automático clásicos (máquinas de vectores de soporte, árboles de decisión) tienen un mejor desempeño que los modelos econométricos (ARIMA, suavizaciones, entre otros) debido a su gran capacidad de generalizar (Catal, Ece, Arslan, & Akbulut, 2019). No obstante, tal y como se muestra en (Pavlyshenko, 2019) los modelos basados en aprendizaje profundo tienen un desempeño aún más alto, pero con la pérdida de interpretabilidad de las técnicas, generando que los modelos se vuelvan una *caja negra* a las que se les ingresa la información y se obtiene el resultado esperado. Ante esto, el autor expresa que para una mejor interpretabilidad de cómo es el flujo de la información dentro de los modelos, los árboles de decisión son una opción viable por su capacidad predictiva y debido a que se ve de manera explícita el porqué de los resultados.

En un ámbito aún más específico, en donde no sólo se está realizando la predicción de series de tiempo sino explícitamente la demanda de ventas en una cadena de suministro se encontró que los modelos utilizados son de la misma familia (redes neuronales, árboles de decisión y máquinas de vectores de soporte), tal y como se muestra en los trabajos realizados por (Deepa, 2021) y (Usuga Cadavid, Lamouri, & Grabot, 2018).

Por otra parte, se encontraron dos trabajos relacionados en donde se aplican metodologías novedosas a los problemas de regresión de series de tiempo. En primer lugar, el trabajo realizado por (Chen & Lu, 2017) en donde se utilizó aprendizaje no supervisado para crear características sintéticas dentro de la base de datos con la finalidad de agrupar las observaciones dentro de *clusters* con características similares a fin de que el modelo de aprendizaje automático tenga más información para generalizar los patrones. En segundo lugar, el trabajo realizado por (Ensafi, Hassanzadeh Amin, Zhang, & Shah, 2022) en donde se utiliza una arquitectura basada en Transformers con mecanismos de atención para realizar la proyección de series de tiempo para predecir la demanda de una cadena de suministro.

Ahora bien, con respecto a modelos de planeación agregada, de acuerdo con (Escobar Gómez, Díaz Nuñez, & Taracena Sanz, 2010) plantea que los modelos de pronóstico de demanda fallan principalmente por tres razones: Incertidumbre en la información disponible, el uso únicamente de la información histórica sin tener en cuenta datos exógenos, y no tener en cuenta la tendencia actual de la demanda. Por esto, los autores plantearon un modelo basado en lógica difusa que permitiera corregir los pronósticos basados en modelos tradicionales mejorando la confiabilidad de las proyecciones.

En comparación con lo anterior, en el trabajo propuesto por (Kochak & Sharma, 2015) utilizan una red neuronal artificial con capas ocultas el cual le ofreció un mejor desempeño en un problema de predicción de series de tiempo (proyección de ventas en el sector de retail) en comparación con los modelos econométricos clásicos lo cual también es corroborado en el trabajo de (Toro Ocampo, Mejia Giraldo, & Salazar Isaza, 2004).

Generalmente se emplean métodos estadísticos para el pronóstico de ventas, esto solo tiene en cuenta los datos cuantitativos, por esta razón (Kuo, Chen, & Hwang, 2001) propone la utilización de un sistema de pronóstico integrado que considere factores cuantitativos y cualitativos para lograr un resultado más completo, con ayuda de una red neuronal difusa que integre los diferentes resultados y se analice en una red neuronal de retro propagación basada en un sistema inmunitario artificial, el resultado fue altamente positivo demostrando que se puede mejorar la atención al cliente y disminuir los costos de inventarios.

Con base en lo anterior, se observa que el problema de predicción de series de tiempo, específicamente el de demanda de productos asociados a cadenas de suministros, ha sido ampliamente abordado por diferentes autores, ofreciendo soluciones con modelos tanto econométricos, como basados en aprendizaje automático. No obstante, en el entorno nacional existe una oportunidad de ampliar las metodologías que si han sido aplicadas en el entorno internacional. Por lo tanto, el presente proyecto pretenderá abordar diferentes técnicas de aprendizaje automático y aprendizaje profundo, a una base de información de la demanda de los principales productos de la Industria Licorera del Cauca con periodicidad mensual, a fin de ofrecer un modelo que permita una predicción de esta teniendo en cuenta tanto la efectividad de la predicción como la interpretabilidad del modelo utilizado.

6. ANTECEDENTES

6.1 Historia

La Industria Licorera del Cauca es una de las empresas más importantes del Departamento, aportante activa para el desarrollo de la educación, la salud y el deporte de la región.

En el año 1910, cuando se constituye jurídicamente el Departamento del Cauca, también se reconocen las primeras fábricas de licores que existieron en los municipios de Popayán, Bolívar, Cajibío, Tierradentro y Caloto.

En la hacienda Japio, ubicada en la vía que conduce de Santander de Quilichao al municipio de Caloto, ya elaboraban desde 1858 el aguardiente a través de alambiques y trapiches. Luego, en 1915, emprendieron mejoras en el campo industrial: tres columnas de destilación con diseño francés convirtieron la antigua “Aguardientera” en la fábrica de aguardiente que abasteció el Departamento del Cauca, aunque en Guapi existió una fábrica de licores en 1917 -que trabajó hasta 1932-. Otra de las fábricas licoreras funcionó en el edificio que habitaban las hermanas Franciscanas, donde está hoy la Biblioteca Central de la Universidad del Cauca.

En 1965, con el fin de unificar la producción, se trasladaron los equipos y enseres de Japio a Popayán, cabe anotar que desde 1951 hasta 1975 se contó con la dirección y asesoría de la casa LEPAGE URBAN & CIA DE PARIS. Por Ordenanza 26 del 28 de diciembre de 1972, la Industria Licorera del Cauca es constituida como una empresa descentralizada y vinculada a la Secretaría de Hacienda del Departamento, en calidad de Entidad Industrial y Comercial, con autonomía administrativa y patrimonio independiente.

Actualmente su estructura orgánica está dada así: Junta Directiva presidida por el Gobernador del Departamento, Secretario de Hacienda, Jefe de Planeación Departamental, Gerencia, Divisiones, Secciones y Grupos (Industria Licorera del Cauca).

Se encuentra ubicada en la ciudad de Popayán – Cauca:

Figura 9. Localización - Industria Licorera del Cauca

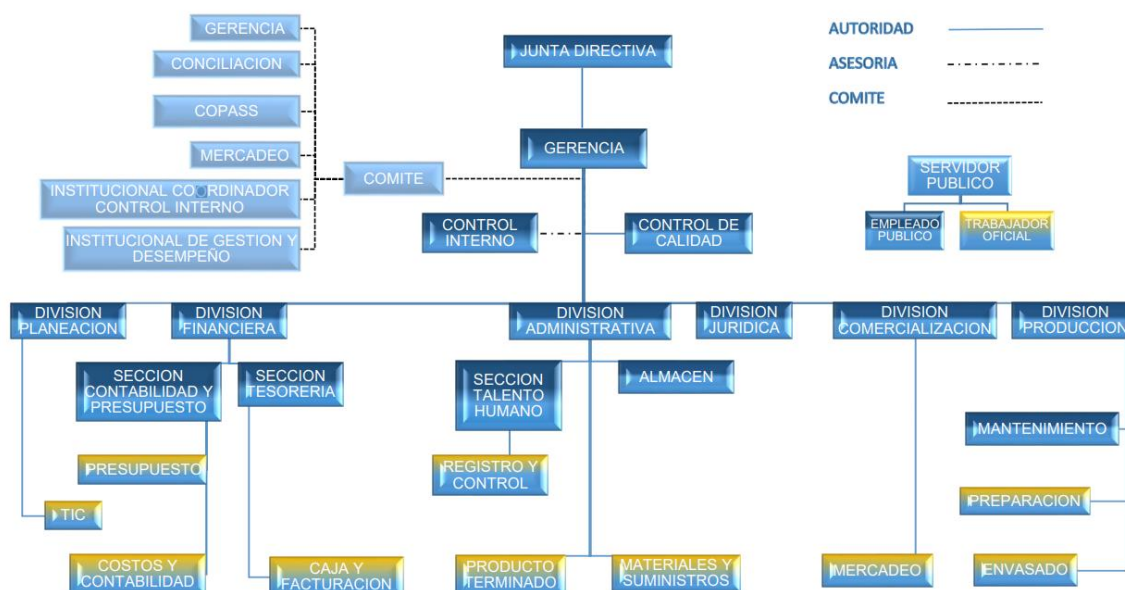


Fuente: Google Maps.
 Datos Generales (Industria Licorera del Cauca):
 Sede Principal
 Calle 4 No. 1E-40 Popayán, Cauca - Colombia
 Código postal: 190003
 Teléfono: +57 (2) 8323400
 Fax: +57 (2) 8323400

6.2 Estructura Administrativa

Los Acuerdos No. 020 de 2009 -por el cual se establece la Estructura Administrativa- y No. 002 de 2017 -por el cual se modifica el anterior- son los que determinan la nomenclatura y clasificación de los cargos, planta de personal de empleados públicos, funciones a nivel de dependencia, requisitos mínimos y escala salarial de los empleados públicos de la Industria Licorera del Cauca (Industria Licorera del Cauca, 2019).

Figura 10. Organigrama



Fuente: Industria Licorera del Cauca

7. DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA

7.1 ANÁLISIS DE LA ESTRATEGIA ORGANIZACIONAL Y EL MERCADO

Para alcanzar el éxito, las organizaciones a través de un proceso sistemático que constituye la planeación estratégica realizan el Plan Estratégico, en el cual se establecen todas las acciones que se deberán realizar para cumplir con los objetivos organizacionales a través del fortalecimiento y generación de valor en los diferentes procesos por medio de la aplicación de distintas metodologías que permiten establecer el posicionamiento interno y externo de la organización con el propósito de generar ventajas competitivas frente a sus competidores y lograr satisfacer a sus clientes. Realizar un correcto planteamiento del Plan Estratégico permite direccionar de forma adecuada el camino por el cual la organización transitará a corto, mediano y largo plazo.

Teniendo en cuenta lo anterior, se realizó un análisis de la estrategia organizacional (PE) de la Industria Licorera del Cauca, teniendo en cuenta lo siguiente: dónde quiere estar, dónde está actualmente y, qué camino tendrá que trazar para llevarle al cumplimiento de la estrategia organizacional; para ello se aplicaron algunas metodologías y herramientas propias del direccionamiento estratégico, con la finalidad de establecer las distintas estrategias que se deben incorporar al Plan Estratégico de la organización.

7.1.1 Definición del negocio

En este punto se realizan algunas preguntas clave para identificar y definir el negocio en el que se encuentra la Industria Licorera del Cauca.

¿Cuál es su negocio?

Somos una de las empresas más importante del Departamento del Cauca y con los recursos económicos que aportamos colaboramos para que la educación, la salud y el deporte tengan los medios suficientes para realizar su gestión. Preservamos el medio ambiente y luchamos por una calidad total en nuestros productos Aguardiente Caucano Tradicional y sin azúcar, en las presentaciones: Media botella (375cc.), Botella (750cc.), Garrafa (1500cc.), PET (375CC.), además de la Ginebra Vicker's Gin (750cc.), Cremas y Escarchados de gran respaldo por parte de los consumidores.

Todos estos productos forman parte de la noble tradición caucana. Nuestros empleados y trabajadores laboran en un clima de respeto, bienestar y estabilidad, en permanente capacitación y actualización de conocimientos, logrando un equipo de trabajo competitivo y preparado para afrontar nuevos retos del mercado.

¿Cuál es el principal resultado que quiere obtener la empresa?

La generación de recursos económicos para la educación, la salud y el deporte del departamento del Cauca.

¿Cómo toma las decisiones para lograr este resultado?

Se realiza de acuerdo la planeación, gestión, estructuración de acciones integradas a través del PE 2019 - 2022 que permite evaluar los resultados obtenidos para implementar estrategias que permitan alcanzar los objetivos de la empresa.

Para realizar una definición más completa, se establecen varios criterios generales asociados a la competitividad de la Industria Licorera del Cauca, tal y como se evidencia a continuación:

Tabla 1. Análisis del negocio - Criterios

<i>CRITERIO</i>	<i>DESCRIPCIÓN</i>
¿Cuáles son los clientes a los que sirve la empresa y que necesitan?	Consumidores de licores especialmente aguardiente y otro tipo de licores especialmente para coctelería.
¿Quiénes son mis competidores directos?	Industrias licoreras departamentales que fabrican aguardiente, Industria de bebidas alcohólicas
¿Puede satisfacer las necesidades de los clientes en una forma diferente o mejor que la competencia?	La fabricación de los productos de la Industria Licorera del Cauca se realiza bajo los más altos estándares de calidad, adicionalmente se fabrican productos que los competidores no tienen dentro de su portafolio, esto ha permitido que los productos reciban varios premios internacionales que los posicionan dentro de los mejores licores del mercado.
¿Qué característica tiene mi producto / servicio?	Son características únicas y con altos estándares de calidad que permiten hacer competitivos los productos frente a la competencia.
¿Estoy en capacidad de sostener esta diferencia?	Si, en la Industria Licorera del Cauca se trabaja día a día en la implementación de acciones de mejoramiento continuo en toda la cadena de valor, que permitan mantener las características y altos estándares de calidad enfocándose en brindar la mejor experiencia al cliente.
¿La definición de negocio es atractiva? ¿Me permite crecer a futuro?	Es un mercado sumamente competitivo y regulado por distintas leyes que hacen restrictivo el negocio, sin embargo, se busca el fortalecimiento tecnológico y la innovación de procesos como medio que permitan el crecimiento de la empresa.
¿Cómo se comportan nuestros competidores y que implica ello en cuanto a la manera que han definido sus negocios?	Los competidores han incorporado distintas estrategias que han permitido su posicionamiento en el mercado a través de alianzas departamentales para producir sus licores, innovación en productos e imagen y fortalecimiento tecnológico y de mejoramiento continuo.

¿Lo que yo he definido como negocio es lo mismo que mis clientes creen que es mi negocio?	La Industria Licorera del Cauca, ha posicionado su marca a través de un arduo trabajo publicitario por medio de distintos canales digitales a la vanguardia que permiten conectar y fidelizar a los clientes. El aguardiente caucano goza de bastante reconocimiento debido a sus grandes logros en materia de procesos y aportes al departamento del cauca, sino que sus productos son reconocidos con distintos premios a nivel internacional.
---	--

Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta cada uno de los criterios descritos y evaluados en la Tabla 2, se realiza la evaluación de los factores críticos de competencia con una calificación de 0 a 5, como se muestra a continuación:

Tabla 2. Factores Críticos de Competencia

FACTORES CRITICOS DE COMPETENCIA	CALIFICACIÓN (0 A 5)
Reconocimiento y aceptación por parte de los clientes	5
Alta calidad en los productos	5
Eficiencia operativa para producir el aguardiente	4
Capacidad para satisfacer las necesidades cambiantes de los clientes	5

Fuente: Elaboración propia.

Estos factores críticos de competencia permiten evaluar los puntos clave en los cuales la Industria Licorera del Cauca debe enfocar sus estrategias para garantizar su desarrollo y crecimiento, así como las ventajas competitivas que puede generar para mantener su posicionamiento en el mercado a través de un factor diferenciador. Como se puede observar en la Tabla 3, los cuatro factores definidos tienen una alta calificación, ya que la organización ha realizado un trabajo muy importante relacionado al posicionamiento de marca a través de distintos mecanismos (campañas publicitarias, canales digitales – redes sociales, participación en diferentes eventos importantes y reconocidos a nivel municipal y nacional, entre otros) permitiendo una mayor conexión con los clientes entendiendo el entorno y las necesidades de los clientes buscando abrir nuevos mercados; por otra parte, los productos son elaborados bajo altos estándares de calidad siendo reconocidos a nivel internacional con premiaciones como el Monde Selection, por tanto, las estrategias generadas están direccionadas al mejoramiento continuo de los procesos, especialmente producción, en el cual se generan acciones a través de la innovación, investigación y desarrollo (proyectos académicos en alianza con universidades de la región), en este punto también se integra la eficiencia operativa, en la cual a través de los proyectos se busca el fortalecimiento a nivel tecnológico (incorporación de nuevas tecnologías), permitiendo incrementar la efectividad, eficiencia, eficacia, productividad y menores costos.

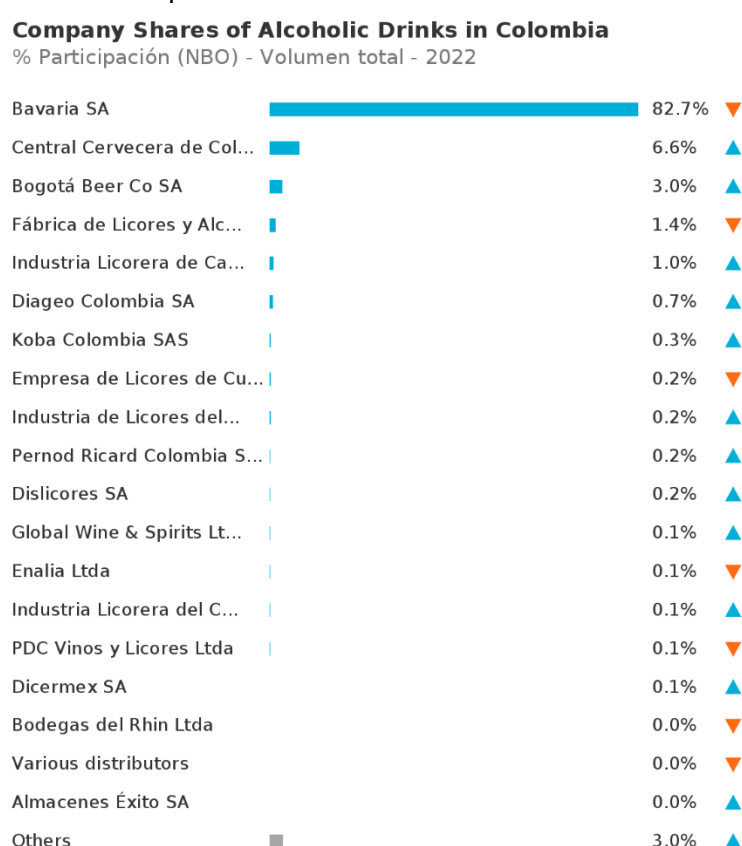
7.1.2 Análisis de competitividad (externo e interno)

Colombia es uno de los países que a partir del legado de la colonia española ha sido uno de los principales consumidores de licores, especialmente aquellos que se derivan del anís. En la época colonial, solamente la clase alta, es decir, aquellos ciudadanos cercanos al Rey o Virrey podía gozar con el privilegio de obtener licores o vinos. Cuando se produce la

Independencia, los Padres de la patria revocan todos los privilegios anteriormente otorgados con la finalidad de recaudar impuestos mediante la cesión de la producción y venta de los licores al Estado, que luego sería delimitado a los departamentos, en este punto se constituyen las empresas licoreras que se dedican a producir aguardiente (Portafolio, 2019)

Actualmente en Colombia, se constituye un monopolio entorno a las industrias licoreras, lo que ha causado que se haya disminuido el número de licoreras en el país y que este negocio tenga una alta influencia política, además los otros productos sustitutos (otras bebidas alcohólicas, bebidas energizantes, entre otros). Existen una gran variedad de empresas que se dedican al negocio de las bebidas alcohólicas constituyendo un amplio portafolio de productos, a continuación, se listan las empresas más representativas en cuanto a % de participación (NBO):

Figura 11. Acciones de la empresa de bebidas alcohólicas

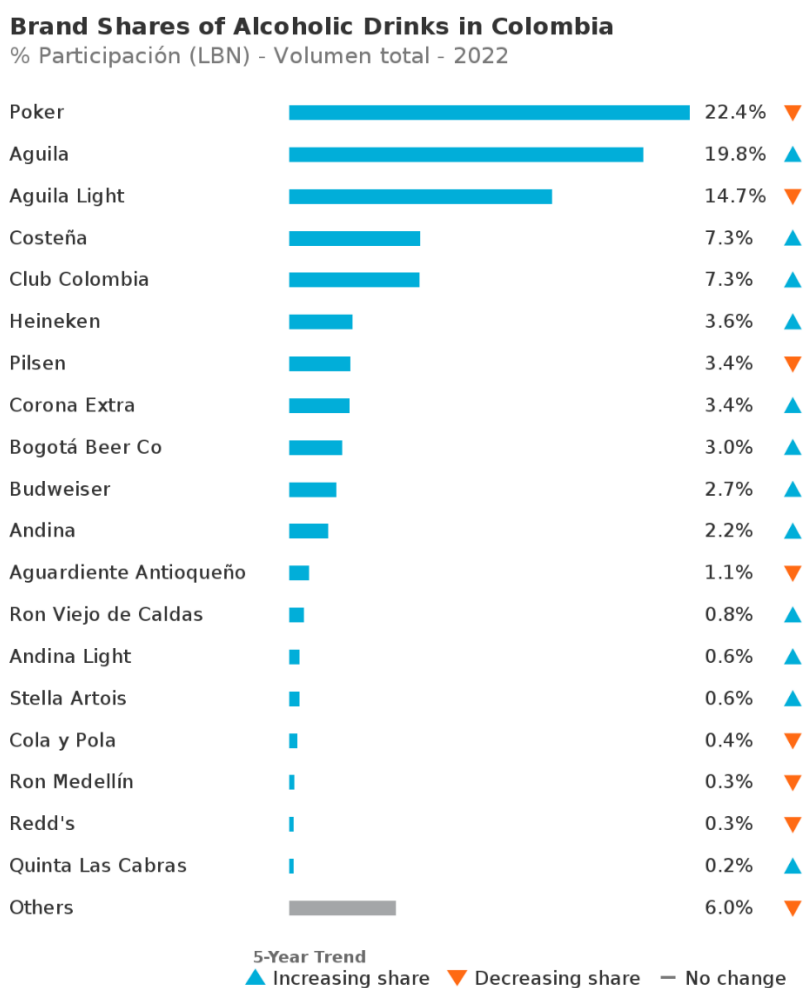


Fuente: Euromonitor (2022).

En la Figura 11, se evidencia que Bavaria S.A es una de las industrias más importantes de bebidas alcohólicas con un 82.7% de participación (NBO), esto ratifica el poderío de dicha industria frente a otros competidores que, aunque tienen un posicionamiento positivo de participación, se puede observar que los porcentajes son muy bajos con respecto al de Bavaria S.A, como es el caso de Central Cervecera de Colombia con 6.6%, Bogotá Beer Co SA con un 3.0% y Fabrica de Licores y Alcoholes de Antioquia 1.4 % respectivamente.

Para el caso de la Industria Licorera del Cauca, esta se ubica en el puesto 14 con un 0.1% de participación, esto quiere decir, que, aunque se puede ubicar en un puesto favorable, tiene un porcentaje mínimo de participación frente a las otras industrias licoreras, lo que representa un desafío y una postura estratégica robusta para lograr la apertura y posicionamiento del mercado importante a través de un plan de comercialización efectivo.

Figura 12. Acciones de marca de bebidas alcohólicas



Fuente: Euromonitor (2022).

En Colombia, la perspectiva de las bebidas alcohólicas es favorable y continuará un volumen de ventas en crecimiento dado disminución de medidas, especialmente las correspondientes y adoptadas durante la pandemia de COVID – 19, por otra parte, como se puede observar en la Figura 12, el mayor porcentaje de participación (LBN) es de 22.4% correspondiente a la cerveza Poker, seguido por la cerveza Aguila con un 19.8%, la cerveza Aguila Light con un 14.7% y finalmente la cerveza Costeña con un 7.3%, esto evidencia que en Colombia existe una alto preferencia por la cerveza, especialmente, aquellas que pertenecen al portafolio de productos de Bavaria S.A, ratificando el posicionamiento que tiene esta empresa en el mercado; en cuanto a las Industrias Licoreras, el Aguardiente Antioqueño 1.1%, Ron Viejo de Caldas con un 0.8% y el Ron Medellín con un 0.3% son los productos más preferidos y comercializados en diferentes partes del país, posicionándolos

como el principal competidor del Aguardiente Caucano, es importante que este producto pueda ser comercializado en diferentes zonas para que se pueda posicionar.

7.1.3 Análisis PEST

El análisis PESTEL, PESTAL o PEST permite realizar un análisis descriptivo en donde se evalúan los factores externos (políticos, económicos, sociales, tecnológicos, ambientales, legales) que interactúan con la organización y que son muy importantes en la generación de estrategias y toma de decisiones a corto y largo plazo (Amador Mercado, 2022)

Para realizar el análisis PEST para la Industria Licorera del Cauca, se utiliza una matriz de autodiagnóstico (Tabla 3), en el cual se evalúan una serie de afirmaciones genéricas relacionadas con los factores del análisis PEST, de acuerdo con unas valoraciones establecidas de la siguiente manera: 0= *En total en desacuerdo*; 1= *No está de acuerdo*; 2= *Está de acuerdo*; 3= *Está bastante de acuerdo*; 4= *En total acuerdo*.

Tabla 3. Autodiagnóstico Global del Entorno

AUTODIAGNÓSTICO ENTORNO GLOBAL P.E.S.T.	VALORACIÓN				
	En total desacuerdo	No está de acuerdo	Está de acuerdo	Está bastante de acuerdo	En total acuerdo
	0	1	2	3	4
1. Los cambios en la composición étnica de los consumidores de nuestro mercado está teniendo un notable impacto.					X
2. El envejecimiento de la población tiene un importante impacto en la demanda.				X	
3. Los nuevos estilos de vida y tendencias originan cambios en la oferta de nuestro sector.					X
4. El envejecimiento de la población tiene un importante impacto en la oferta del sector donde operamos.				X	
5. Las variaciones en el nivel de riqueza de la población impactan considerablemente en la demanda de los productos/servicios del sector donde operamos.		X			
6. La legislación fiscal afecta muy considerablemente a la economía de las empresas del sector donde operamos.					X
7. La legislación laboral afecta muy considerablemente a la operativa del sector donde actuamos.					X
8. Las subvenciones otorgadas por las Administraciones Públicas son claves en					X

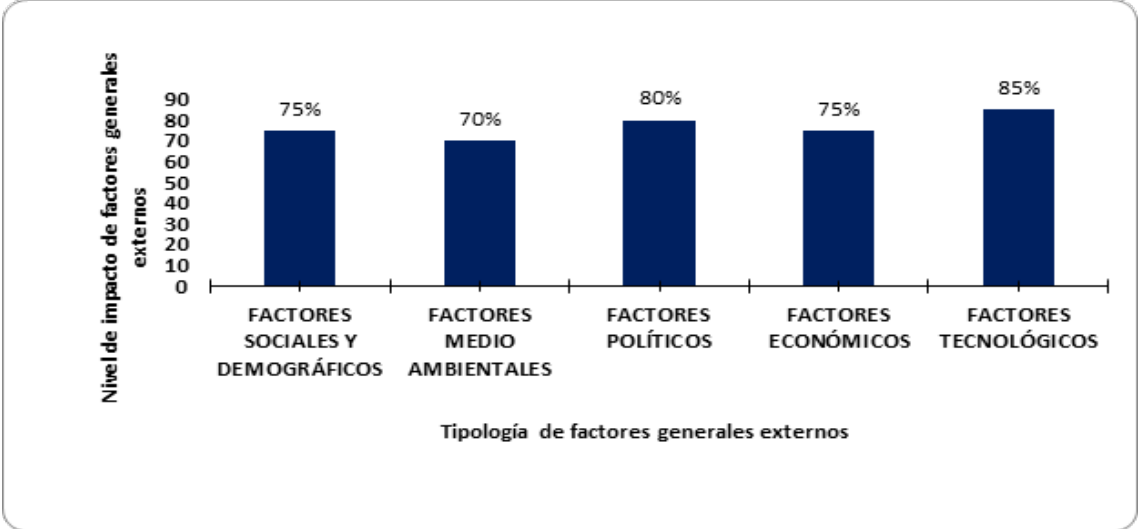
el desarrollo competitivo del mercado donde operamos.					
9. El impacto que tiene la legislación de protección al consumidor, en la manera de producir bienes y/o servicios es muy importante.					X
10. Las expectativas de crecimiento económico generales afectan crucialmente al mercado donde operamos.				X	
11. La política de tipos de interés es fundamental en el desarrollo financiero del sector donde trabaja nuestra empresa.					X
12. La globalización permite a nuestra industria gozar de importantes oportunidades en nuevos mercados.			X		
13. La situación del empleo es fundamental para el desarrollo económico de nuestra empresa y nuestro sector.				X	
14. Las expectativas del ciclo económico de nuestro sector impactan en la situación económica de sus empresas.				X	
15. Las Administraciones Públicas están incentivando el esfuerzo tecnológico de las empresas de nuestro sector.				X	
16. Internet, el comercio electrónico, el Wireless y otras NTIC están impactando en la demanda de nuestros productos/servicios y en los de la competencia.					X
17. El empleo de TIC's es generalizado en el sector donde trabajamos.			X		
18. En nuestro sector, es de gran importancia ser pionero o referente en el empleo de aplicaciones tecnológicas.					X
19. En el sector donde operamos, para ser competitivos, es condición "sine qua non" innovar constantemente.					X
20. La legislación medioambiental afecta al desarrollo de nuestro sector.				X	
21. Los clientes de nuestro mercado exigen que se seamos socialmente responsables, en el plano medioambiental.					X
22. En nuestro sector, las políticas medioambientales son una fuente de ventajas competitivas.				X	
23. La creciente preocupación social por el medio ambiente impacta notablemente en la demanda de productos/servicios ofertados en nuestro mercado.			X		

24. El factor ecológico es una fuente de diferenciación clara en el sector donde opera nuestra empresa.			X		
---	--	--	---	--	--

Fuente: Elaboración propia.

Como resultado del autodiagnóstico se tienen los porcentajes de impacto de cada uno de los factores externos en la Industria Licorera del Cauca, tal y como se muestra a continuación:

Figura 13. Nivel de impacto de los factores del autodiagnóstico



Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar en la Figura 13 los factores de impacto que tienen una mayor incidencia para la Industria Licorera del Cauca son los factores políticos y tecnológicos con un 85% y 80% respectivamente, esto se ve reflejado en la influencia política que ejerce el departamento en términos de asignación de recursos y administración de la organización. Por otra parte, los factores tecnológicos tienen una alta influencia en la productividad y eficiencia operativa, así como integración con procesos de innovación en términos de Inteligencia Empresarial, Automatización y la adopción de nuevas tecnologías enmarcadas dentro de la Industria 4.0 que son importantes en la generación de ventajas competitivas y estrategias robustas de posicionamiento en el mercado.

7.1.4 Análisis de la cadena de valor (mapa de procesos)

El análisis de la cadena de valor permite a las organizaciones identificar las actividades que agregan valor significativo al cliente, este es también un mecanismo importante para la generación de ventajas competitivas para la organización.

La estructura de la cadena de valor se basa en una secuencia de procesos o actividades que interactúan entre si y cuyo propósito es facilitar la eficiencia operativa y que agregan valor al producto y por ende al cliente final.

Figura 14. Elementos que conforman la cadena de valor



Fuente: Elaboración propia.

Tener claro los diferentes elementos de la cadena de valor constituye a una fuente significativa de acciones que permiten el mejoramiento continuo de los procesos con el enfoque al cliente.

La cadena de valor de la Industria Licorera del Cauca está definida de la siguiente manera:

Figura 15. Mapa de procesos - ILC



Fuente: Industria Licorera del Cauca.

Teniendo en cuenta la cadena de valor o mapa de procesos de la Industria Licorera del Cauca, se procede a realizar el autodiagnóstico de la cadena de valor interna (Tabla 4), de acuerdo con una valoración de 0 a 5 de cada una de las afirmaciones genéricas estructuradas.

Tabla 4. Autodiagnóstico de la cadena de valor de la Industria Licorera del Cauca

AUTODIAGNÓSTICO DE LA CADENA DE VALOR INTERNA	VALORACIÓN				
	0	1	2	3	4
1. La entidad tiene una política sistematizada de cero defectos en sus productos/servicios.				X	
2. La empresa emplea los medios productivos tecnológicamente más avanzados de su sector.			X		
3. La empresa dispone de un sistema de información y control de gestión eficiente y eficaz.			X		
4. Los medios técnicos y tecnológicos de la empresa están preparados para competir en un futuro a corto, medio y largo plazo.			X		
5. La empresa es un referente en su sector en I+D+I			X		
6. La excelencia de los procedimientos de la empresa (en ISO, etc.) son una principal fuente de ventaja competitiva.			X		
7. La empresa dispone de página web, y esta se emplea no sólo como marketing virtual de productos/servicios, sino también para establecer relaciones con clientes y proveedores.				X	
8. Los productos/servicios que desarrolla nuestra empresa llevan incorporada una tecnología difícil de imitar.			X		
9. La empresa es referente en su sector en la optimización, en términos de coste, de su cadena de valor, siendo ésta una de sus principales ventajas competitivas.			X		
10. La informatización de la empresa es una fuente de ventaja competitiva clara respecto a sus competidores.			X		
11. Los canales de distribución de la empresa son una importante fuente de ventajas competitivas.		X			
12. Los productos/servicios de la empresa son altamente, y diferencialmente, valorados por el cliente respecto a nuestros competidores.				X	
13. La empresa dispone y ejecuta un sistemático plan de marketing y ventas.			X		
14. La empresa tiene optimizada su gestión financiera.					
15. La empresa busca continuamente el mejorar la relación con sus clientes disminuyendo los tiempos de proceso, personalizando la oferta o mejorando las condiciones de entrega. Pero siempre partiendo de un plan previo.				X	
16. La empresa es referente en su sector en el lanzamiento de innovadores productos y servicio de éxito demostrado en el mercado.				X	
17. Los Recursos Humanos son especialmente responsables del éxito de la empresa, considerándolos incluso como el principal activo estratégico.					X

18. Se tiene una planta laboral altamente motivada, que conoce con claridad las metas, objetivos y estrategias de la organización.				X	
19. La empresa siempre trabaja conforme a una estrategia y objetivos claros.					X
20. La gestión del efectivo está optimizada.				X	
21. Se tiene definido claramente el posicionamiento estratégico de todos los productos de la empresa.					X
22. Se dispone de una política de marca basada en la reputación que la empresa genera, en la gestión de relación con el cliente y en el posicionamiento estratégico previamente definido.				X	
23. El mercado objetivo de nuestra empresa está altamente fidelizado, ya que tenemos como principal propósito el deleitarlos día a día.				X	
24. Nuestra política y equipo de ventas y marketing es una importante ventaja competitiva de nuestra empresa respecto al sector.			X		
25. El servicio al cliente que prestamos es una de nuestras principales ventajas competitivas respecto a nuestros competidores.			X		
POTENCIAL DE MEJORA DE LA CADENA DE VALOR INTERNA	38%				

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con el autodiagnóstico de la cadena de valor de la Industria Licorera del Cauca se obtiene un 38% de oportunidad para mejorar la cadena de valor, esto alineándose a los cambios estratégicos y operativos enmarcados dentro de estándares de mejoramiento continuo e innovación, estrategias que son importantes para el fortalecimiento interno de la organización.

7.1.5 Modelo de las 7S de McKinsey

El modelo de las 7S de Mckinsey permite determinar la integración de 7 factores básicos para cualquier organización, evalúa si la implementación de la estrategia organizacional realmente esta alineada a estos factores (Estilo, Personal, Sistemas, Estrategia, Estructura, Habilidades y Valores Compartidos).

De acuerdo con la aplicación del modelo se obtienen para la Industria Licorera del Cauca, los siguientes resultados:

Tabla 5. Resultados del modelo de las 7S para la Industria Licorera del Cauca

Resultados		
Elemento	Calificación	Interpretación
Estrategia	65%	Es una fortaleza para la organización
Estructura	67%	Es una fortaleza para la organización
Estilo de dirección	63%	Es una fortaleza para la organización
Personal	55%	Es una debilidad para la organización
Habilidades	50%	Es una debilidad para la organización
Sistemas	55%	Es una debilidad para la organización
Valores compartidos	69%	Es una fortaleza para la organización

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con la Tabla 5, se obtienen los resultados de cada una de las esferas que integran el modelo en donde se puede observar que los factores de estrategia, estructura, estilo de dirección y valores compartidos son potencialmente una fortaleza para la organización, es decir, se encuentra alineada con la postura estratégica de la Industria Licorera del Cauca, sin embargo, estos resultados tienen una tendencia baja con respecto a lo que se espera, por lo tanto, se deben generar estrategias que permitan fortalecer dichos factores. Por otra parte, los factores de personal, habilidades y sistemas aunque tienen unos porcentajes significativos y muy cercanos a los factores que dan cumplimiento, se deben establecer estrategias muy robustas entorno al fortalecimiento del personal a través de planes de carrera, gestión del cambio, adicionalmente la incorporación de nuevas tecnologías a los procesos con el fin de incrementar la eficiencia operativa y estratégica de los procesos de manera automática e integrada y bajo las nuevas tendencias.

7.1.6 Gestión de los Stakeholders

Se identifican los stakeholders que interactúan con la Industria Licorera del Cauca y que afectan o son afectadas por la ejecución de las decisiones o actividades.

Tabla 6. Stakeholders - Industria Licorera del Cauca

Stakeholders	Interés del Stakeholders	Interés de la empresa	Interés	Impacto
Colaboradores	Trabajan continuamente en el desarrollo y ejecución de estrategias que permitan el crecimiento y posicionamiento de la empresa, a través del cumplimiento de los objetivos y metas organizacionales	Desarrollo de las habilidades y competencias de los colaboradores, fomentar la participación con el fin del cumplimiento de los objetivos y metas organizacionales	5	5
Distribuidores	Comercializar los distintos productos de la Industria Licorera del Cauca a todos los municipios del departamento	Producir los distintos productos que serán comercializados con el fin de generar utilidades, posicionamiento y crecimiento de la empresa	5	5
Junta Directiva y Alta Gerencia	Generar las estrategias que permitan el crecimiento y posicionamiento de la Industria Licorera del Cauca, así como direccionar y administrar la empresa en su entorno	Tener directrices y lineamientos claros que faciliten la dinámica operativa de la empresa con el fin de alcanzar los objetivos de la empresa	4	5
Clientes	Adquirir productos de alta calidad, novedosos, a precios justos	Ofrecer al cliente la mejor experiencia con los productos, así como generar valor para fidelizar y satisfacer las necesidades de estos y el entorno	5	4

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 6 se puede evidenciar que los stakeholders tienen un alto grados de impacto/interés, estableciendo que la Industria Licorera del Cauca establece sus estrategias con la finalidad de trabajar para satisfacer y agregar valor a los clientes a través de la producción y comercialización de productos con altos estándares de calidad y a precios competitivos.

7.1.7 Matriz de Porter

Las fuerzas de Porter permiten hacer un estudio del negocio en función de las amenazas que puede llegar a representar los nuevos competidores o los productos/servicios sustitutos, adicionalmente al poder de negociación que poseen los clientes y proveedores en el sector; son importantes al determinar el potencial del sector con relación a la competitividad, rentabilidad y oportunidades que se puedan generar.

Se realiza el análisis respectivo de las cinco fuerzas de Porter para la Industria Licorera del Cauca, tal y como se muestra a continuación:

Tabla 7. Matriz de Porter

PERFIL COMPETITIVO	Hostil	Nada	Poco	Medio	Alto	Muy Alto	Favorable
Rivalidad empresas del sector							
- Crecimiento	Lento			X			Rápido
- Naturaleza de los competidores	Muchos			X			Pocos
- Exceso de capacidad productiva	Si		X				No
- Rentabilidad media del sector	Baja				X		Alta
- Diferenciación del producto	Escasa			X			Elevada
- Barreras de salida	Bajas			X			Altas
Barreras de Entrada							
- Economías de escala	No			X			Si
- Necesidad de capital	Bajas		X				Altas
- Acceso a la tecnología	Fácil				X		Difícil
- Reglamentos o leyes limitativos	No					X	Sí
- Trámites burocráticos	No					X	Sí
- Reacción esperada actuales competidores	Escasa			X			Enérgica
Poder de los Clientes							
- Número de clientes	Pocos					X	Muchos
- Posibilidad de integración ascendente	Pequeña			X			Grande
- Rentabilidad de los clientes	Baja					X	Alta
- Coste de cambio de proveedor para cliente	Bajo			X			Alto
Productos sustitutivos							
- Disponibilidad de Productos Sustitutivos	Grande				X		Pequeña
CONCLUSIÓN	> Estamos en un mercado altamente competitivo, en el que es muy difícil hacerse un hueco en el mercado.						Total
							60%

Fuente: Elaboración propia.

Para el caso de la Industria Licorera del Cauca se deben generar estrategias que potencien el nivel competitivo de la organización frente a sus competidores y sector, ya que el mercado es altamente competitivo debido a la diversificación del portafolio de productos y el impacto que genera la marca para los consumidores, como se ha visto anteriormente existen diferentes limitantes externas para que la organización pueda robustecer sus estrategias de tipo comercial, por ejemplo.

7.1.8 Matriz DOFA

De acuerdo con el despliegue metodológico anterior para identificar el contexto externo e interno, se realiza el análisis DOFA, que consiste en identificar los factores internos y externos que incidan dentro de la gestión de las operaciones de la organización; cuando se evalúan los factores internos son aquellos que son susceptibles a estrategias de cambio y mejora o de beneficio, teniendo en que las acciones estén bajo control de la organización. Por otra parte, los factores externos son muy difíciles de controlar, por lo tanto, la organización debe trabajar entorno a generar estrategias a partir de las oportunidades y amenazas del entorno competitivo.

Para la Industria Licorera del Cauca, se identifican las debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas, como se evidencia a continuación:

Tabla 8. Matriz DOFA - identificación Industria Licorera del Cauca

DEBILIDADES	Falta de generación de estrategias que permitan la apertura del mercado en otros departamentos
	Falta de integración de la información para facilitar la toma de decisiones
	Alta rotación del Talento Humano
	Altos costos en mantenimiento de la maquinaria y equipos
	Deficiencias en el control y gestión de inventarios
	Deficiencias en las herramientas e información para realizar una adecuada programación de la producción
	Restricción del mercado
AMENAZAS	Exigencias normativas
	Posicionamiento de marca de otras licoreras
	Nuevos productos sustitutos
	Población objetivo (edades)
	Cambios tecnológicos (Limitación de la capacidad de producción)
	Requerimientos tributarios
	Situaciones externas en la distribución de Materia Prima o Producto Final (Ejemplo: Paros, Vías inadecuadas, sobrestimación en tiempo, entro otros)
FORTALEZAS	Fenómenos naturales
	Situaciones de salud pública que limiten la operación normal de la empresa
	Generación de proyectos innovadores relacionados con las buenas prácticas y el mejoramiento continuo en los procesos de la empresa
	Estrategias fuertes relacionada con el posicionamiento de marca a través de los distintos canales de comunicación
	Talento Humano altamente competente

OPORTUNIDADES	Altos estándares de calidad en los productos
	Adaptabilidad a los cambios del contexto interno o externo
	Reconocimiento internacional de los productos, debido a la participación y obtención de premios en distintos concursos como el Monde Selection entre otros.
	Empresa certificada en distintas normas como ISO 9001, BPM entre otras por el cumplimiento de los estándares
	Alto nivel de compromiso al desarrollo cultural y socioeconómico del departamento relacionado con las utilidades generadas por la empresa
	Acercamiento e integración constante con los distribuidores de los productos
	Posicionamiento de marca en otros departamentos
	Convenios interinstitucionales que promuevan la innovación y optimización de los procesos
	Disponibilidad de la Información
	Establecer un sólido plan de mercadeo
	Adquisición de nuevas tecnologías
	Interrelación con clientes externos
	Implementación de herramientas tecnológicas para facilitar las operaciones

Fuente: Elaboración propia.

Teniendo definida la matriz DOFA, se procede a identificar la estrategia más relevante para la Industria Licorera del Cauca, para ello se realizan cuatro matrices cruzadas (FO, AF, OD y AD) que de acuerdo con una ponderación de 0 a 4 se obtiene la puntuación de la siguiente manera:

Tabla 9. Resultado de las estrategias según DOFA

Relaciones	Tipología de estrategia	Puntuación	Descripción
FO	Estrategia Ofensiva	84,92%	Deberá adoptar estrategias de crecimiento
AF	Estrategia Defensiva	17,98%	La empresa está preparada para enfrentarse a las amenazas
AD	Estrategia de Supervivencia	30,36%	Se enfrenta a amenazas externas sin las fortalezas necesarias para luchar con la competencia
OD	Estrategia de Reorientación	15,61%	La empresa no puede aprovechar las oportunidades porque carece de preparación adecuada

Fuente: Elaboración propia.

Dado lo anterior, se identifica que la estrategia más oportuna para la Industria Licorera del Cauca, es la relacionada con la Estrategia Ofensiva con un 84,92%, lo que representa que la organización debe generar estrategias y su PEI debe estar orientado en el fortalecimiento del Plan Comercial con el fin de generar un posicionamiento de marca más contundente y

enfocarse en la apertura de nuevos mercados en otros departamentos, así mismo, es importante que internamente se adopten posturas relacionadas con las nuevas tendencias tecnológicas que mejoren significativamente la toma de decisiones a través de la información e incorporar mejoras a nivel de infraestructura de producción que maximice la eficiencia operativa, respondiendo al PEI planteado.

De lo anterior se puede concluir que la Industria Licorera del Cauca direcciona su Plan Estratégico 2023-2026 por medio de la metodología del Balanced Scorecard, integrado por Indicadores Claves de Desempeño (KPI's), esto permite de estructurar toda la gestión productiva necesaria que responda a la estrategia organizacional.

El proceso de producción establece los siguientes KPI's:

- PRODUCCION DE AGUARDIENTE
- PRODUCCION DE CREMAS Y ESCARCHADOS
- PRODUCCION DE GINEBRA
- PRODUCCION DE TERMOENCOGIBLE
- PRODUCCION DE SABORIZADOS LIMÓN y MANDARINA
- PRODUCCION DE TETRAPACK
- REDUCIR EL IMPACTO AMBIENTAL EN EL MANEJO DE LOS RESIDUOS DE LA PRODUCCIÓN
- DISPONIBILIDAD
- COSTO TOTAL DE MANTENIMIENTO POR FACTURACIÓN
- OEE

7.2 CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA INDUSTRIA LICORERA DEL CAUCA

Se realizó el levantamiento del Mapa de Flujo de Valor o VSM (Value Stream Map), el cual permite conocer la información más representativa relacionada con cada una de las operaciones del proceso productivo de la Industria Licorera del Cauca, compuesto por los procesos de Preparación y Envasado de Aguardiente. Inicialmente se establece el flujo de información, seguido por el flujo de materiales y finalmente el mapeo del proceso.

7.2.1 Flujo de información

El jefe de la División de Producción es el responsable de la elaboración del Programa de Producción y el Plan de Requerimiento de Materiales, los cuales se realizan en Excel y son llevados en físico al área de archivo, quienes notifican a las diferentes áreas de la empresa para que puedan programar dentro de su operación, las actividades que permitan gestionar de forma adecuada y eficiente la producción de la vigencia siguiente. Una vez, realizada la notificación interna, se realiza por medio del correo electrónico la notificación a los diferentes proveedores el Plan de Requerimiento de Materiales, con el fin de trabajar articuladamente en el cumplimiento de las fechas y cantidades establecidas para cumplir con el Programa de Producción; los proveedores realizan los envíos de la materia prima e insumos a la empresa, cuando esta llega, el jefe de la División de Producción, notifica por medio de correspondencia interna a los colaboradores que hacen parte del área de producción para dar inicio a la producción, así mismo se notifica por medio de correspondencia interna al área de Producto Terminado para que haga el alistamiento y

posterior almacenaje del producto verificado, desde allí se realiza el control de inventarios y posterior distribución directamente a los clientes.

7.2.2 Flujo de materiales

La Industria Licorera del Cauca produce diferentes tipos de aguardientes: Tradicional y Sin Azúcar en tres presentaciones: Media 375 C.C, Botella 750 C.C y Garrafa 1750 C.C, estos productos son considerados de alta rotación (alto consumo en el mercado). Además de la producción de aguardiente, se producen otros tipos de productos denominados de baja rotación (producido por temporadas), tales como Escarchados, Cremas, Ron y Ginebra; todos estos productos conforman la familia de productos, tal y como se muestra en la *Figura 16*.

Figura 16. Diagrama de familia de productos.

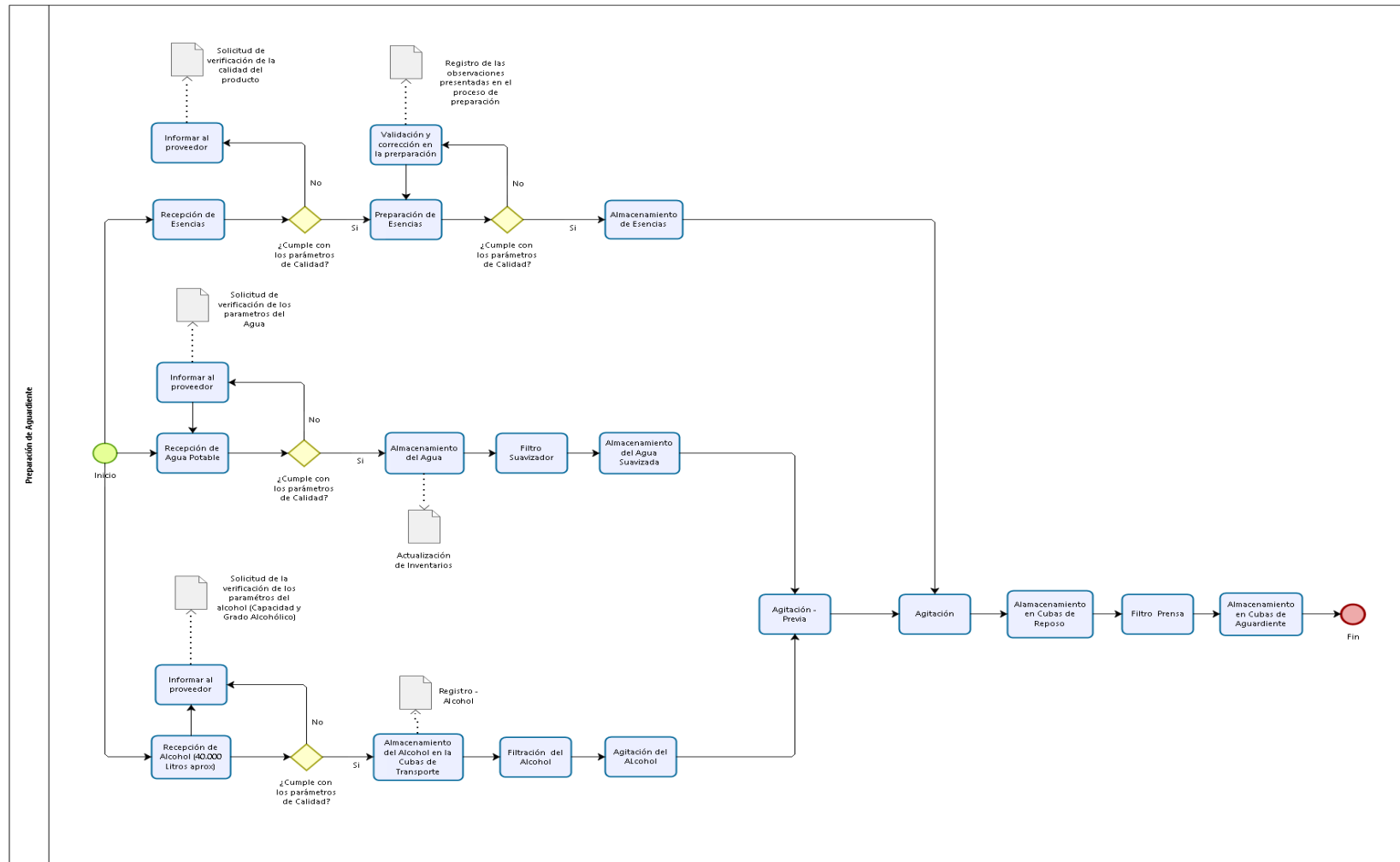


Fuente: Elaboración propia.

7.2.2.1 Proceso de preparación de aguardiente

En este punto se detalla el proceso de preparación del aguardiente con la finalidad de establecer la secuencia de actividades que lo componen, como se muestra en la *Figura 17*.

Figura 17. Proceso de preparación del aguardiente.



Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se realiza la descripción detallada del proceso de preparación:

Fase 1: Alcohol

El alcohol es transportado desde Soderal en carrotanques que cuentan con una capacidad de 40.000 Litros aproximadamente, una vez arriban a la empresa, los colaboradores del área de calidad toman muestras (1.500 C.C) de cada uno de los compartimientos con el fin de verificar el grado alcohólico de 96.3%, entre otros análisis complementarios, esto con el objetivo de dar cumplimiento a los parámetros establecidos e iniciar con la descarga del alcohol en las cubas correspondientes. Los carrotanques se conectan a las motobombas B-101 y B-102 por medio de mangueras con una longitud aproximada a los 4 metros de largo y 2" ½ de diámetro, el alcohol transportado pasa por el filtro F-104 para eliminar cualquier impureza, finalmente es almacenado en las cubas TK 101, TK 102, TK 103, TK 104, TK 105, TK 106 y TK 107, que cuentan con una capacidad de almacenamiento de 40.000 Litros, sin embargo, la cuba TK 107, tiene una capacidad de almacenaje mayor con 90.000 Litros.

Fase 2: Agua Suavizada

El agua proviene directamente del acueducto municipal, pasa por el filtro F-001 para eliminar cualquier impureza, para luego ser almacenada en los tanques TK-001 y TK-002, los cuales cuentan con una capacidad de 13.500 Litros; una parte del fluido se va para el área de envasado y la otra pasa por el filtro suavizador F-002, para eliminar iones de calcio, magnesio y alguno de hierro, finalmente se almacena en la cuba TK-002-1 para posteriormente ser usada en la preparación de aguardiente.

Fase 3: Preparación de Aguardiente

Se inicia el proceso con el llenado de las cubas TK-A1 y TK-B1, las cuales cuentan con una capacidad de almacenamiento de 1.575 Litros para cada una aproximadamente con alcohol a través de las bombas B-103 y B-104, el preparador en turno inicia la agitación, bombeando con 1.575 Litros de agua suavizada usando las bombas B004-1 y B004-2, posteriormente se adicionan las esencias previamente alistadas por el preparador, luego se bombean otros 2.050 Litros de agua suavizada a la mezcla, una vez esté lista, el preparador toma una muestra del líquido y la lleva al área de calidad, en donde se procede a establecer el grado alcohólico, el cual no puede sobrepasar los 29,3%.

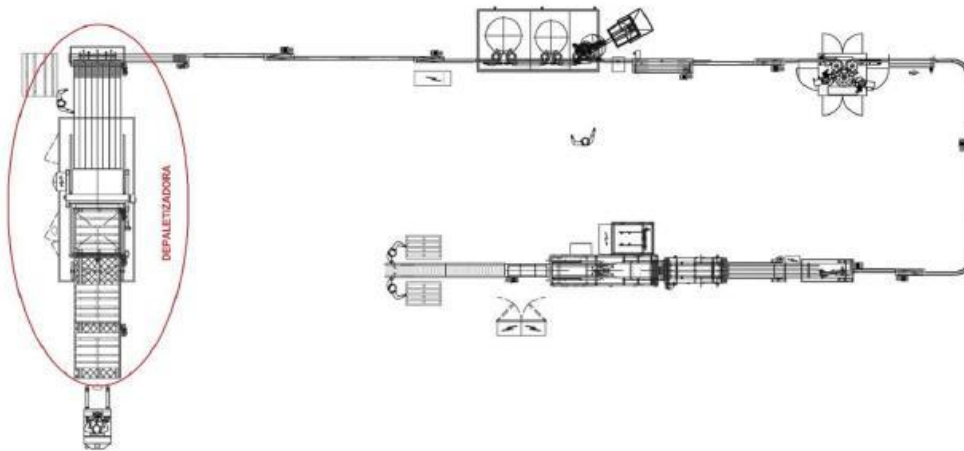
7.2.2.2 Proceso de envasado de aguardiente

La infraestructura de producción de la Industria Licorera del Cauca se compone de las siguientes maquinarias y equipos:

- **Línea de envasado**

La Industria Licorera del Cauca actualmente cuenta con una línea de envasado marca Filling Systems (2003) tipo GRVm-GP 24-24-4 compuesta por siete máquinas y un sistema de aire comprimido en donde se procesan tres referencias de aguardiente sin azúcar y tradicional (Garrafa (1750 C.C), Botella (750 C.C), Media (350 C.C)).

Figura 18. Infraestructura de producción.



Fuente: Elaboración propia.

- **Depaletizadora**

Depaletizadora, modelo: Depal VEGA 60. El Depalettizzatore es un depaletizador semiautomático que se compone de una mesa de extracción para la salida de botellas. Se adecua para producciones media – baja, pero se puede adecuar con una serie de accesorios para que alcance producciones de aproximadamente (Max. 7000 botellas/h).

- **Módulo de llenado o Triblock**

El Triblock está compuesto por 3 máquinas (Enjuagadora, Llenadora, Tapadora), marca Filling Systems, modelo: 2003, tipo GRVm-GP 24-24-4; la máquina enjuagadora se encarga del lavado de las botellas antes de la fase de llenado, el proceso de lavado sucede por medio de un chorro de agua, después la máquina inclina la botella para que el agua que queda adentro de la misma pueda salir por la boquilla; luego la botella pasa hacia la máquina llenadora, en donde el producto (Aguardiente tradicional o Aguardiente sin azúcar) es depositado dentro de las botellas, finalmente la botella pasa a la máquina tapadora de la cual mediante un canal de bajada, se contienen las tapas que se ajustarán a las botellas.

- **Alimentador**

El Alimentador, marca Filling Systems, modelo: 2003, tipo ALM – 02, está diseñado para elevar las tapas de plástico mediante una cinta de tipo persiana. Las tapas se elevan uniformemente desde el interior de la tolva a un ritmo aproximado de 9.000 tapones/h, y finalmente bajan por el canal para ser colocados en la botella. La capacidad de la tolva es de aproximadamente 3.500 tapas.

- **Etiquetadora**

La máquina etiquetadora marca P.E. LABELLERS, modelo PROGRESS S 9T/540/2S-2E con matrícula N° M. 00884, se encarga de colocar la etiqueta sobre cada una de las botellas que ingresan a la máquina, la cual es pegada con caseína (un tipo de pegamento frío).

- **Inkjet de marcación (Videojet)**

Los VideoJet VJ1220 y VJ1280 por 4 unidades, se compone de dos conjuntos básicos: el primero de ellos es la unidad de control y el otro son los cabezales de impresión, los cuales están conectados por varios conjuntos umbilicales (conductos flexibles que contienen las líneas eléctricas y el fluido). La unidad de control está conformada por los compartimientos electrónico, hidráulico y neumático. El compartimiento hidráulico o Gabinete de sistema hidráulico, es donde se almacena y mantiene la tinta y diluyente que asegura el correcto espesor del fluido, también se aplica la presión a la tinta para asegurar la velocidad correcta en que las gotas de tinta lleguen al cabezal de impresión. En el compartimiento neumático se regula, controla y distribuye la presión de aire de entrada. Finalmente, en el compartimiento electrónico se encuentran todas las señales electrónicas y eléctricas para generar y controlar la impresión.

- **Devider**

El Divider marca Filling Systems, modelo 3710650061, año: 2003 con matrícula 2558. La máquina se encarga de la distribución de botellas, las cuales inicialmente llegan en fila por los canales que compone la matriz de las botellas, donde son separadas según el número y la presentación que se esté realizando, de aquí salen listas para empacar.

- **Encartonadora o Embaladora**

La máquina embaladora Wrap-Around se compone de: Un trecho de cinta en forma de persiana de 4/6 vías o cinta reticulada Intralox. Separadores y un distribuidor el cual evita que las botellas se atasquen durante el proceso, agrupándolas correctamente, sobre una cinta reticulada idónea para separarlas y así formar los grupos que se van a embalar según las especificaciones dadas.

Un sistema de fijación que se encarga de sujetar en la parte posterior las botellas en el momento que se para para hacer la separación.

En el proceso, la caja es recogida del almacén con unas ventosas alimentadas por generados de efecto Venturi, durante este momento se dobla en forma de L y es trasladada en un ángulo de 90° a la zona de carga donde se coincide con el producto. Luego, el producto y la caja avanzan a la siguiente fase de cierre superior. Ahora, se dobla la tapa y se aplica pegante en la solapa interna superior, se detiene la caja, se levanta la solapa posterior y se dobla la tapa interna. Finalmente, en la siguiente fase se aplica pegante al momento del traslado y se doblan las cuatro (4) tapas exteriores. El sistema de compresión integrado garantiza que la caja este perfectamente pegada.

- **Sistema de transporte**

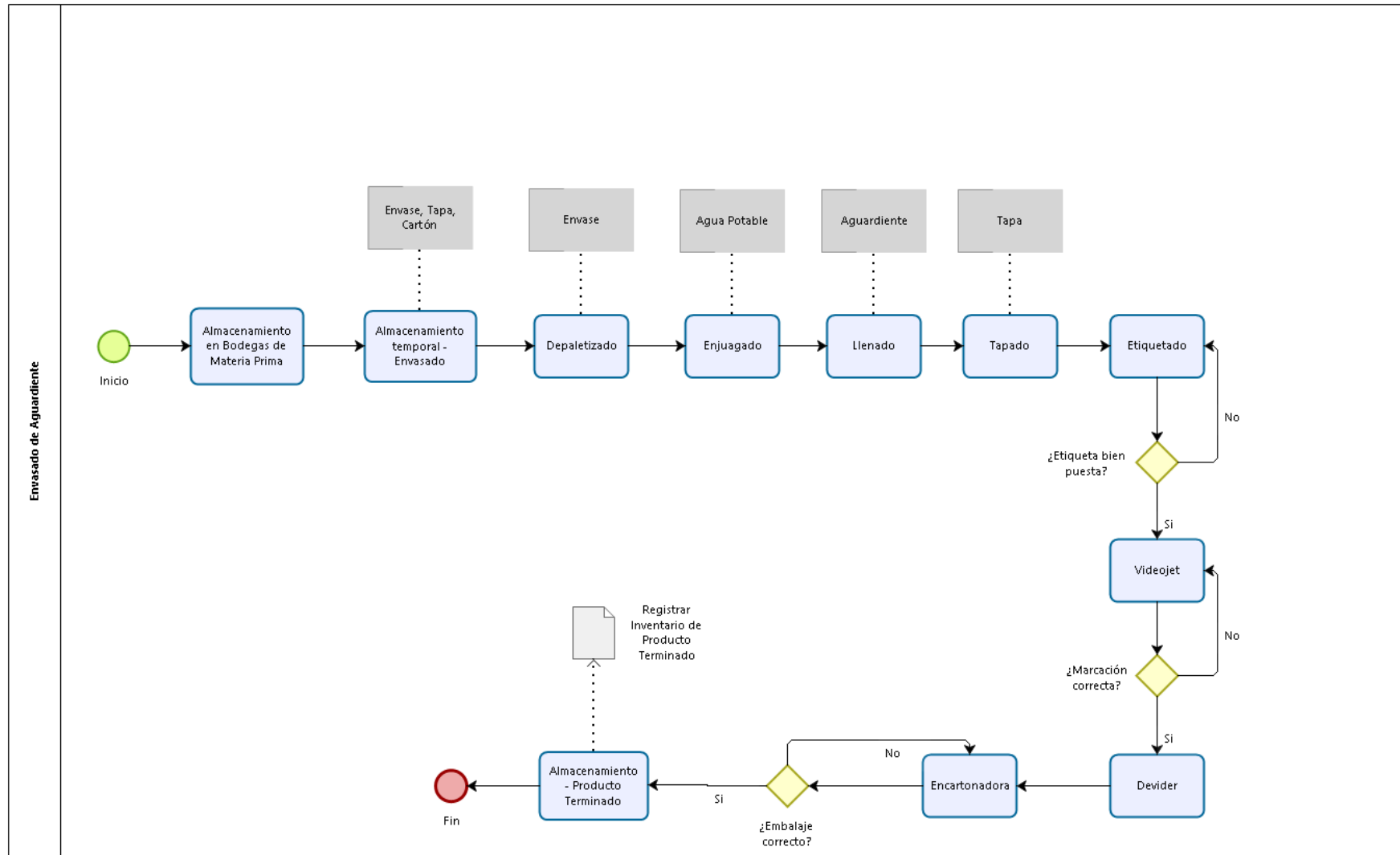
El sistema de transporte marca Filling Systems, modelo 03.11.206, año 2003, se encarga de la sincronización de todas las máquinas que hacen parte de la línea de envasado, es aquí en donde se controlan las velocidades de las cadenas de transporte de la presentación que se esté produciendo en ese momento, además controla toda la red de comunicaciones entre PLC's (PROFIBUS).

- **Sistema de aire comprimido**

Marca INGERSOLL RAND, Modelo SSR-UP6-30-150, serie 09m-008203. El sistema de aire comprimido se encarga de generar el aire a presión necesario para que las máquinas funcionen, el sistema posee filtros a la salida del tanque para garantizar aire limpio y seco.

En la *Figura 19*, se muestra cada una de las operaciones que hacen parte del proceso de envasado de aguardiente.

Figura 19. Proceso de envasado de aguardiente.



Fuente: Elaboración propia.

- **Inventarios por operación**

Se realizó el cálculo del inventario por operación, el cual consiste en determinar la cantidad de producto existente en medio de las operaciones. Para el proceso de preparación de aguardiente corresponde a el líquido entre operaciones y para el proceso de envasado corresponde a la cantidad de botellas entre las operaciones.

Tabla 10. Inventarios por operación

OPERACIÓN	PRESENTACIÓN	INVENTARIO
AGITACIÓN	Media Botella 375 C.C	10.938 litros
	Botella 750 C.C	10.938 litros
	Garrafa 1750 C.C	12.760 litros
ALMACENAMIENTO EN CUBAS DE REPOSO	Media Botella 375 C.C	10.938 litros
	Botella 750 C.C	10.938 litros
	Garrafa 1750 C.C	12.760 litros
FILTRO PRENSA	Media Botella 375 C.C	10.938 litros
	Botella 750 C.C	10.938 litros
	Garrafa 1750 C.C	12.760 litros
ALMACENAMIENTO EN CUBAS DE TRANSPORTE	Media Botella 375 C.C	10.938 litros
	Botella 750 C.C	10.938 litros
	Garrafa 1750 C.C	12.760 litros
DEPALETIZADO	Media Botella 375 C.C	N/A
	Botella 750 C.C	N/A
	Garrafa 1750 C.C	N/A
TRIBLOCK (ENJUAGADO, LLENADO Y TAPADO)	Media Botella 375 C.C	963 unidades
	Botella 750 C.C	580 unidades
	Garrafa 1750 C.C	395 unidades
ETIQUETADO	Media Botella 375 C.C	73 unidades
	Botella 750 C.C	52 unidades
	Garrafa 1750 C.C	32 unidades
MARCACIÓN (VIDEOJET)	Media Botella 375 C.C	33 unidades
	Botella 750 C.C	34 unidades
	Garrafa 1750 C.C	16 unidades
DEVIDER	Media Botella 375 C.C	98 unidades
	Botella 750 C.C	84 unidades
	Garrafa 1750 C.C	68 unidades
ENCARTONADORA	Media Botella 375 C.C	172 unidades
	Botella 750 C.C	167 unidades
	Garrafa 1750 C.C	126 unidades

Fuente: Elaboración propia.

Este inventario fue realizado por medio del método de observación, en donde, se recolectaba información en campo de la cantidad de producto (líquido y botellas) que se represaban entre operaciones durante el proceso de producción.

- **Tiempo de ciclo**

Se realizó el cálculo del Tiempo de Ciclo de cada una de las operaciones usando el método de cronometraje vuelta a cero que consiste en medir el tiempo en el que ingresa y sale la botella de

la operación, en ese momento se desactiva el cronometro y se coloca nuevamente en 0 procediendo a tomar un nuevo registro.

Tabla 11. Tiempo de ciclo por operación.

OPERACIÓN	PRESENTACIÓN	TIEMPO (MINUTOS)
AGITACIÓN		120
ALMACENAMIENTO EN CUBAS DE REPOSO	Agte Tradicional O Sin	720
FILTRO PRENSA	Azúcar	0
ALMACENAMIENTO EN CUBAS DE TRANSPORTE		50
DEPALETIZADO	Media Botella 375 C.C	1,13
	Botella 750 C.C	1,15
	Garrafa 1750 C.C	1,18
TRIBLOCK (ENJUAGADO, LLENADO Y TAPADO)	Media Botella 375 C.C	0,725
	Botella 750 C.C	0,863
	Garrafa 1750 C.C	0,89
ETIQUETADO	Media Botella 375 C.C	0,205
	Botella 750 C.C	0,224
	Garrafa 1750 C.C	0,242
MARCACIÓN (VIDEOJET)	Media Botella 375 C.C	0,003
	Botella 750 C.C	0,008
	Garrafa 1750 C.C	0,0092
DEVIDER	Media Botella 375 C.C	2,358
	Botella 750 C.C	1,427
	Garrafa 1750 C.C	1,395
ENCARTONADORA	Media Botella 375 C.C	0,694
	Botella 750 C.C	0,676
	Garrafa 1750 C.C	0,64
	Garrafa 1750 C.C	126 unidades

Fuente: Elaboración propia.

- **Tiempo de cambio de formato** (Arciniegas Sánchez, Segura Mosquera, Mendoza Chacón, & Espinosa Erazo, 2017)

El cambio de formato en la Industria Licorera del Cauca se entiende como el proceso de ajuste de la maquinaria y equipos que hace parte del proceso de producción para cambiar de una presentación a otra; para determinar el tiempo de cambio de formato se utiliza el método de cronometraje vuelta a cero.

Es importante tener en cuenta que este ajuste solamente se realiza en el proceso de envasado de aguardiente.

Tabla 12. Tiempo de cambio de formato por operación.

OPERACIÓN	TIEMPO (MINUTOS)
DEPALETIZADO	8
TRIBLOCK (ENJUAGADO, LLENADO Y TAPADO)	129
ETIQUETADO	47
MARCACIÓN (VIDEOJET)	7
DEVIDER	122
ENCARTONADORA	88

Fuente: Elaboración propia.

- **Jornada laboral**

Los colaboradores que hacen parte del proceso productivo laboran en dos turnos, el primero comienza a las 6:00 am y termina a la 1:00 pm; el segundo turno inicia a la 1 pm y termina a las 7:00 pm. En cada turno existe un tiempo de descanso de 20 min, sin embargo, en algunas ocasiones se trabajan jornadas extras o fines de semana.

En la actualidad y debido al impacto de la pandemia, estas jornadas se vieron afectadas, así como la producción.

- **Cálculo del Takt Time** (ThomasNet News, 2019)

Se refiere al tiempo que es necesario para producir un producto para satisfacer la demanda del cliente en cualquiera de las presentaciones, para realizar el cálculo se utiliza la siguiente fórmula:

$$Takt\ Time = \frac{Tiempo\ Disponible}{Demanda\ Diaria}$$

Aplicando la fórmula anterior, se determina el Takt Time para el proceso de producción:

Tabla 13. Takt time por operación.

PRESENTACIÓN	TIEMPO DISPONIBLE (MIN)	DEMANDA DIARIA (UND)	TAKT TIME (MIN/UND)
MEDIA BOTELLA 375 C.C.	680	10327	0,066
BOTELLA 750 C.C.	680	7267	0,094
GARRAFA 1750 C.C.	680	797	0,853

Fuente: Elaboración propia

Para este cálculo no se tiene en cuenta aquellos tiempos generados a partir de paradas no programadas debido a que estas son impredecibles y tampoco son presenten de forma constante.

Una vez se cuenta con toda la información completa relacionada con el proceso de producción, se actualizó el Value Stream Map (VSM), tal y como se muestra a continuación:

[illegible]

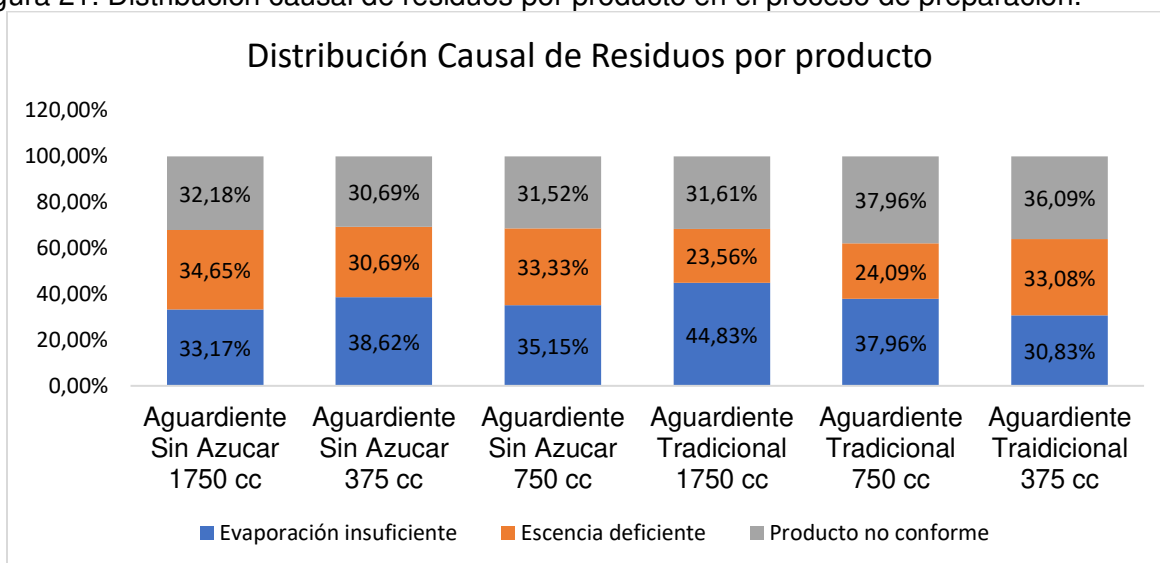
PRESENTACIÓN	TIEMPO DISPONIBLE (MIN)	DEMANDA DIARIA (UND)	TAKT TIME (MIN/UND)
Media Botella 375 C.C	680	10327	0,066
Botella 750 C.C	680	7267	0,094
Garrafa 1750 C.C	680	797	0,853

7.2.3 Estudio de capacidad y estabilidad del proceso de preparación y envasado de aguardiente

De acuerdo con lo visualizado en el VSM del proceso de producción, se realizó la identificación del proceso que está generando mayor cuello de botella dentro de todo el flujo. De acuerdo con esto, y en línea con lo descrito por (Espin Carbonell, 2013), los tiempos de preparación son cruciales para reducir el tiempo total del flujo de los procesos. Por esta razón, se determinó como variable principal asociada al rendimiento del proceso:

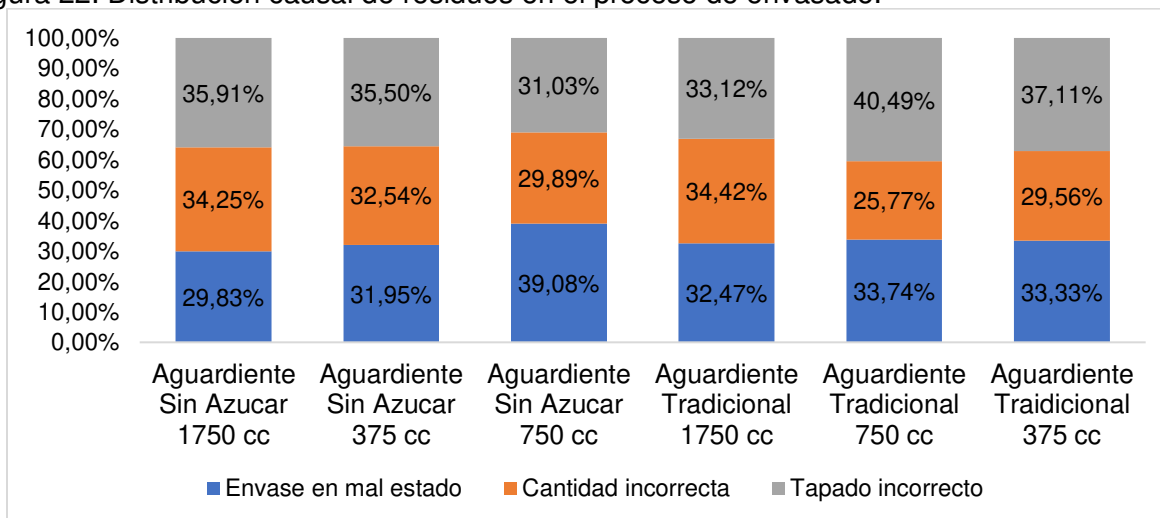
Y_1 : Tiempo de Preparación

Figura 21. Distribución causal de residuos por producto en el proceso de preparación.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 22. Distribución causal de residuos en el proceso de envasado.



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 21 y Figura 22 se puede observar que para las presentaciones de Aguardiente Tradicional 750 CC y Aguardiente Tradicional 1750 CC el mayor porcentaje de desperdicios está

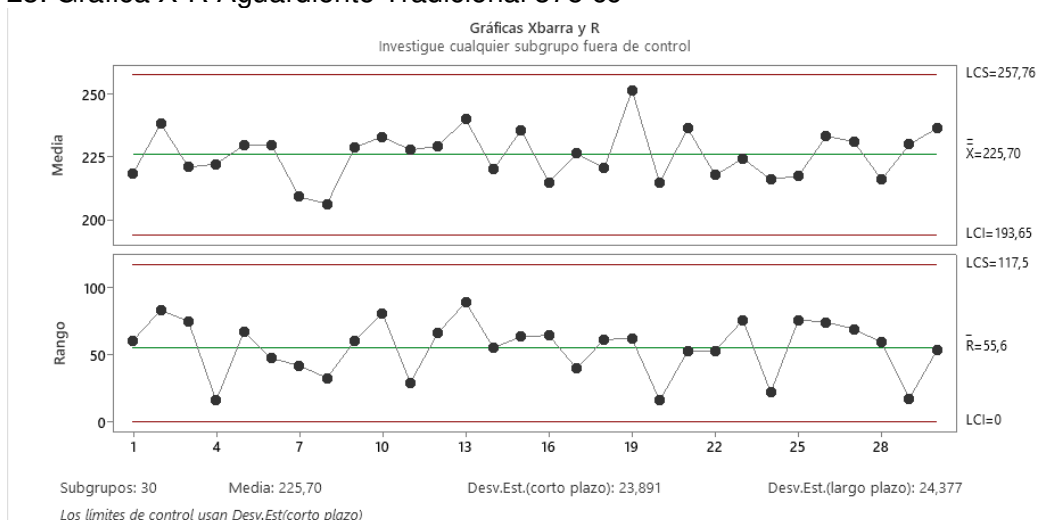
relacionado con el tapado incorrecto representado con un 40,49% y la evaporación insuficiente con un 44,83%. Los demás puntos críticos identificados superan el 20% lo cual es preocupante para los líderes del proceso de producción, debido al impacto negativo que generan en el rendimiento, costos de no calidad e insatisfacción al cliente, principalmente.

Una vez evaluada la representación porcentual de cada uno de los desperdicios, se realizó el estudio de capacidad del proceso, que consiste en la “comparación de la amplitud de la dispersión del proceso con la amplitud de la dispersión de especificación, lo que define la cantidad máxima de variación permitida de acuerdo con los requisitos del cliente. Cuando un proceso es capaz, la dispersión del proceso es menor que la dispersión de especificación” (Minitab, 2019). Para realizar el análisis, se hizo uso de los gráficos X-R debido a que se cuenta con una variable continua que, con el análisis que se realiza, se distribuye normalmente (Valdiviezo & Fermín, 2010). La recolección de la información consistió en generar un total de 30 muestras de 5 subgrupos cada una con la finalidad de asegurar una óptima normalidad en la información. A continuación, se muestran los resultados para cada uno de los productos.

- **Proceso de preparación de aguardiente**

En este punto, se muestran cada uno de los gráficos de control X-R para el proceso de preparación de aguardiente por cada una de las presentaciones.

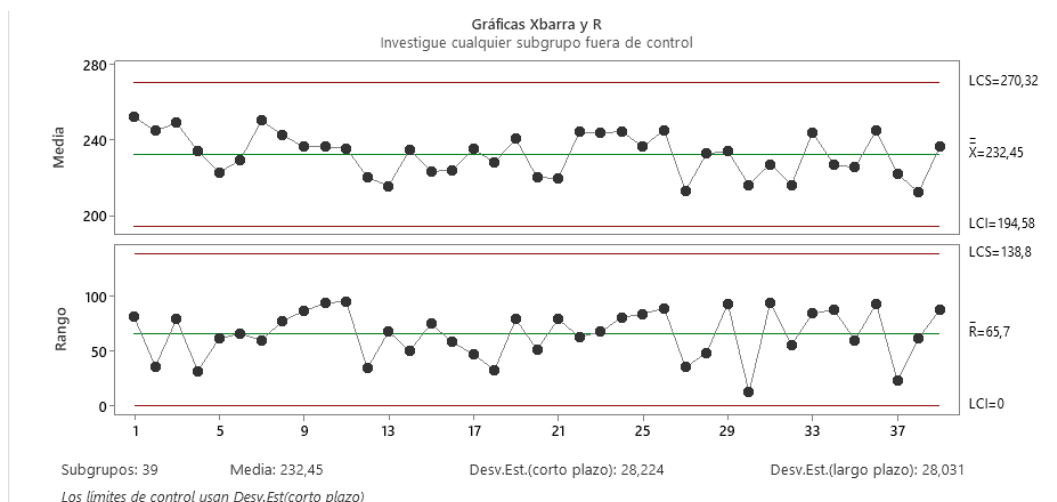
Figura 23. Gráfica X-R Aguardiente Tradicional 375 cc



Fuente: Elaboración propia.

La Figura 23 muestra que el aguardiente tradicional de 375 cc tiene un tiempo medio entre 193.65 y 257.70 minutos, con un rango medio de 55.6 minutos. Si bien, el proceso se encuentra controlado estadísticamente (ya que la información recolectada se muestra dentro de los límites de control), se observan valores muy cercanos a los límites en subgrupos específicos.

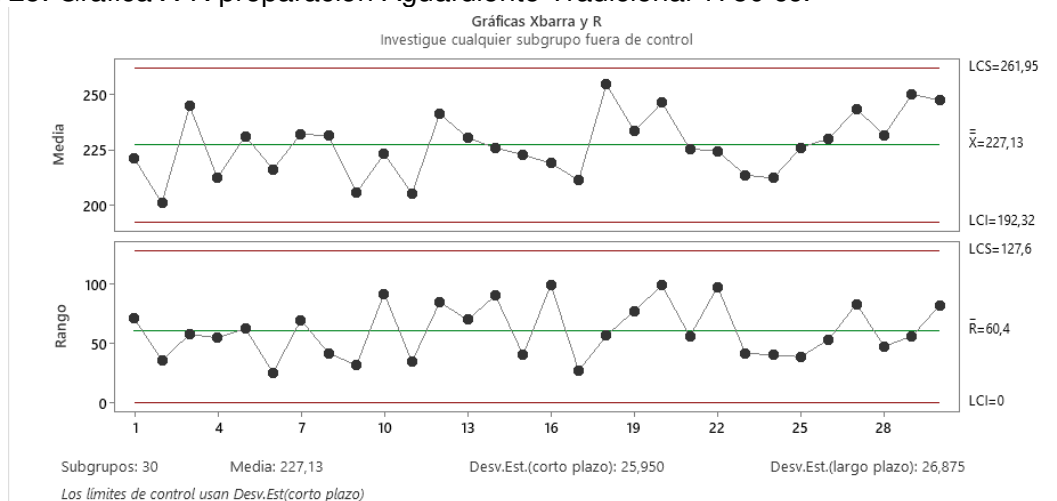
Figura 24. Gráfica X-R preparación Aguardiente Tradicional 750 cc.



Fuente: Elaboración propia.

La Figura 24 muestra que el aguardiente tradicional de 750 cc tiene un tiempo medio entre 194.58 y 270.32 minutos, con un rango medio de 65.7 minutos. Al igual que el aguardiente tradicional de 375 cc, aunque el proceso se encuentra controlado estadísticamente, se muestran puntos críticos en subgrupos específicos que hacen que los límites del proceso sean amplios.

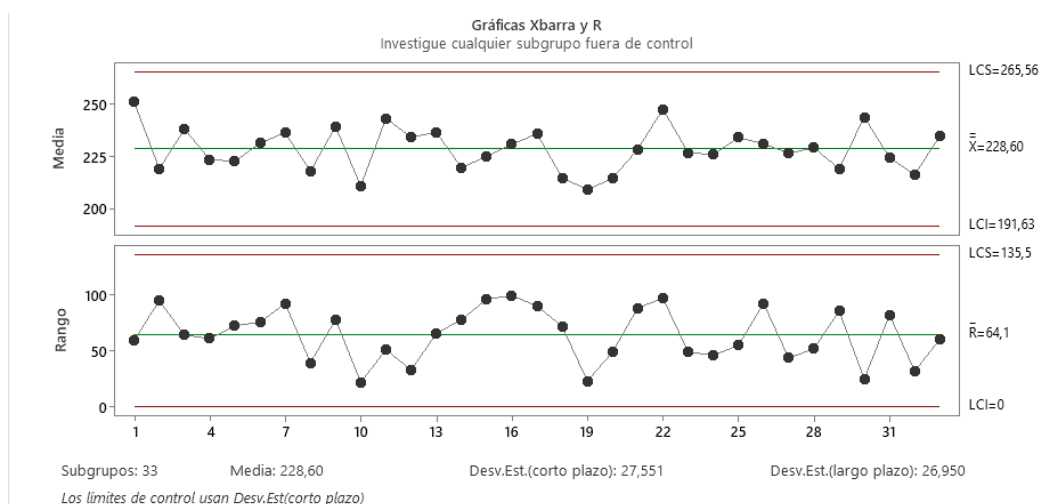
Figura 25. Gráfica X-R preparación Aguardiente Tradicional 1750 cc.



Fuente: Elaboración propia.

La Figura 25 muestra que el aguardiente tradicional de 1750 cc tiene un tiempo medio entre 192.32 y 261.95 minutos, con un rango medio de 60.4 minutos, indicando un proceso estadísticamente controlado, pero con un punto crítico en el subgrupo número 17 que generó una ampliación en los límites del proceso.

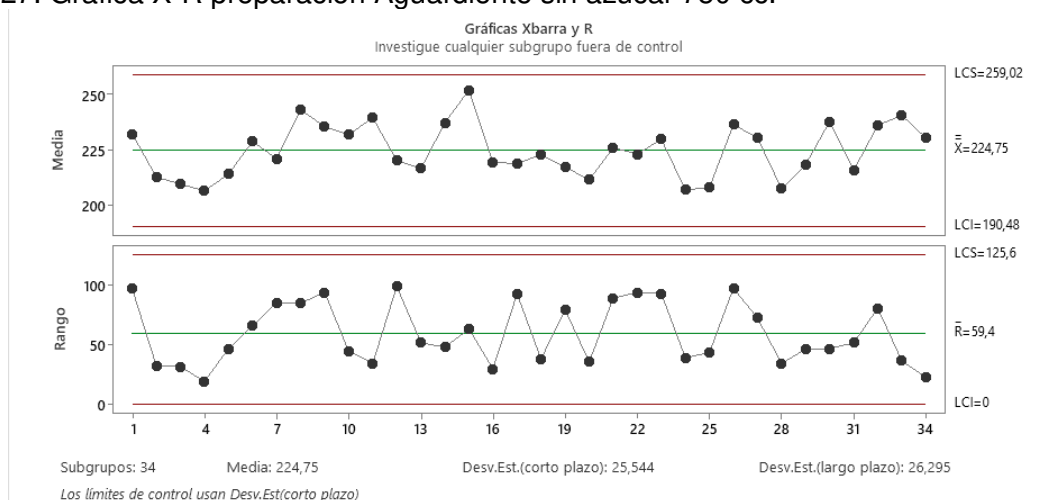
Figura 26. Gráfica X-R preparación Aguardiente sin azúcar 375 cc.



Fuente: Elaboración propia.

La Figura 26 muestra que el aguardiente sin azúcar de 375 cc se encuentra controlado estadísticamente con un tiempo medio entre 191.63 y 265.56 minutos, teniendo un rango promedio de 64.1 minutos en los subgrupos. Al igual que los productos tradicionales, existen puntos críticos en las muestras tomadas que generó una ampliación en los límites de control.

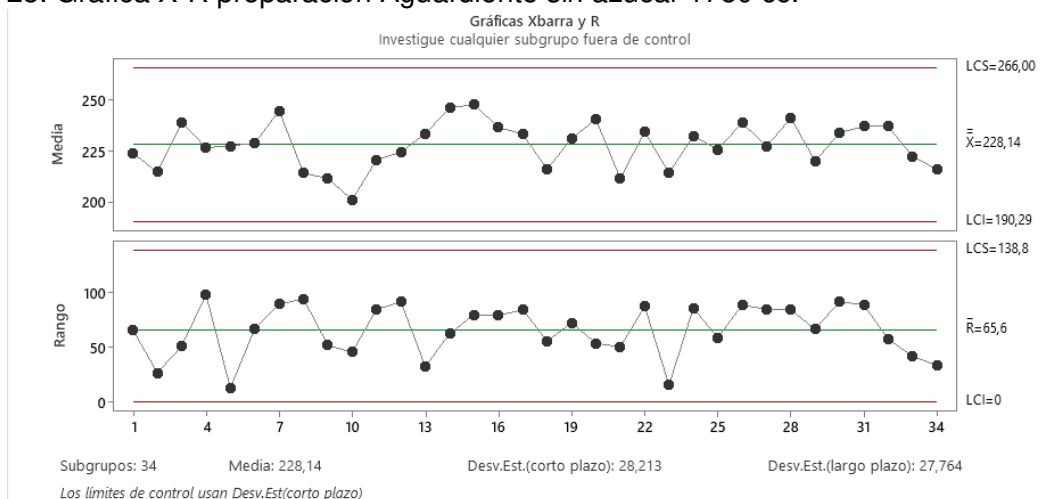
Figura 27. Gráfica X-R preparación Aguardiente sin azúcar 750 cc.



Fuente: Elaboración propia.

La Figura 27 muestra que el aguardiente sin azúcar de 750 cc tiene un tiempo medio entre 190.48 y 259.02 minutos, con un rango promedio de 59.4 minutos. En comparación con los productos mostrados anteriormente, este cuenta con una amplitud de los límites de control ligeramente menor lo que indica un menor ruido en el momento de la toma de información, no obstante, el proceso para este producto se encuentra controlado estadísticamente.

Figura 28. Gráfica X-R preparación Aguardiente sin azúcar 1750 cc.



Fuente: Elaboración propia.

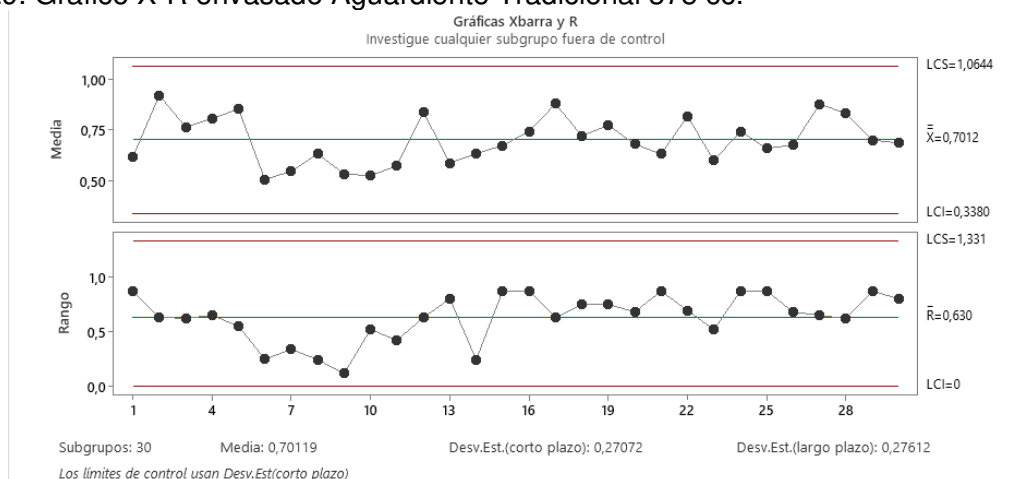
La Figura 28 muestra que el aguardiente sin azúcar de 1750 cc tiene un tiempo medio entre 190.29 y 266.00 minutos, con un rango promedio de 65.6 minutos. El proceso se encuentra controlado estadísticamente, no obstante, cuenta con puntos críticos que afectan los límites de control.

Como se observó en lo descrito anteriormente, el comportamiento del rango de datos es consistente, oscilatorio y con cambios rápidos en el tiempo con lo que significa que, durante las operaciones, los operarios realizan intervenciones constantes para mitigar las eventualidades que se van presentando, éstas están relacionadas con los puntos críticos observados en las distintas gráficas y aún con estos, todos los productos se encuentran controlados estadísticamente en cuanto al tiempo de preparación del mismo.

- **Proceso de envasado de aguardiente**

A continuación, se muestran los gráficos de control del proceso de envasado, para los productos seleccionados.

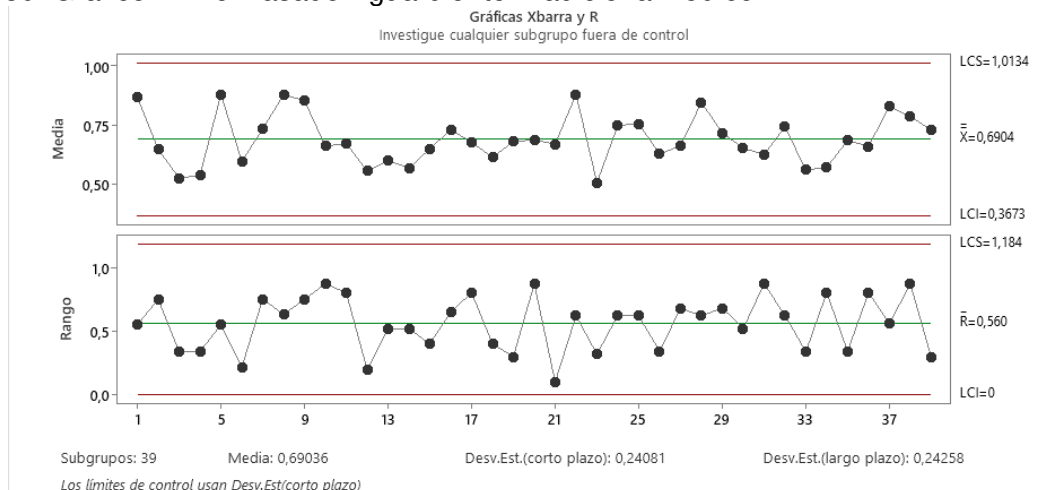
Figura 29. Gráfico X-R envasado Aguardiente Tradicional 375 cc.



Fuente: Elaboración propia.

La Figura 29 muestra que el aguardiente tradicional de 375 cc tiene un tiempo entre 0.3380 y 1.0644 minutos, con un rango promedio de 0.630 minutos. Existen puntos críticos en algunos subgrupos del conjunto de observaciones, sin embargo, se encuentra dentro de los límites de control por lo que el proceso se encuentra controlado estadísticamente.

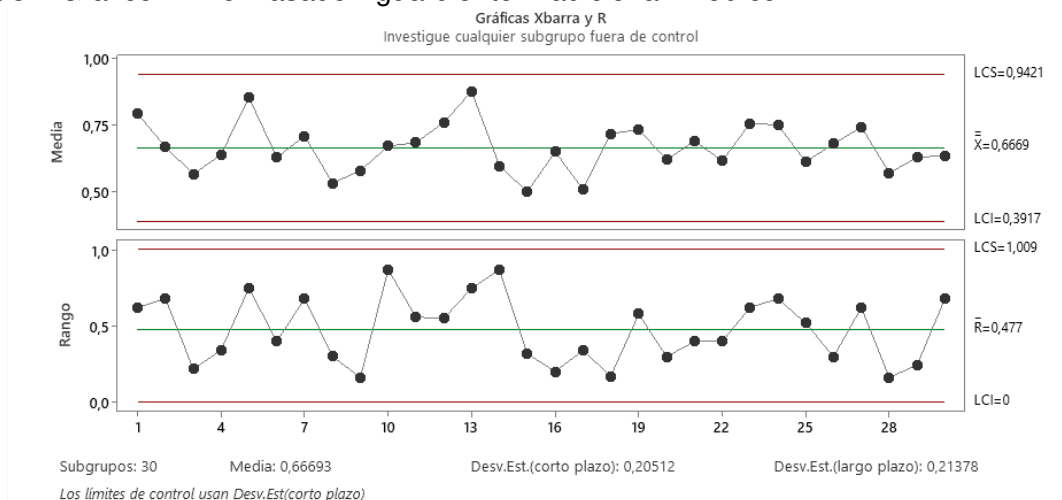
Figura 30. Gráfico X-R envasado Aguardiente Tradicional 750 cc.



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 30 se muestra que el proceso de envasado para el aguardiente tradicional de 750 cc tiene un tiempo medio entre 0.3676 y 1.0134 minutos, con un rango promedio de 0.560 minutos. Se observó que el movimiento oscilatorio de los gráficos es propio del proceso de muestreo, por lo que se concluye que el proceso se encuentra controlado estadísticamente.

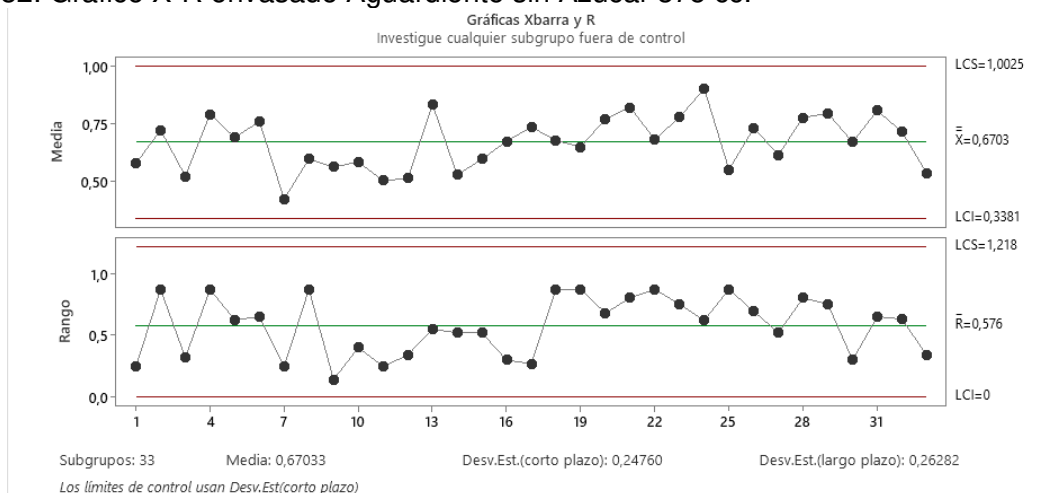
Figura 31. Gráfico X-R envasado Aguardiente Tradicional 1750 cc.



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 31 se muestran los tiempos del proceso de envasado para el aguardiente tradicional de 1750 cc el cual se encuentra controlado estadísticamente con un tiempo entre 0.3917 y 0.9421 minutos y un rango promedio de 0.477 minutos. Se resalta que, para este producto en particular, los límites de control son más cerrados que los demás productos tradicionales de otras presentaciones.

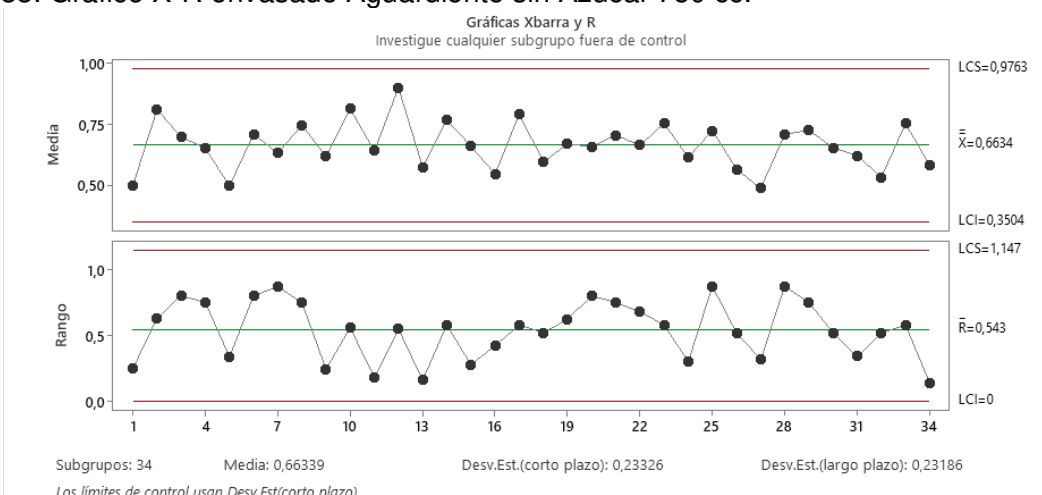
Figura 32. Gráfico X-R envasado Aguardiente sin Azúcar 375 cc.



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 32 se muestran los tiempos de envasado para el aguardiente sin azúcar de 375 cc el cual tiene un tiempo entre 0.3381 y 1.0025 minutos con un rango medio de 0.576 minutos. La información que se extrajo muestra un comportamiento dentro de los límites de control para ambos gráficos por lo que se concluye que este producto está controlado estadísticamente.

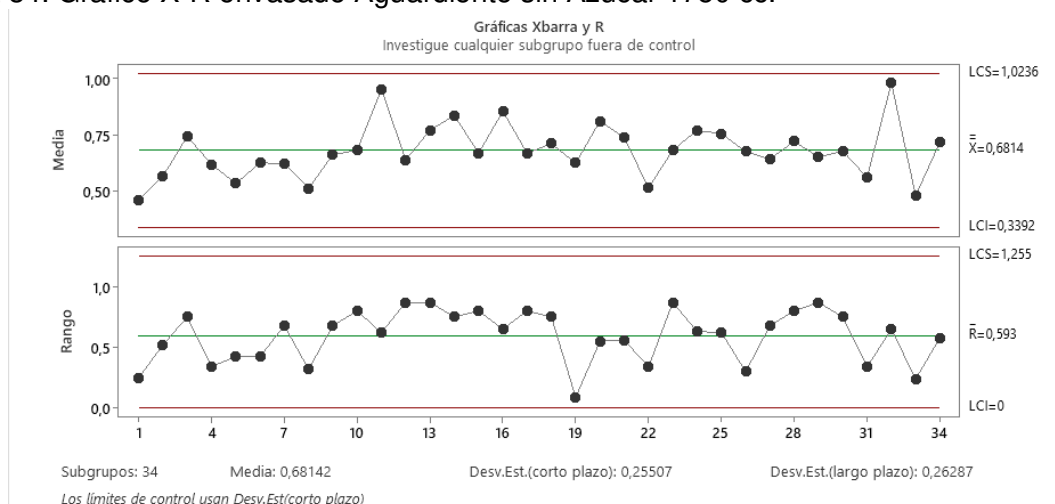
Figura 33. Gráfico X-R envasado Aguardiente sin Azúcar 750 cc.



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 33 se muestra la información para el proceso de envasado del aguardiente sin azúcar de 750 cc, en el cual se observa que la variable oscila entre 0.3504 y 0.9763 minutos, con un rango promedio de 0.534 minutos. El proceso se encuentra controlado estadísticamente y los límites de control son más cerrados como sucedió con el caso del aguardiente tradicional de 1750 cc.

Figura 34. Gráfico X-R envasado Aguardiente sin Azúcar 1750 cc.



Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, en la Figura 34 se muestran los resultados para el tiempo de envasado para el aguardiente sin azúcar de 1750 cc el cual tiene un tiempo entre 0.3392 y 1.0236 minutos con un rango promedio de 0.593 minutos. Si bien, la información muestra puntos críticos en los subgrupos 19 y 32, estos se encuentran dentro de los límites de control por lo que el proceso se encuentra controlado estadísticamente.

Tal y como se pudo apreciar en el proceso de preparación de aguardiente, los gráficos de control del proceso de envasado presentan un comportamiento similar debido a que en ambos procesos se tiene una serie consistente, oscilatoria y sin cambios de nivel evidentes. Con esto, se concluye que en este proceso también se deben hacer intervenciones estratégicas con la finalidad de disminuir los fallos críticos identificados en la Figura 7.

Finalmente, al determinar los índices de capacidad potencial (C_p) y el índice de capacidad real (C_{pk}) para ambos procesos, se obtiene un resultado <1 , al igual que el nivel sigma que también es <1 , lo que significa que el proceso de producción en general debe ser intervenido porque no está cumpliendo con las necesidades y expectativas de los clientes.

7.3 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LA INDUSTRIA LICORERA DEL CAUCA

La recolección de la información se realizó mediante la consulta a los sistemas de información de la organización, los cuales se validaron con la planeación de la demanda de cada uno de los periodos analizados. Con este proceso, se obtuvo información validada del número de unidades vendidas de cada presentación con un corte semanal desde enero de 2018 hasta diciembre de 2023, de manera que el segundo semestre del año en curso contiene la información presupuestada por la organización. A continuación, se muestra el análisis exploratorio de la información de cada uno de los productos.

Tabla 14. Detalle de demanda promedio del total de productos,

DEMANDA PROMEDIO - TOTAL PRODUCTOS						
Mes / Año	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Enero	24.856	28.755	16.318	24.923	27.212	29.519
Febrero	17.996	20.259	14.058	18.562	20.516	23.711
Marzo	8.748	10.450	5.531	12.180	14.472	16.528
Abril	12.458	11.982	8.814	12.757	16.475	18.769
Mayo	10.956	9.873	5.971	11.716	15.459	17.163
Junio	10.682	10.491	5.778	12.074	16.090	18.564
Julio	8.571	11.647	7.634	13.370	16.084	18.758
Agosto	13.861	16.925	8.797	14.091	18.481	21.639
Septiembre	12.252	9.659	9.608	12.688	16.737	18.929
Octubre	8.219	14.080	11.933	13.801	16.611	19.998
Noviembre	21.237	23.353	11.355	20.384	22.997	25.640
Diciembre	24.468	22.558	51.011	30.558	31.281	34.813

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15. Estadística descriptiva, Total productos,

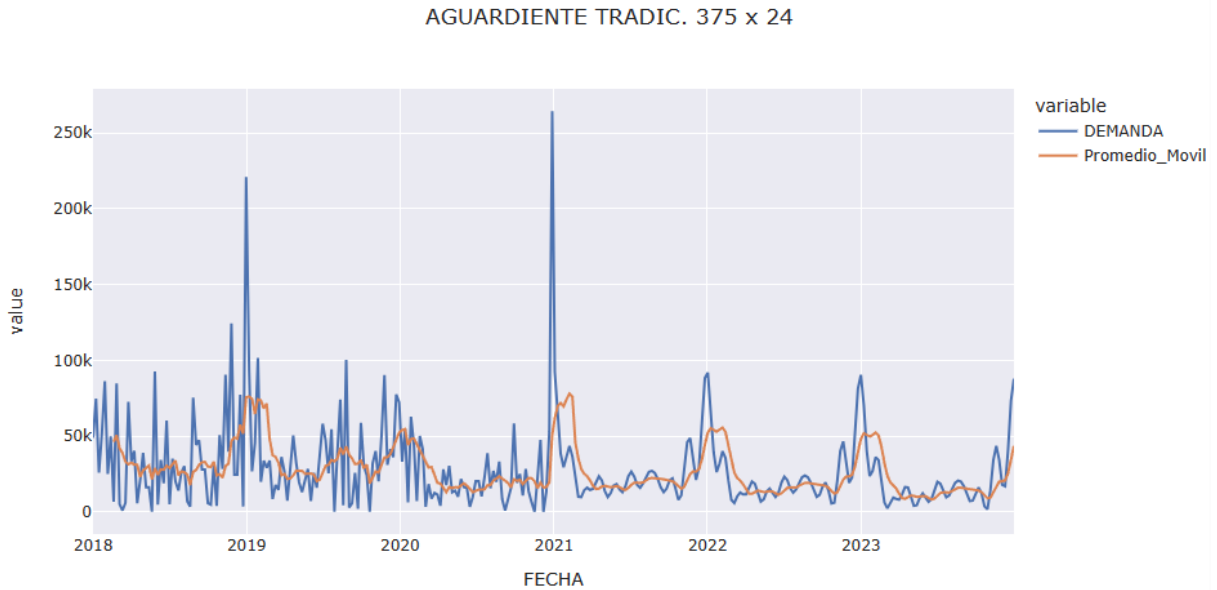
Total Productos	
Cantidad de registros	1.884
Media	16.835
Desviación estándar	21.499
Mínimo	0
Q1	2.464
Q2	9.229
Q3	25.186
Máximo	264.412

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 14 muestra la demanda promedio de todos los productos, en donde se observa una tendencia cíclica hacia finales de año. Esto se corrobora con la estadística descriptiva que se muestra en la Tabla 15 en donde la volatilidad de los datos es alta dado que la desviación estándar supera a la media lo que indica un coeficiente de variación superior al 100%. Sin embargo, esto puede ser diferente en cada uno de los productos y, por tal motivo, se revisan las tendencias específicas de cada presentación.

- **Aguardiente tradicional 375 cc:**

Figura 35. Demanda histórica, Aguardiente Tradicional 375 cc.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 16. Estadística descriptiva, Aguardiente Tradicional 375 cc,

Aguardiente Tradicional 375 X 24	
Cantidad de registros	314
Media	28.038
Desviación estándar	28.192
Mínimo	0
Q1	11.841
Q2	19.990
Q3	34.389
Máximo	264.412

Fuente: Elaboración propia.

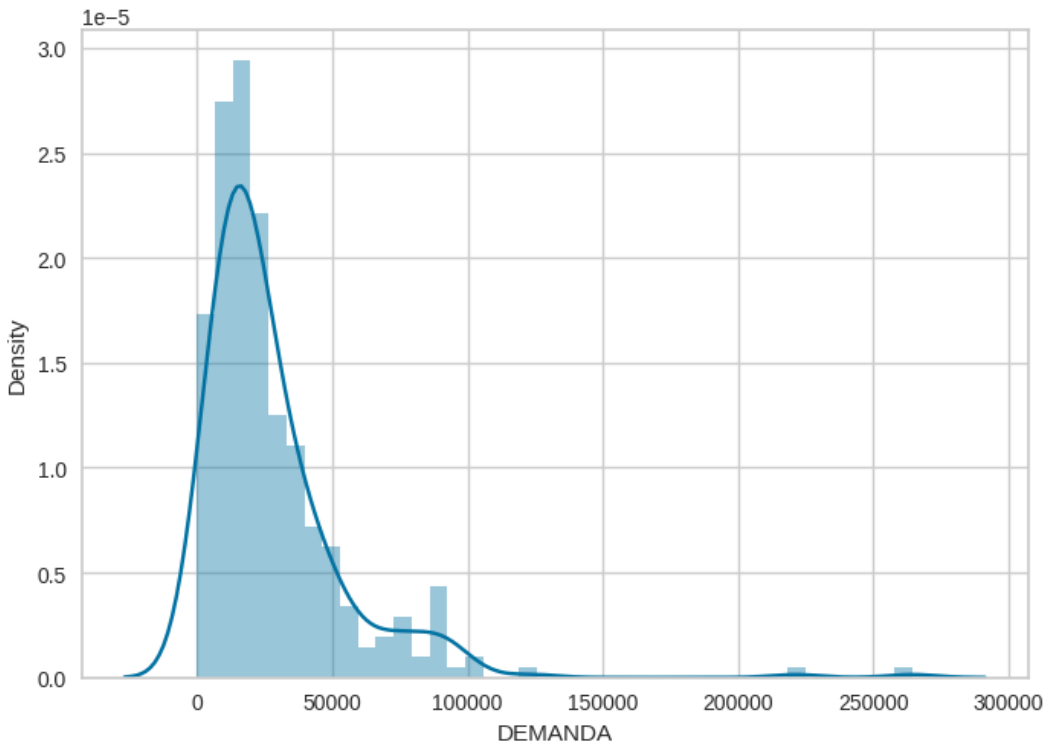
Tabla 17. Detalle de demanda promedio, Aguardiente Tradicional 375 cc,

DEMANDA PROMEDIO - AGUARDIENTE TRADICIONAL 375 CC						
Mes / Año	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Enero	57.506	66.858	39.253	52.599	51.436	50.310
Febrero	41.541	29.078	35.774	27.702	25.962	24.133
Marzo	21.077	19.222	10.761	13.534	10.058	6.592
Abril	27.761	29.588	19.973	19.801	16.405	12.330
Mayo	31.246	20.203	14.588	14.261	11.074	7.430
Junio	29.466	22.119	13.042	17.029	13.432	9.896
Julio	20.007	37.034	22.978	20.831	17.374	14.344
Agosto	28.976	54.467	20.742	24.172	22.155	18.706
Septiembre	36.821	18.958	20.780	16.443	13.531	10.696
Octubre	19.098	21.610	20.775	15.441	12.278	9.176
Noviembre	70.615	50.169	17.892	39.139	35.434	31.465
Diciembre	70.170	51.576	82.629	49.464	43.215	47.298

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 35 muestra la tendencia de las ventas del aguardiente tradicional de 375 cc el cual no muestra una tendencia específica. Esto se corrobora con la estadística descriptiva que se presenta en la Tabla 16 con la cual se tiene una desviación estándar de más del 100% de la media de la serie. Adicionalmente, los valores mínimos y máximos se alejan del rango intercuartílico lo que da un indicio de que la serie no se comporta bajo una distribución normal.

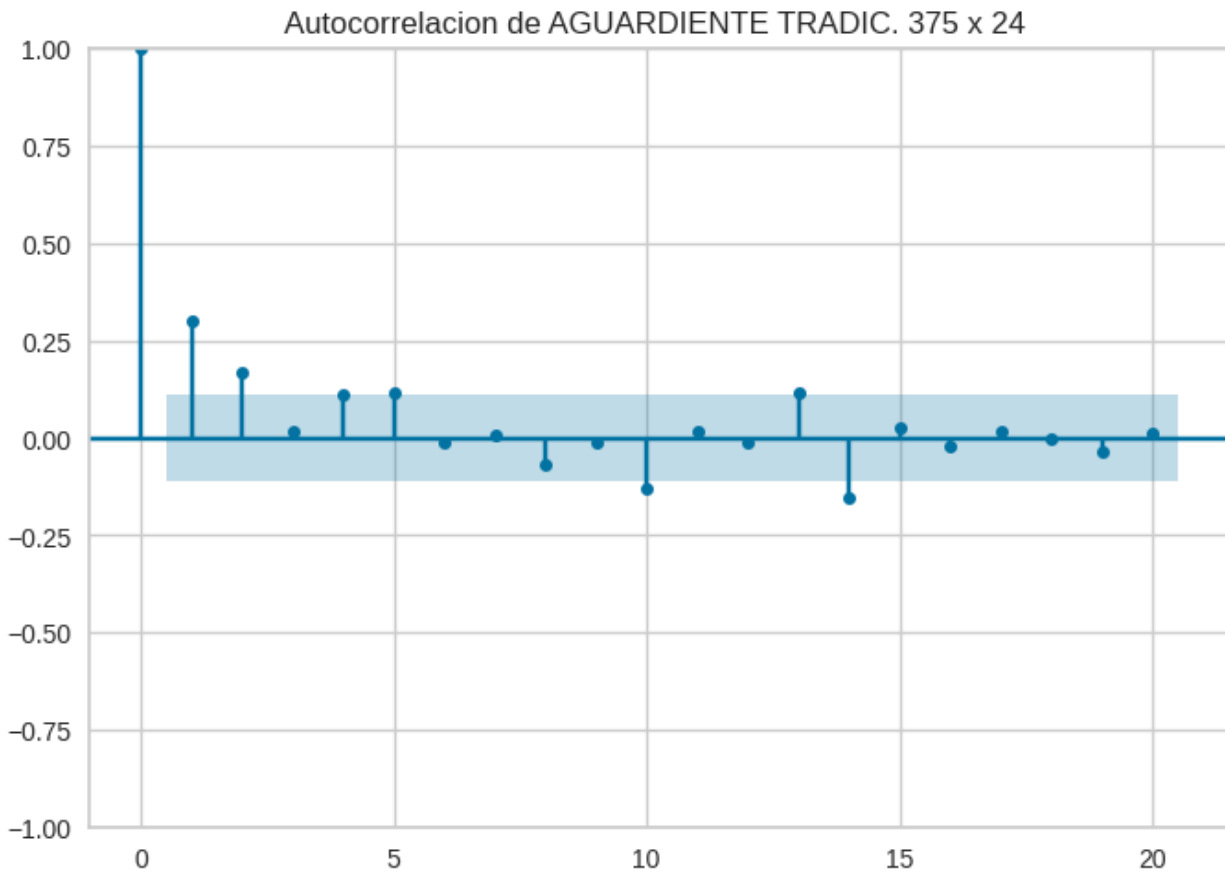
Figura 36. Histograma Aguardiente Tradicional 375 cc.



Fuente: Elaboración propia.

Con respecto al análisis gráfico que se presenta en la Figura 36, se observa que la variable no sigue una distribución normal ya que existen valores atípicos que obedecen a picos en la demanda de periodos específicos.

Figura 37. Diagrama de autocorrelación Aguardiente Tradicional 375 cc

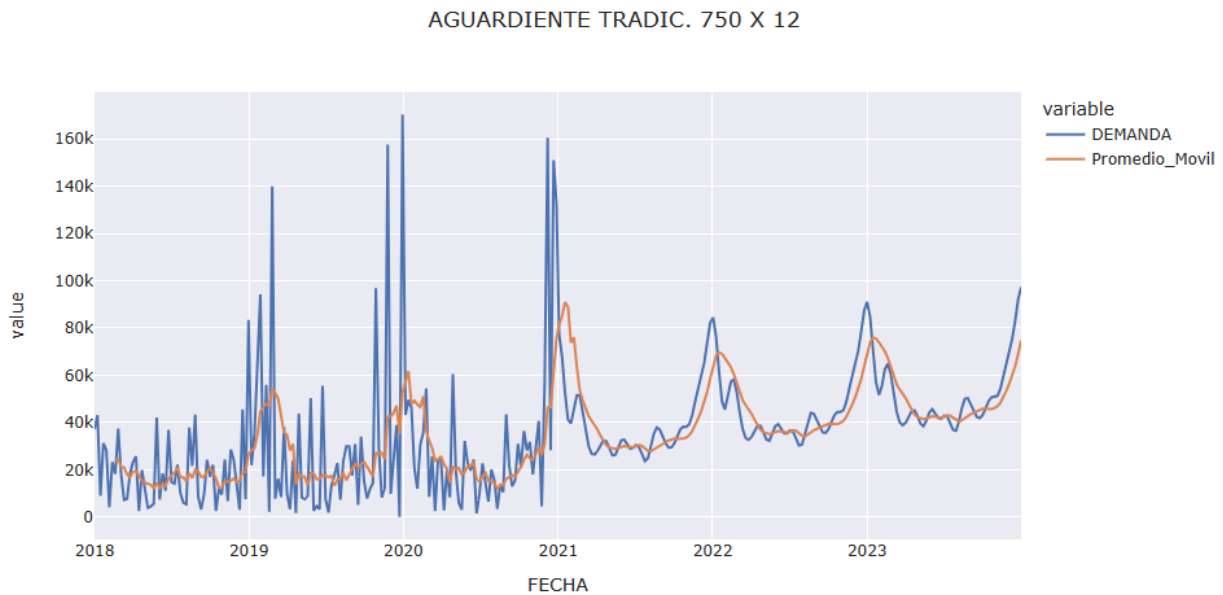


Fuente: Elaboración propia.

Por último, con respecto al análisis de autocorrelación, se observa en la Figura 37 y un pico en la observación con un rezago de dos periodos, por tanto, se trabajará con un rezago de $t-2$ para este producto.

- **Aguardiente tradicional 750 cc:**

Figura 38. Demanda histórica, Aguardiente Tradicional 750 cc.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 18. Estadística descriptiva, Aguardiente Tradicional 750 cc.

Aguardiente Tradicional 750 X 12	
Cantidad de registros	314
Media	36.038
Desviación estándar	26.002
Mínimo	0
Q1	18.703
Q2	34.259
Q3	44.664
Máximo	170.354

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 19. Detalle demanda promedio, Aguardiente Tradicional 750 cc.

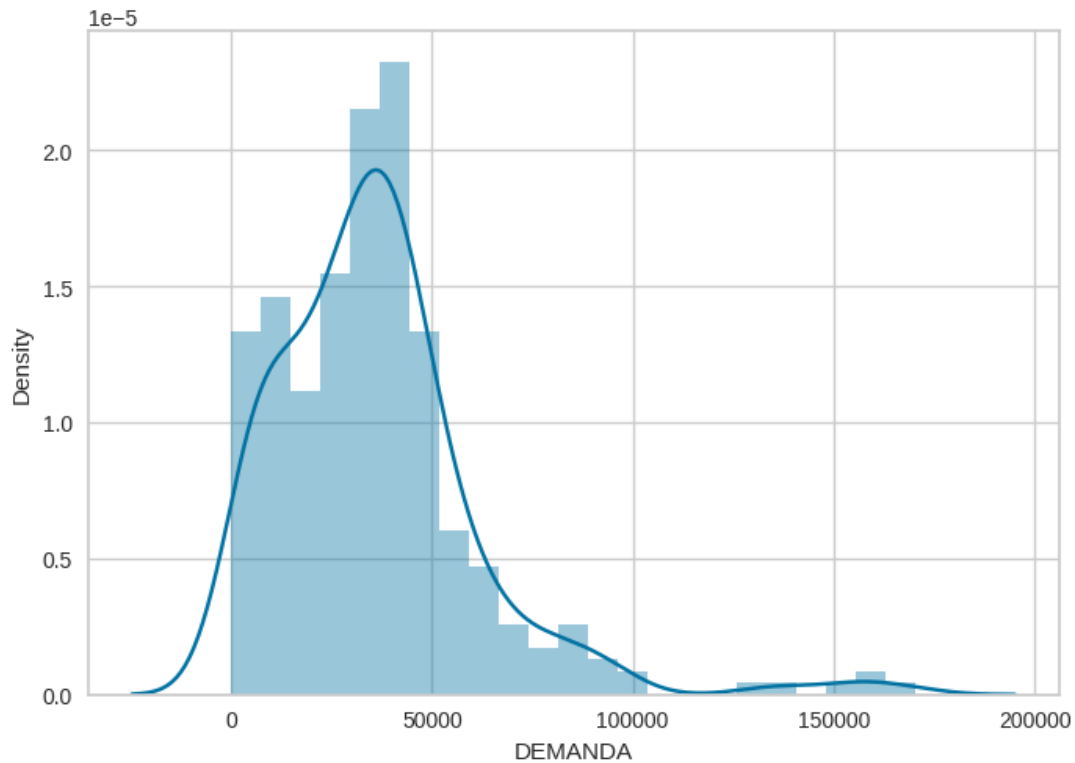
DEMANDA PROMEDIO - AGUARDIENTE TRADICIONAL 750 CC						
Mes / Año	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Enero	29.717	54.745	39.958	55.747	63.392	71.057
Febrero	20.756	53.795	33.202	48.371	54.673	60.857
Marzo	12.783	17.575	17.030	29.862	36.823	43.866
Abril	16.573	16.487	22.908	30.762	36.881	42.938
Mayo	14.021	18.785	15.170	28.660	34.893	40.730
Junio	18.465	16.528	15.696	30.388	36.840	43.297
Julio	13.447	12.670	16.193	27.477	33.378	39.832
Agosto	27.051	22.671	17.384	32.929	40.838	46.659
Septiembre	11.412	20.586	20.364	30.985	37.561	44.175
Octubre	12.617	32.696	29.394	35.873	41.883	47.887
Noviembre	20.960	51.861	30.101	46.691	52.176	57.691
Diciembre	30.344	48.673	117.981	70.128	75.193	83.661

Fuente: Elaboración propia.

- La

Figura 38 muestra la serie histórica para el aguardiente tradicional de 750 cc en donde se observan dos picos estacionales en los periodos de diciembre de todos los años de observación y el incremento de la demanda para el año 2020 producto de los cambios en el contexto de mercado. Esto genera que el valor máximo se perciba como un valor atípico como se muestra en la Tabla 18, afectando el valor medio y la desviación estándar, de manera que esta última esté por encima del 50% del promedio.

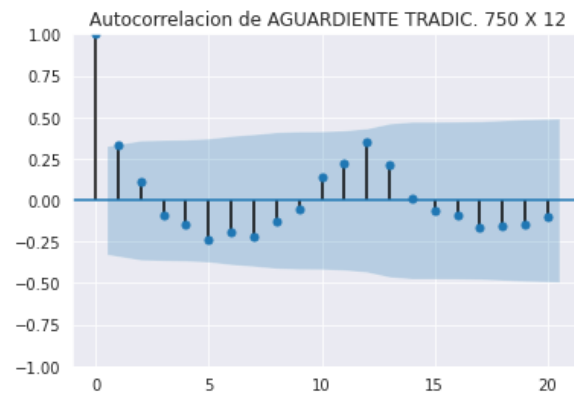
Figura 39. Histograma Aguardiente Tradicional 750 cc.



Fuente: Elaboración propia.

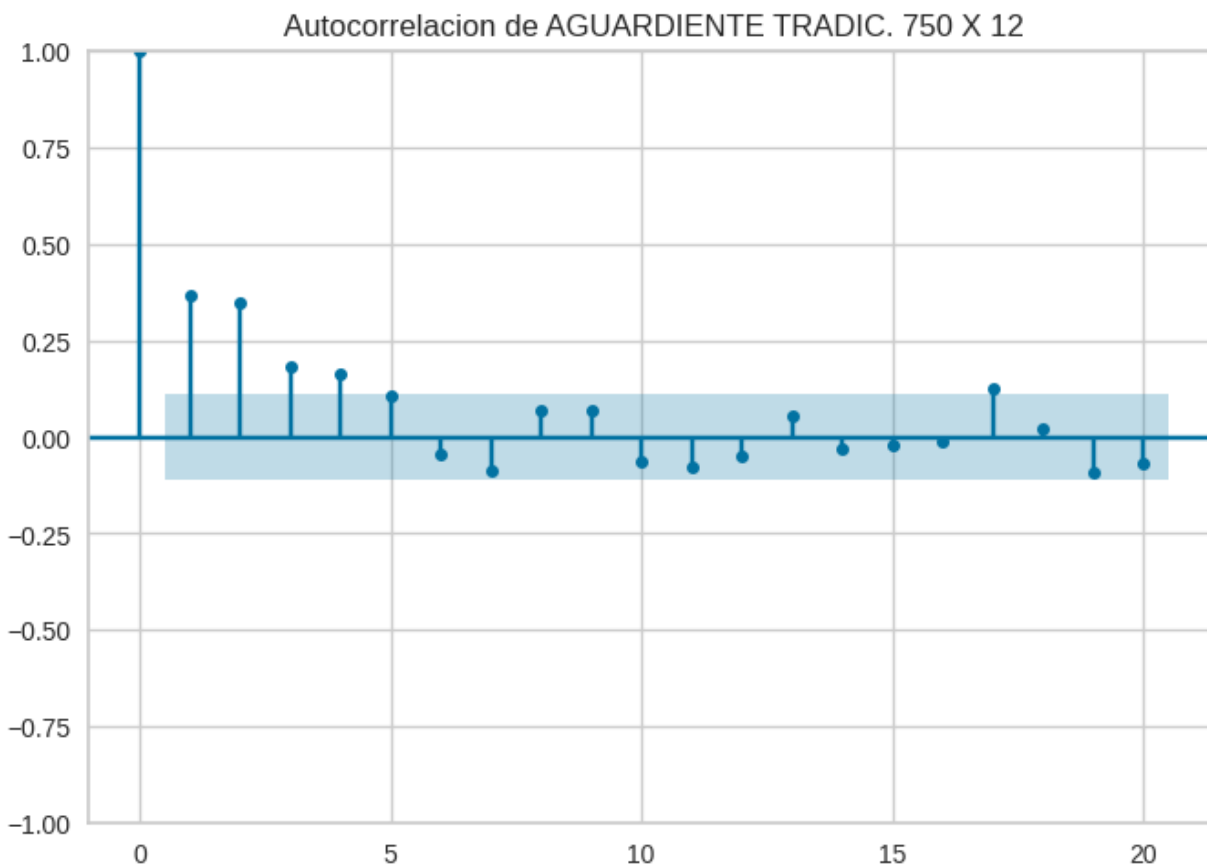
La Figura 39 muestra que la distribución de este producto se encuentra sesgada hacia la izquierda con el adicional de valores atípicos debido a los picos del año de 2020.

Figura 40. Diagrama de autocorrelación Aguardiente Tradicional 750 cc,



Fuente: Elaboración propia

Figura 41. Diagrama de autocorrelación parcial Aguardiente Tradicional 750 cc.

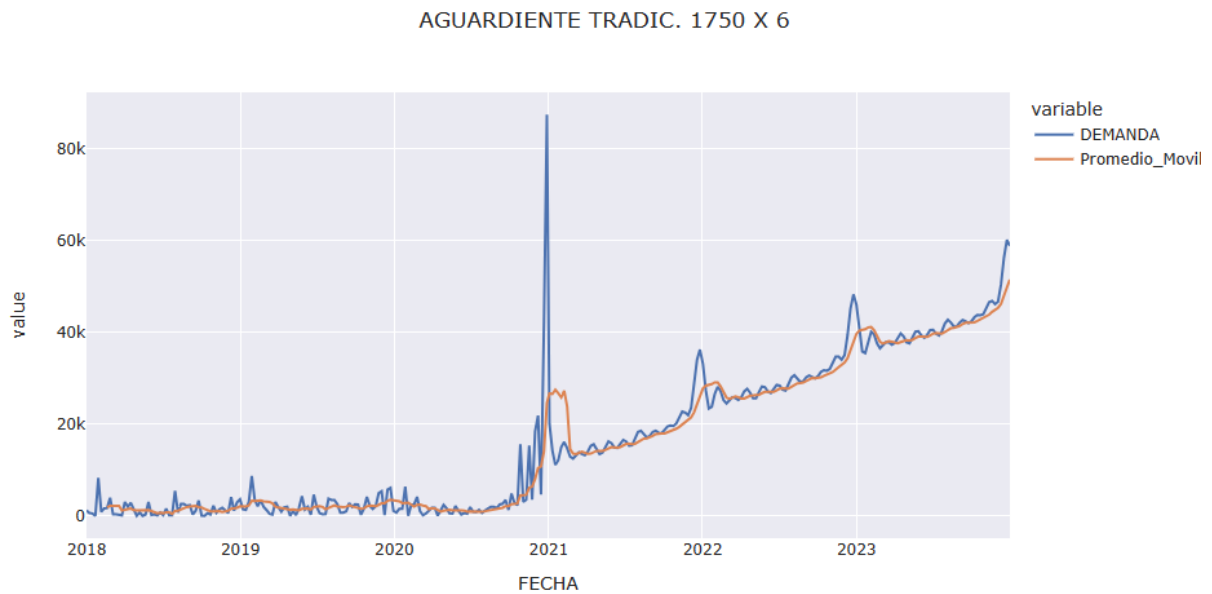


Fuente: Elaboración propia.

Por último, con respecto al análisis de autocorrelación, se observa un pico en el periodo número 5 para ambos diagramas (Figura 41) por lo que se trabajará con un rezago de t-5 para este producto.

- **Aguardiente tradicional 1750 cc:**

Figura 42. Demanda histórica, Aguardiente Tradicional 1750 cc.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 20. Estadística descriptiva, Aguardiente Tradicional 1750 cc.

Aguardiente Tradicional 1750 X 6	
Cantidad de registros	314
Media	16.384
Desviación estándar	16.497
Mínimo	0
Q1	1.614
Q2	13.382
Q3	29.276
Máximo	87.345

Fuente: Elaboración propia.

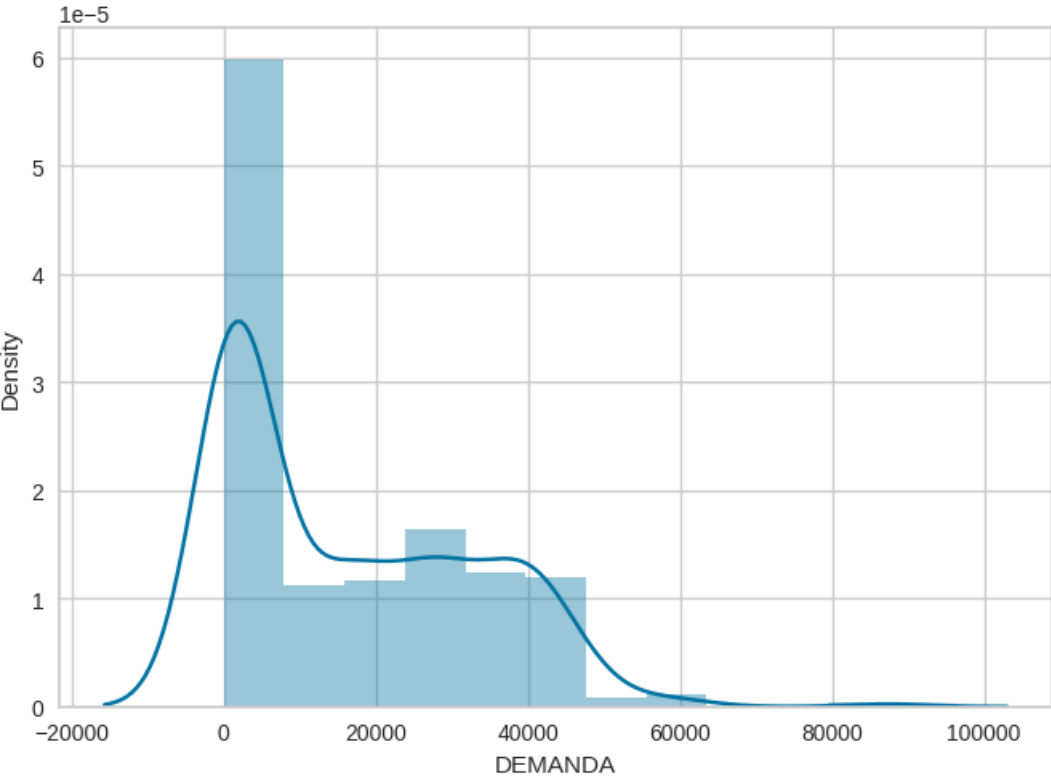
Tabla 21. Detalle demanda promedio, Aguardiente Tradicional 1750 cc.

DEMANDA PROMEDIO - AGUARDIENTE TRADICIONAL 1750 CC						
Mes / Año	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Enero	2.115	3.622	2.530	14.498	26.794	39.122
Febrero	2.052	2.740	2.247	14.044	26.221	38.392
Marzo	254	1.272	908	13.460	25.470	37.478
Abril	1.807	1.341	1.343	14.833	26.843	38.630
Mayo	1.022	1.828	1.205	14.902	26.887	39.140
Junio	341	2.060	892	15.492	27.479	39.473
Julio	1.499	1.409	931	15.908	28.345	40.314
Agosto	2.016	2.540	1.682	17.787	29.740	41.818
Septiembre	1.782	1.780	2.469	18.209	30.234	42.255
Octubre	640	2.114	6.385	19.476	31.423	43.375
Noviembre	1.269	2.676	8.757	22.178	34.153	46.123
Diciembre	2.479	3.677	38.994	30.485	41.912	54.411

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 42 se muestra la serie histórica para el aguardiente tradicional de 1750 cc en la cual se percibe un comportamiento constante a excepción del pico en el año 2020. Esto se corrobora con la información que se describe en la Tabla 20 en donde el valor máximo es mayor a 3 veces el valor del límite intercuartílico.

Figura 43. Histograma Aguardiente Tradicional 1750 cc.

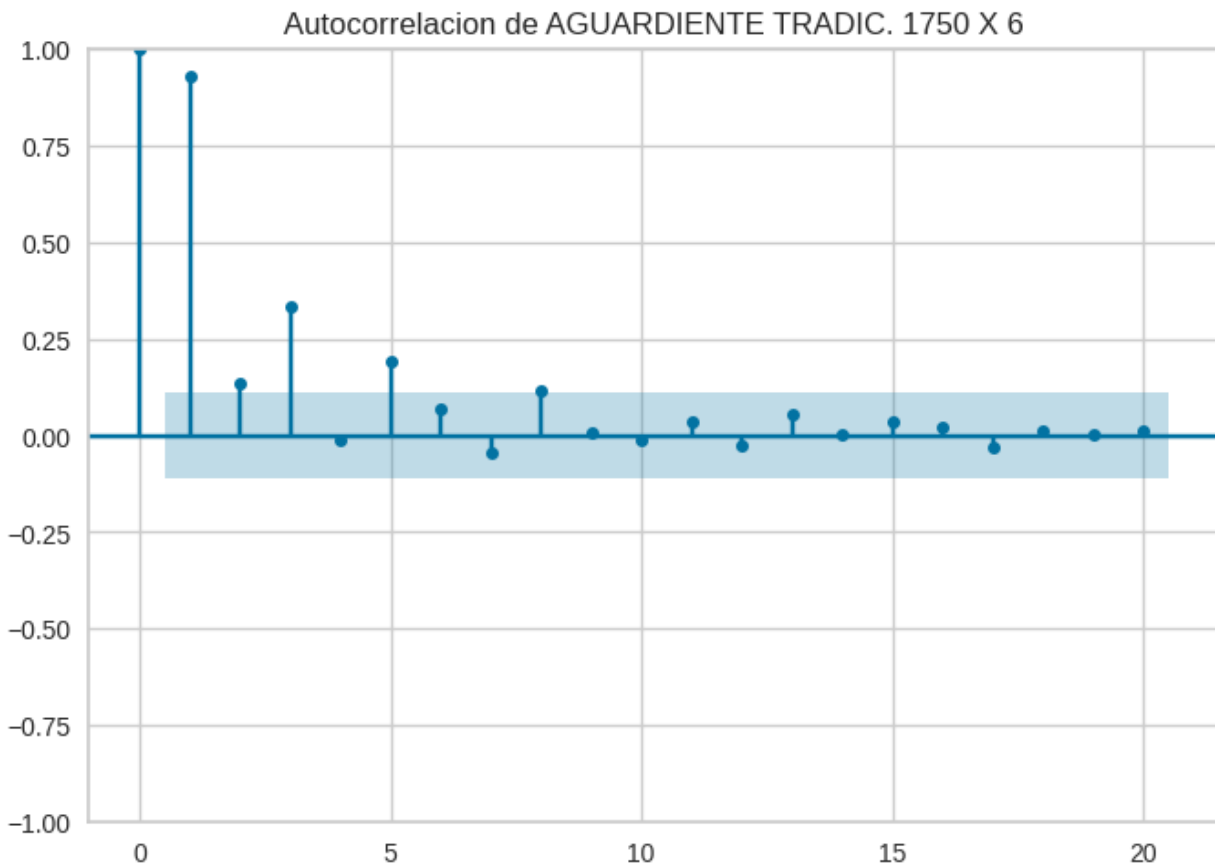


Fuente: Elaboración propia.

El análisis gráfico que se muestra en la Figura 43 es consecuente con el análisis de la estadística descriptiva que se explicó anteriormente debido a que se tiene una distribución sesgada hacia la izquierda con los valores atípicos correspondiente al año 2020.

De acuerdo con el diagrama de autocorrelación que se muestra en la Figura 44, se observa un pico en el periodo número cinco, por lo que se trabajará con un rezago de t-5 para este producto.

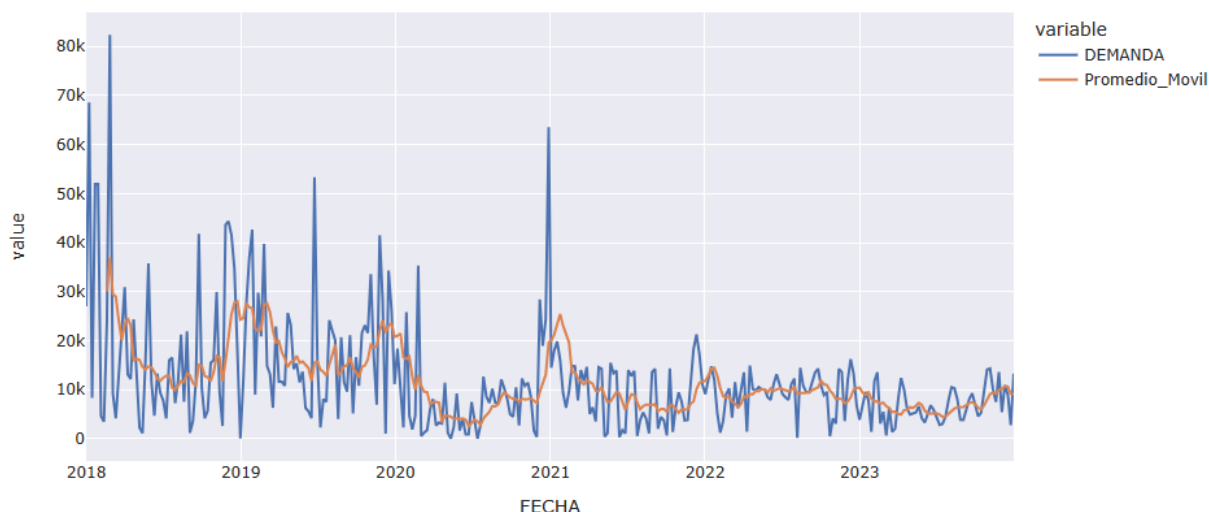
Figura 44. Diagrama de autocorrelación Aguardiente Tradicional 1750 cc.



Fuente: Elaboración propia.

- **Aguardiente sin azúcar 375 cc:**

Figura 45. Demanda histórica, Aguardiente Sin Azúcar 375 cc
AGUARDIENTE SIN AZÚCAR 375 x 24



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 22. Estadística descriptiva, Aguardiente sin Azúcar 375 cc.

Aguardiente Sin Azúcar 375 X 24	
Cantidad de registros	314
Media	11.938
Desviación estándar	11.265
Mínimo	0
Q1	4.594
Q2	9.613
Q3	14.241
Máximo	82.391

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 23. Detalle demanda promedio, Aguardiente sin Azúcar 375 cc.

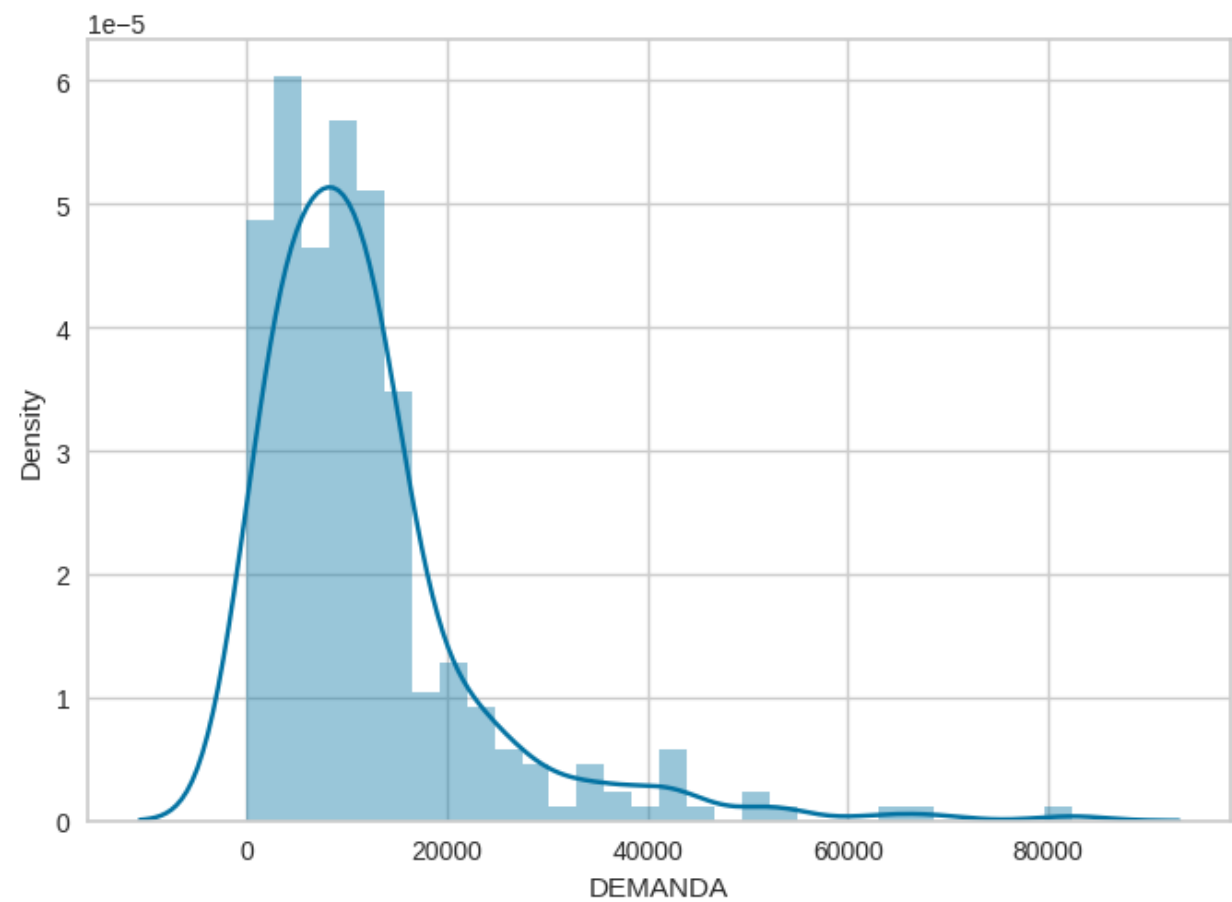
DEMANDA PROMEDIO - AGUARDIENTE SIN AZUCAR 375 CC						
Mes / Año	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Enero	41.566	29.606	14.332	15.499	10.641	5.767
Febrero	28.608	24.820	11.612	11.375	6.012	8.410
Marzo	11.488	14.282	3.503	12.039	8.118	2.595
Abril	18.735	16.537	5.096	7.355	9.973	8.277
Mayo	13.750	13.664	3.184	8.897	9.770	5.290
Junio	9.732	17.312	2.978	4.229	10.777	5.281
Julio	10.311	11.503	4.859	10.264	9.754	4.508
Agosto	15.619	16.699	8.115	5.568	8.707	8.129
Septiembre	14.514	12.763	8.840	6.079	12.182	6.741

Octubre	10.310	19.239	7.470	6.436	6.753	8.237
Noviembre	21.381	24.693	6.509	6.289	8.603	11.341
Diciembre	27.718	20.162	33.795	16.914	12.012	8.261

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 45 se muestra la serie histórica de las ventas del aguardiente sin azúcar en su presentación de 375 cc. En esta, se observa que la serie cuenta con dos secciones que son atípicas a la demás serie en los periodos de inicios de 2018 y 2020. Esto genera que la estadística descriptiva del producto (Tabla 22) tenga un rango intercuartílico cercano al mínimo, pero con un valor máximo muy lejano al percentil del 75%.

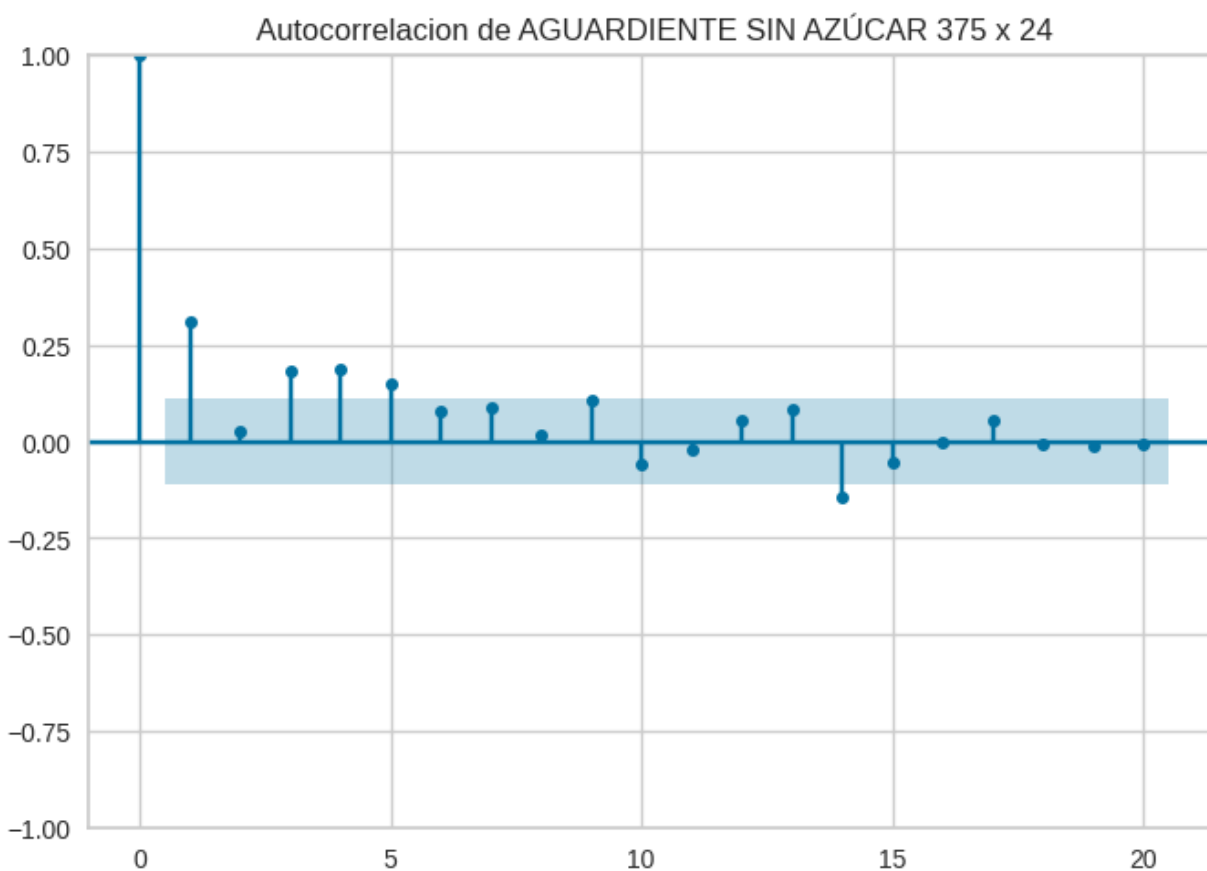
Figura 46. Histograma Aguardiente Sin Azúcar 375 cc.



Fuente: Elaboración propia.

En la realización del análisis gráfico (Figura 46), se encontró que la serie tiene una distribución sesgada hacia la izquierda con valores atípicos en la cola derecha producto de los valores atípicos de los periodos de 2018 y 2020.

Figura 47. Diagrama de autocorrelación Aguardiente sin Azúcar 375 cc.

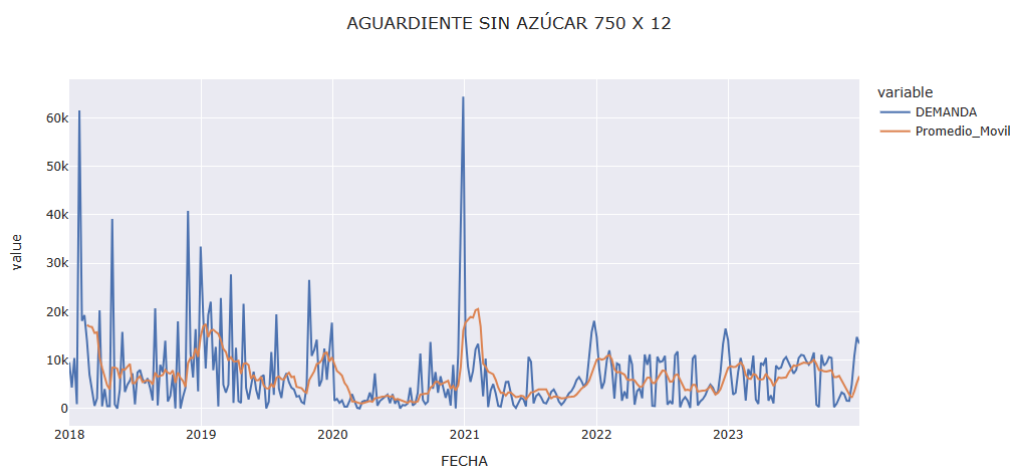


Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con el análisis de autocorrelación que se realizó en la Figura 47, se encuentra un pico en el periodo cinco. Por tanto, se trabajará con un rezago de t-5 para este producto.

- **Aguardiente sin azúcar 750 cc:**

Figura 48. Demanda histórica, Aguardiente Sin Azúcar 750 cc.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 24. Estadística descriptiva, Aguardiente Sin azúcar 750 cc.

Aguardiente Sin Azúcar 750 X 12	
Cantidad de registros	314
Media	6.733
Desviación estándar	7.826
Mínimo	0
Q1	1.614
Q2	4.281
Q3	9.619
Máximo	64.419

Fuente: Elaboración propia.

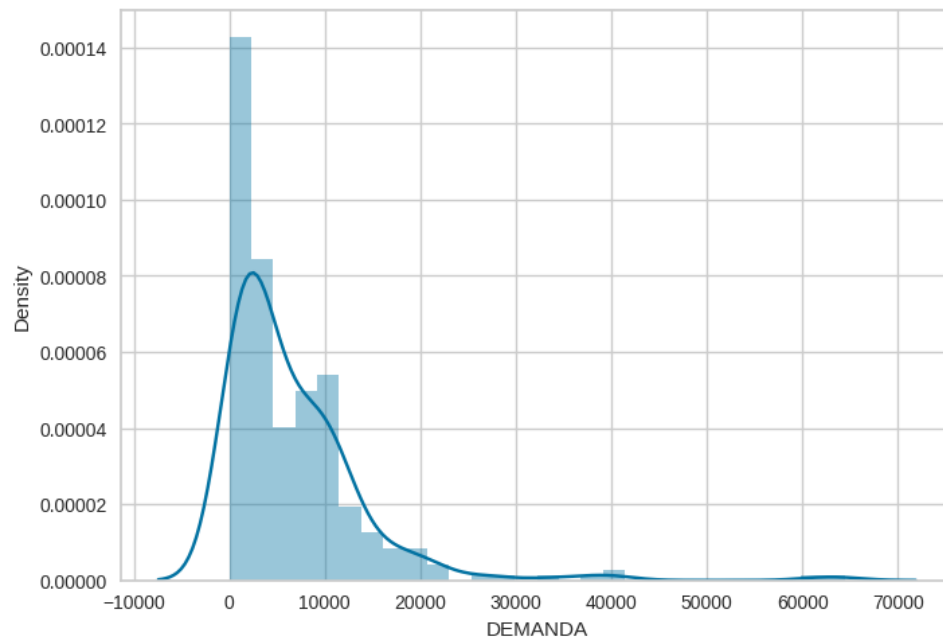
Tabla 25. Detalle demanda promedio, Aguardiente Sin azúcar 750 cc.

DEMANDA PROMEDIO - AGUARDIENTE SIN AZUCAR 750 CC						
Mes / Año	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Enero	17.341	17.216	1.599	9.860	8.472	7.123
Febrero	14.584	10.964	1.323	8.803	7.971	7.034
Marzo	6.590	10.185	919	3.040	4.040	5.132
Abril	8.903	7.586	3.422	2.306	6.114	6.634
Mayo	5.133	4.627	1.600	2.139	7.514	6.625
Junio	5.325	4.786	1.967	3.794	5.328	9.583
Julio	5.491	7.070	604	4.084	4.777	9.524
Agosto	8.215	4.932	4.119	2.009	6.167	10.073
Septiembre	7.772	3.730	4.467	2.253	3.606	5.252
Octubre	5.812	8.403	5.370	2.977	3.549	6.353
Noviembre	11.870	10.439	4.015	5.601	4.069	2.529
Diciembre	14.224	10.745	28.254	12.353	10.195	9.086

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 48 se muestra el comportamiento histórico del aguardiente sin azúcar en su presentación de 750 cc. En esta, se encontró que presenta estacionalidad en los meses de diciembre de 2018 y 2019, no obstante, esta se opaca debido a los valores atípicos que se muestran en los meses de enero de 2018 y diciembre de 2020. Esto genera que los indicadores de estadística descriptiva de las ventas del producto, se muestra que el rango intercuartílico tiene un valor de menos del 50% del máximo valor de toda la serie, indicando que existen valores atípicos en esta.

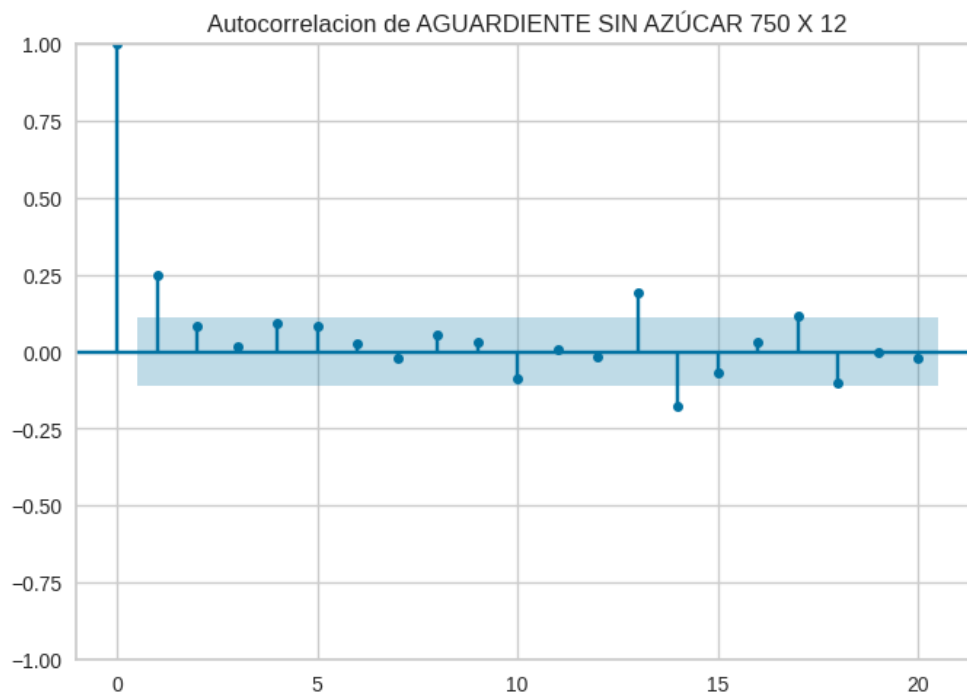
Figura 49. Histograma Aguardiente Sin Azúcar 750 cc.



Fuente: Elaboración propia.

El análisis grafico (Figura 49) mostró que el producto tiene una distribución sesgada hacia la izquierda principalmente por los valores atípicos que se ubican en la cola derecha de los diagramas debido a las ventas de los años 2018 y 2020 que se describieron en el análisis descriptivo.

Figura 50. Diagrama de autocorrelación Aguardiente Sin Azúcar 750 cc.

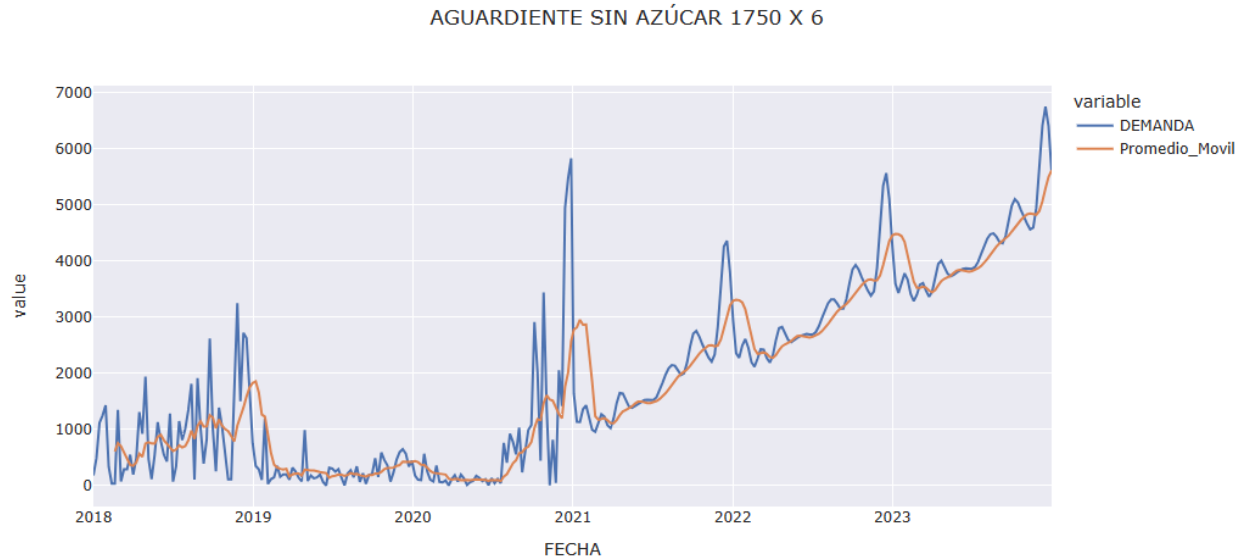


Fuente: Elaboración propia.

El análisis de autocorrelación que se realizó en la Figura 50 permitió concluir que se tiene un pico en el segundo periodo, por tanto, se trabajará con un rezago de t-2 para este producto.

- Aguardiente sin azúcar 1750 cc:**

Figura 51. Demanda histórica, Aguardiente sin azúcar 1750 cc.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 26. Estadística descriptiva, Aguardiente Sin Azúcar 1750 cc.

Aguardiente Sin Azúcar 1750 X 12	
Cantidad de registros	314
Media	1.880
Desviación estándar	1.641
Mínimo	0
Q1	314
Q2	1.467
Q3	3.246
Máximo	6.746

Fuente: Elaboración propia.

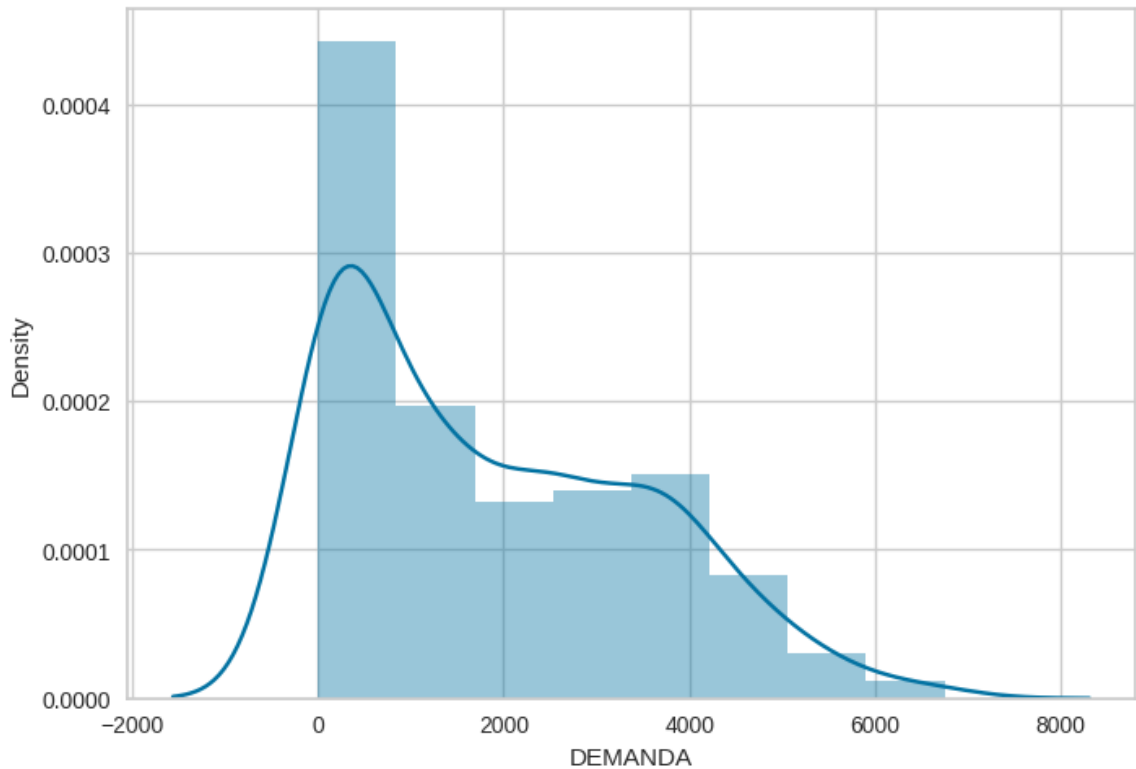
La Figura 51 describe la serie histórica del aguardiente sin azúcar en su presentación de 1750 cc, en donde al igual que la presentación de 750 cc, se observó un aumento de la demanda al final del año 2020, indicando un valor atípico en toda la serie. Esto afectó los resultados de la estadística descriptiva que se muestran en la Tabla 26 en donde el valor máximo es más del doble del límite superior del rango intercuartílico.

Tabla 27. Detalle demanda promedio, Aguardiente Sin Azúcar 1750 cc.

DEMANDA PROMEDIO - AGUARDIENTE SIN AZUCAR 1750 CC						
Mes / Año	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Enero	891	482	235	1.337	2.535	3.738
Febrero	437	157	194	1.076	2.255	3.438
Marzo	298	162	63	1.147	2.325	3.503
Abril	969	352	140	1.486	2.634	3.805
Mayo	564	132	80	1.437	2.613	3.762
Junio	763	143	92	1.515	2.685	3.855
Julio	674	194	237	1.654	2.872	4.026
Agosto	1.293	242	737	2.079	3.277	4.448
Septiembre	1.212	141	727	2.160	3.306	4.454
Octubre	840	419	2.205	2.601	3.782	4.960
Noviembre	1.331	280	855	2.409	3.547	4.691
Diciembre	1.875	517	4.414	4.001	5.158	6.159

Fuente: Elaboración propia

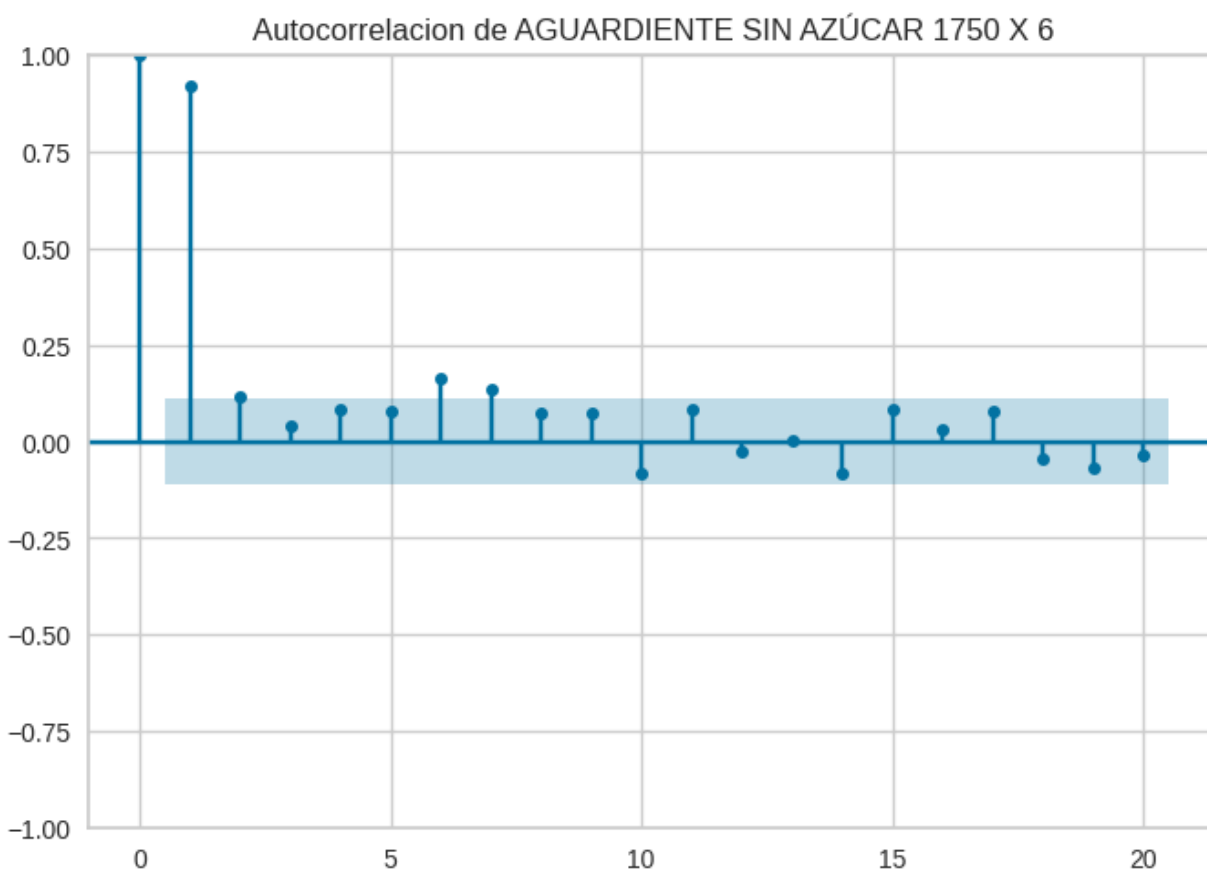
Figura 52. Histograma Aguardiente Sin Azúcar 1750 cc.



Fuente: Elaboración propia.

El análisis gráfico que se realizó en la Figura 52 indica que la serie tiene una distribución sesgada hacia la izquierda con valores atípicos en la cola derecha generados, principalmente, por los valores que de las ventas del cuarto trimestre del año 2020.

Figura 53. Diagrama de autocorrelación Aguardiente sin Azúcar 1750 cc.



Fuente: Elaboración propia.

Se realizó el análisis de autocorrelación mediante los gráficos que se muestran en la Figura 53 se concluyó que se trabajará con un rezago de t-2 para este producto.

Así, con el análisis que se realizó en todos los productos se concluyó que ninguno de estos sigue una distribución normal, por lo que se debe aplicar un preprocesamiento a las variables que realiza un escalado de estas teniendo en cuenta que no se sigue este tipo de distribución.

Por otra parte, con respecto a los análisis de descomposición que se realizaron (StatsModels, 2022), se encontró que ninguno de los productos sigue un patrón de tendencia de crecimiento y/o de estacionalidad específica. Esta información es crucial para el desempeño de los modelos econométricos debido a que estos requieren que este tipo de tendencias se puedan identificar mediante las metodologías aplicada.

Adicionalmente, para el proceso de entrenamiento y evaluación de los modelos, se realizará una división de la información en una proporción 80-20 para evitar el sobre ajuste de las técnicas que impidan a estas tener una óptima capacidad de generalización.

Por último, el análisis de autocorrelación que se realizó para los productos permitió determinar el número de rezagos de la serie que se utilizará para proyectar la demanda de cada una de las presentaciones.

7.4 DEFINICIÓN Y EVALUACIÓN DE MODELOS DE PROYECCIÓN DE LA DEMANDA

Para la realización del proceso de predicción de la demanda, se abordó la problemática desde 3 frentes utilizando los modelos disponibles en la librería PyCaret (Moez, 2020). A continuación, se describe cada uno de los frentes.

Modelos autorregresivos:

Para este frente, el vector de entrada X está compuesto por las demandas anteriores de cada producto las cuales se identificaron mediante los diagramas de autocorrelación descritos en la Sección 7.3. Los modelos utilizados en este frente fueron:

- Passive Aggressive Regressor.
- Huber Regressor
- Linear Regressor
- Lasso Regressor
- Least Angle Regressor
- Lasso Least Angle Regressor
- Ridge Regressor
- Bayesian Ridge Regressor
- ElasticNet Regressor
- Orthogonal Matching Pursuit Regressor
- Extreme Gradient Boosting
- K Neighbors Regressor
- Light Gradient Boosting Machine
- Random Forest
- CatBoost Regressor
- Extra Trees Regressor
- Decision Tree Regressor
- AdaBoost Regressor

Modelos de aprendizaje automático.

Para este frente, el vector de entrada X está compuesto por la información asociada a la fecha de la demanda, de manera que se le entrega al modelo información del día, mes, año, semana, entre otros datos relevantes para generar la predicción. Los modelos utilizados en este frente fueron:

- Passive Aggressive Regressor.
- Huber Regressor
- Linear Regressor
- Lasso Regressor
- Least Angle Regressor
- Lasso Least Angle Regressor
- Ridge Regressor
- Bayesian Ridge Regressor
- ElasticNet Regressor
- Orthogonal Matching Pursuit Regressor
- Extreme Gradient Boosting

- K Neighbors Regressor
- Light Gradient Boosting Machine
- Random Forest
- CatBoost Regressor
- Extra Trees Regressor
- Decision Tree Regressor
- AdaBoost Regressor

Modelos de series de tiempo:}

En este frente, se trató el problema de predicción como una tarea de series de tiempo para los cuales existen modelos específicos en la librería, los cuales fueron:

- Naive Forecaster
- Grand Means Forecaster
- Seasonal Naive Forecaster
- Polynomial Trend Forecaster
- ARIMA family of models (ARIMA, SARIMA, SARIMAX)
- Exponential Smoothing
- STL Forecaster
- Croston Forecaster
- ETS
- Theta Forecaster
- TBATS
- BATS
- Prophet Forecaster
- Linear with conditional. Deseasonalize & Detrending
- Elastic with conditional. Deseasonalize & Detrending
- Ridge with conditional. Deseasonalize & Detrending
- Lasso with conditional. Deseasonalize & Detrending
- Lasso Least Angular Regressor with conditional. Deseasonalize & Detrending
- Bayesian Ridge with conditional. Deseasonalize & Detrending
- Huber with conditional. Deseasonalize & Detrending
- Orthogonal Matching Pursuit with conditional. Deseasonalize & Detrending
- K Neighbors with conditional. Deseasonalize & Detrending
- Decision Tree with conditional. Deseasonalize & Detrending
- Random Forest with conditional. Deseasonalize & Detrending
- Extra Trees with conditional. Deseasonalize & Detrending
- Gradient Boosting with conditional. Deseasonalize & Detrending
- AdaBoost with conditional. Deseasonalize & Detrending
- Light Gradient Boosting with conditional. Deseasonalize & Detrending
- CatBoost with conditional. Deseasonalize & Detrending

En la Tabla 28 , se muestran los resultados para cada uno de los productos:

Tabla 28. Resultado de entrenamiento de modelos

PRODUCTO	MAPE			MODELO UTILIZADO		
	MODELOS AUTOREGRESIVOS	MODELOS SUPERVISADOS	MODELOS DE SERIES DE TIEMPO	MODELOS AUTOREGRESIVOS	MODELOS SUPERVISADOS	MODELOS DE SERIES DE TIEMPO
AGUARDIENTE TRADIC. 375 x 24	80%	46%	42%	Passive Aggressive Regressor	XGBoost	CatBoost
AGUARDIENTE TRADIC. 750 X 12	9%	19%	2%	KNN	Passive Aggressive Regressor	CatBoost
AGUARDIENTE TRADIC. 1750 X 6	4%	28%	6%	Passive Aggressive Regressor	Extra Trees Regressor	Light Gradient Boosting
AGUARDIENTE SIN AZÚCAR 375 x 24	86%	152%	44%	Passive Aggressive Regressor	Extra Trees Regressor	Croston
AGUARDIENTE SIN AZÚCAR 750 X 12	121%	86%	247%	Passive Aggressive Regressor	Passive Aggressive Regressor	Grand Means Forecaster
AGUARDIENTE SIN AZÚCAR 1750 X 6	121%	27%	4%	Passive Aggressive Regressor	Random Forest Regressor	Exponential Smoothing

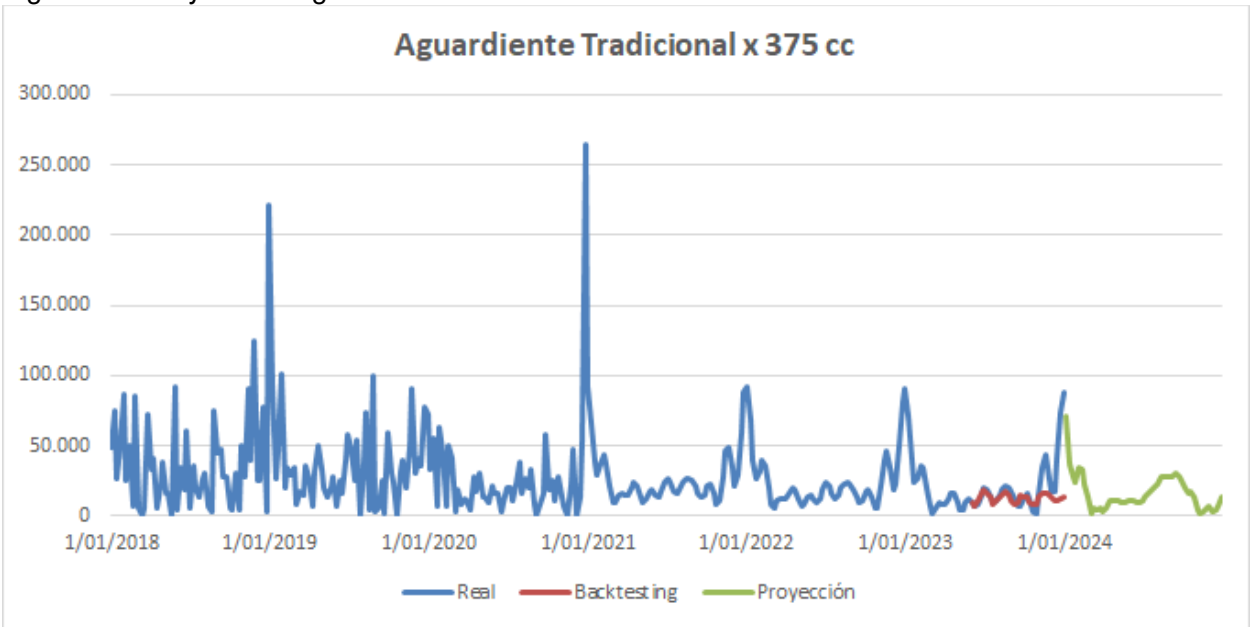
Fuente: Elaboración propia.

Se utilizó como criterio de evaluación de los modelos al error medio porcentual absoluto (MAPE) con la finalidad de que se tuviera en cuenta el impacto de la magnitud de la variable proyectada. Así, se observa que, en promedio, los modelos basados en árboles de decisión (CatBoost , Light Gradient Boosting, Extra Trees), así como el Passive Aggressive Regressor tuvieron un mejor desempeño. Adicionalmente, se observó que abordar el problema con los modelos específicos de series de tiempos fue aquel frente que tuvo mejor resultados en la mayoría de los productos, En la siguiente sección se compararán las proyecciones generadas por el mejor modelo de cada uno de los productos.

7.5 GENERACIÓN Y ANÁLISIS DE PROYECCIONES

De acuerdo con los resultados del modelo anterior, se realizaron las proyecciones de cada uno de los productos, iterando sobre cada modelo a fin de obtener la serie que tuviera mayor coherencia con el comportamiento del producto, basado en una metodología Delphi con los expertos de la entidad. En la Figura 54 a la Figura 63 se muestran los resultados obtenidos.

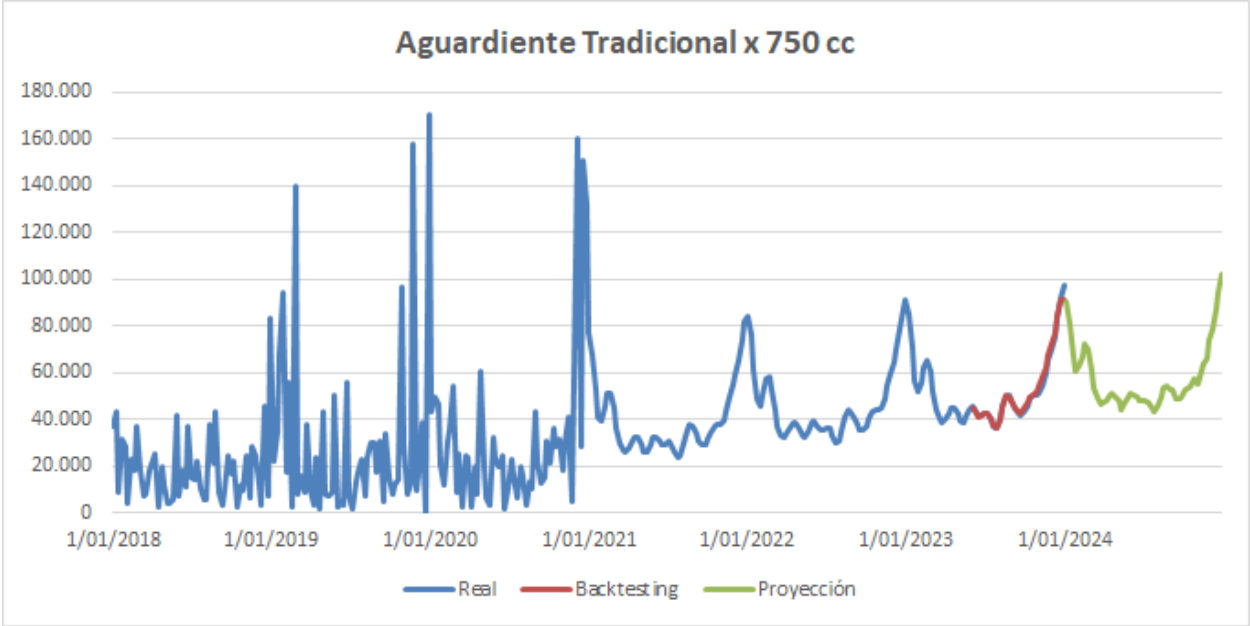
Figura 54. Proyección aguardiente tradicional 375 cc



Fuente: Elaboración propia.

La proyección para el producto de aguardiente tradicional de 375 cc (Figura 54) se realizó mediante el CatBoost Regressor el cual generó una proyección cíclica. Este modelo no tiene un análisis de importancia de variables dado que, al abordarse desde el frente de series de tiempo, el modelo itera internamente diferentes combinaciones de periodos pasados para obtener las proyecciones.

Figura 55. Proyección aguardiente tradicional 750 cc.



Fuente: Elaboración propia.

La proyección para el producto de aguardiente tradicional de 750 cc (Figura 55) se realizó mediante un modelo de CatBoost Regressor el cual generó una proyección cíclica, siguiendo el patrón de los últimos años. Esto indica que el modelo detectó el valor atípico del año 2020 y lo corrigió con base en la tendencia que detectó el modelo. Este modelo no tiene un análisis de importancia de variables dado que, al abordarse desde el frente de series de tiempo, el modelo itera internamente diferentes combinaciones de periodos pasados para obtener las proyecciones.

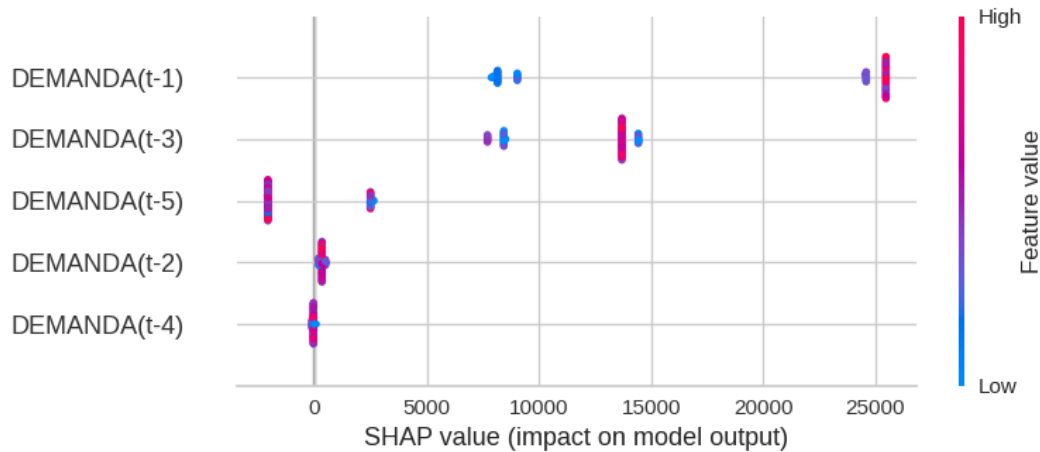
Figura 56. Proyección aguardiente tradicional 1750 cc.



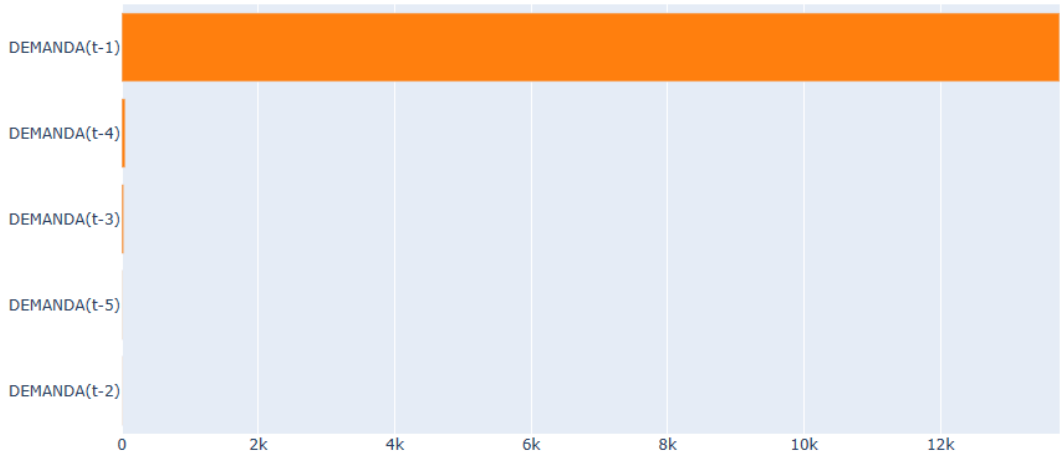
Fuente: Elaboración propia.

La proyección del aguardiente tradicional de 1750 cc (Figura 56) generó una tendencia creciente con base en lo generado por el modelo Passive Aggressive Regressor, esto es debido a que este producto fue pronosticado por medio del frente autorregresivo en donde, como se observa en la demanda histórica, los periodos anteriores tienden tendencia creciente siempre. En el análisis de la importancia de variables (Figura 57) se encontró que la mayor relevancia en la proyección la tiene el primer rezago de la serie y, adicionalmente, ambas variables de entrada tienen la misma dirección que la proyección, tal y como se observó en la Figura 58.

Figura 57. Importancia de variables, aguardiente tradicional 1750 cc.

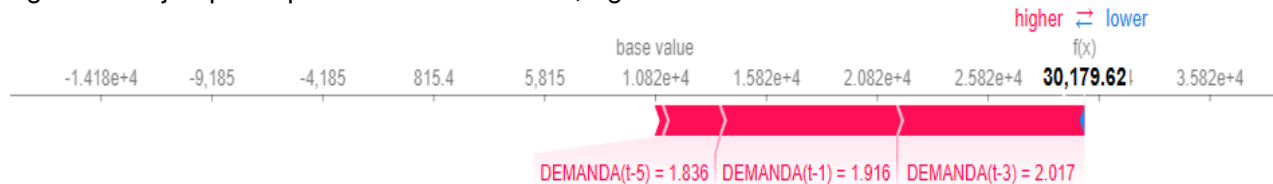


Morris Sensitivity
Convergence Index: 0.161



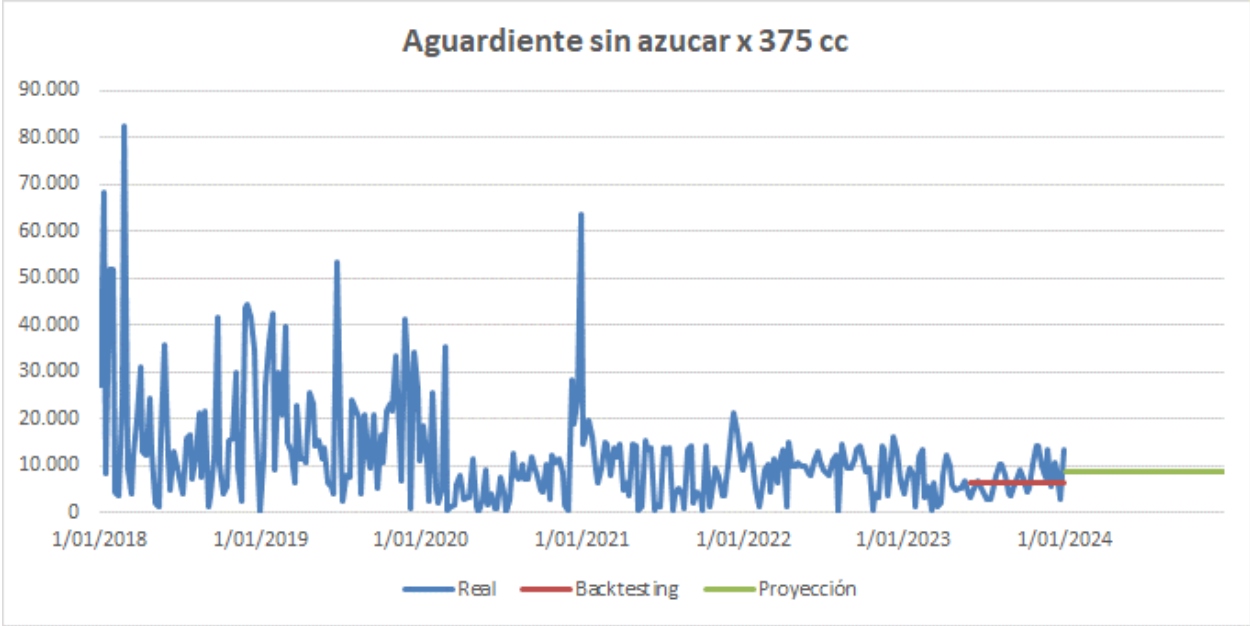
Fuente: Elaboración propia.

Figura 58. Ejemplo importancia de variables, aguardiente tradicional 1750 cc.



Fuente: Elaboración propia.

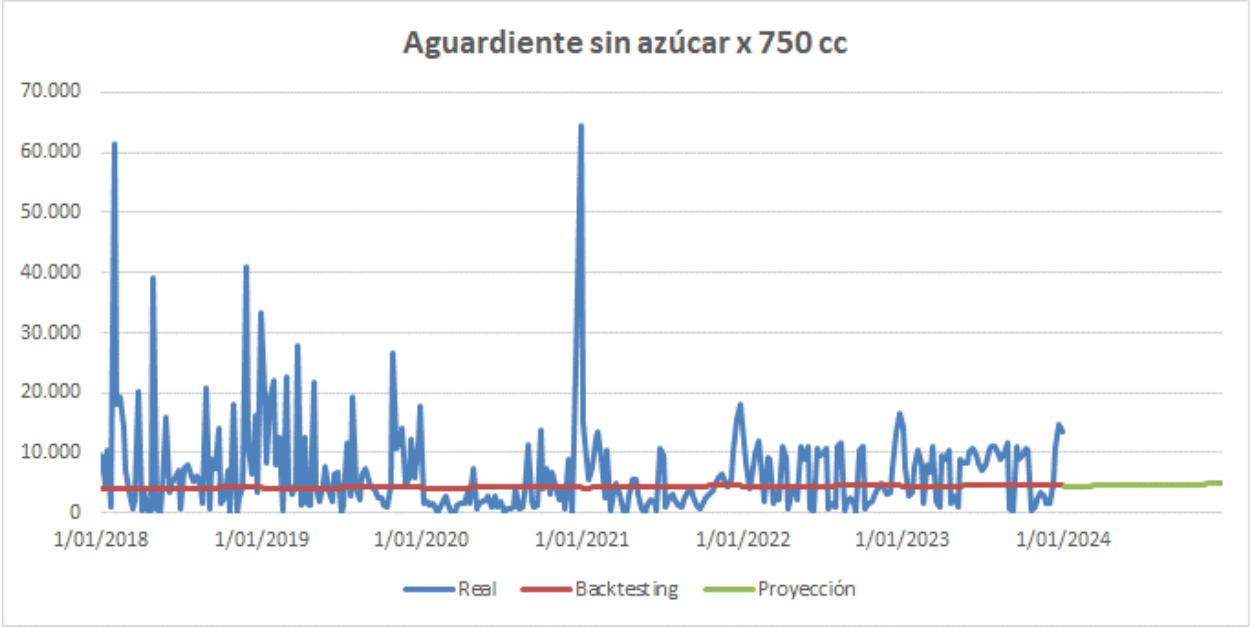
Figura 59. Proyección aguardiente sin azúcar 375 cc.



Fuente: Elaboración propia.

Se realizó la proyección para las ventas del aguardiente sin azúcar 375 cc (Figura 59) mediante un modelo de Croston el cual estabilizó la proyección en 8.600 unidades semanales dada la tendencia de los periodos finales. Este modelo no tiene un análisis de importancia de variables dado que, al abordarse desde el frente de series de tiempo, el modelo itera internamente diferentes combinaciones de periodos pasados para obtener las proyecciones.

Figura 60. Proyección aguardiente sin azúcar 750 cc.

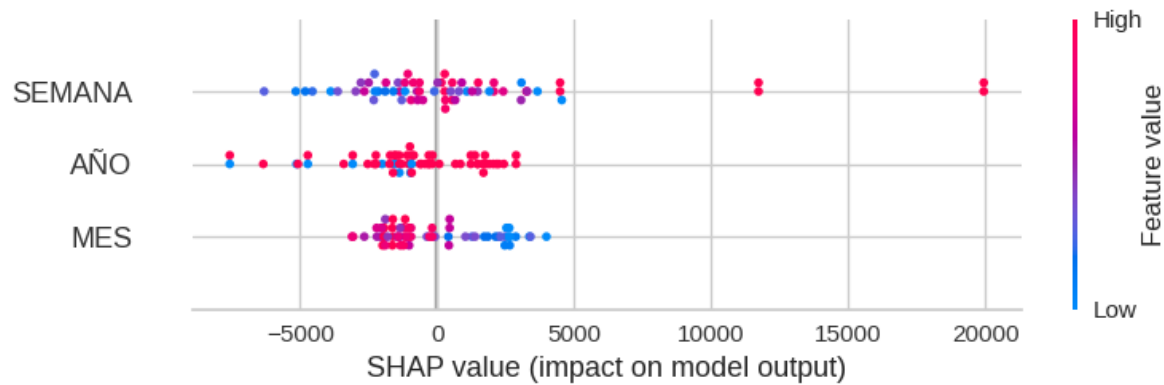


Fuente: Elaboración propia.

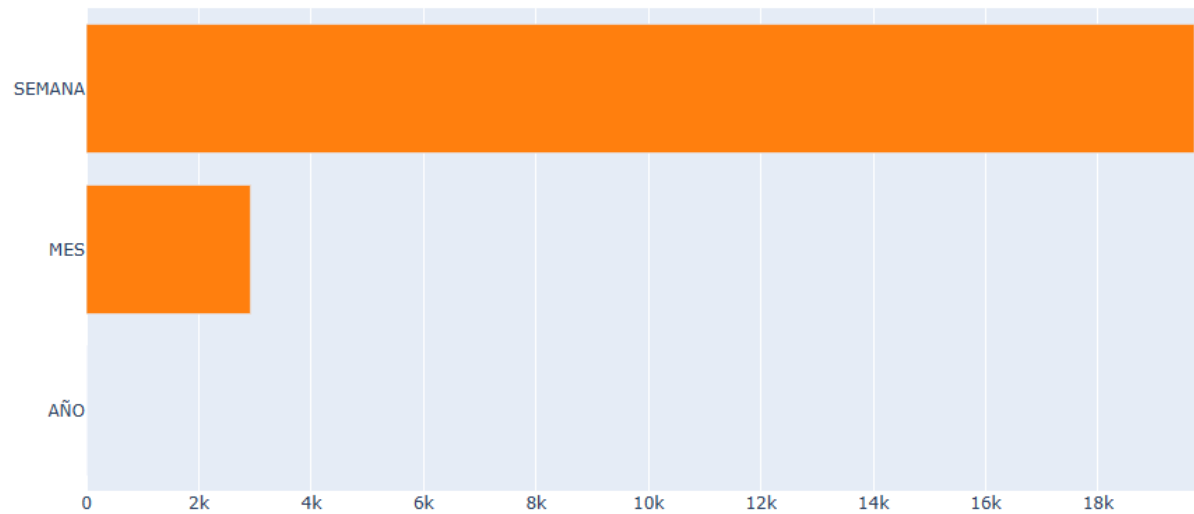
Se realizó la proyección de las ventas del aguardiente sin azúcar de 750 cc (Figura 60) la cual se proyectó en aproximadamente 4.000 unidades semanales mediante un modelo de Passive

Aggressive Regressor. Este producto fue el que peor rendimiento se tuvo dado los picos de demanda que impidieron a los modelos capturar un patrón generalizado. El análisis de importancias de variables que se realizó (Figura 61) mostró que la semana es la variable que tiene mayor impacto sobre las predicciones del modelo y, adicionalmente, todas las variables tienden a tener un sentido contrario, como se mostró en la Figura 63.

Figura 61. Importancia de variables, aguardiente sin azúcar 750 cc.

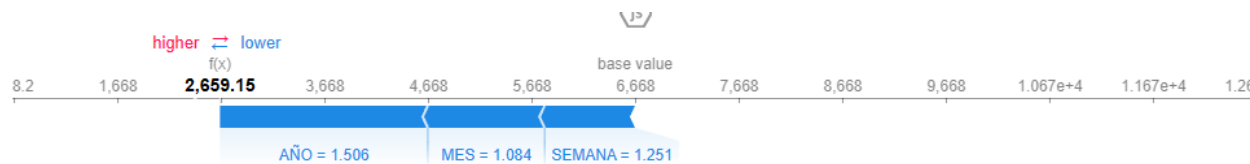


Morris Sensitivity
Convergence Index: 0.049



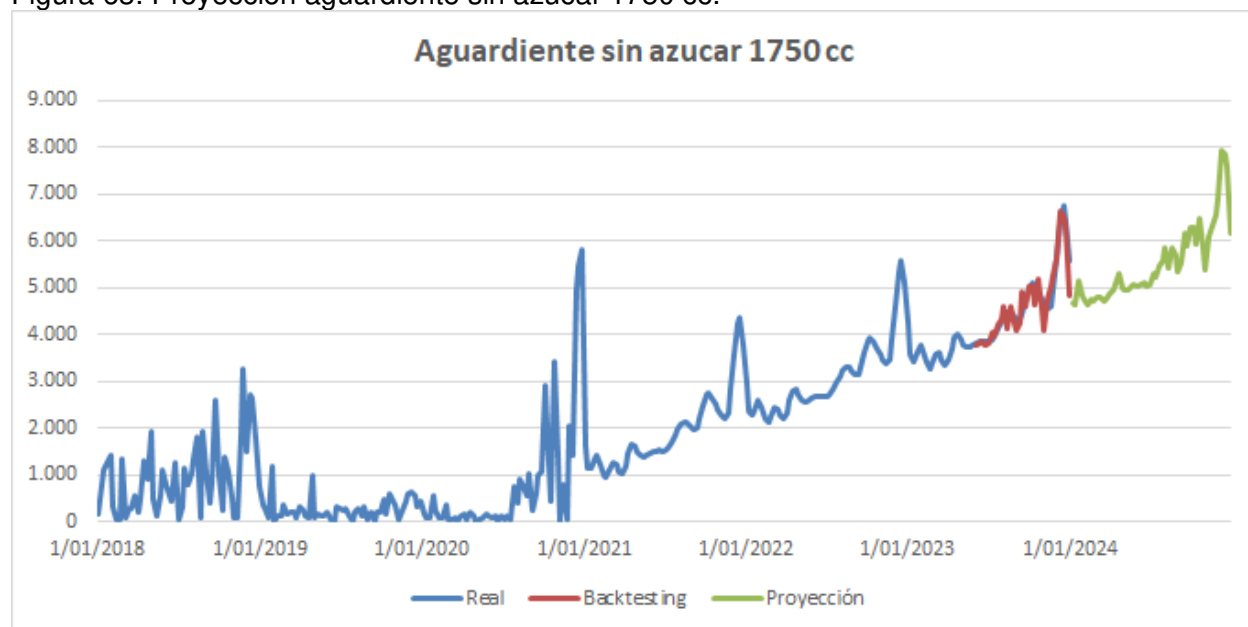
Fuente: Elaboración propia.

Figura 62. Ejemplo importancia de variables, aguardiente sin azúcar 750 cc.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 63. Proyección aguardiente sin azúcar 1750 cc.



Fuente: Elaboración propia.

Por último, se realizó la proyección de las ventas del aguardiente sin azúcar de 1750 cc mediante un modelo de suavización exponencial el cual siguió la tendencia cíclica y creciente que tiene la información. Este modelo no presenta análisis de importancia de variables.

Así, se realizaron las proyecciones de los productos seleccionados con la finalidad de que sirvan como valor de entrada para el proceso de administración de la demanda y de la cadena de suministro con la finalidad de que se generen estrategias que permitan una óptima gestión de los recursos.

7.6 PLANEACIÓN AGREGADA DE LA DEMANDA

La planeación agregada en la gestión de producción y el control de inventarios desempeña un papel crítico en la optimización de los recursos y la eficiencia operativa en entornos empresariales. En este contexto, la aplicación de modelos de machine learning para pronosticar las ventas se erige como una herramienta fundamental para informar y dar soporte a la generación del plan maestro de producción, la determinación de niveles de inventario de seguridad y la mitigación de los desperdicios. En esta sección, se presenta una metodología que aborda la integración de los pronósticos generados mediante modelos de machine learning en la planificación agregada, resaltando las consideraciones esenciales en relación con la producción, el inventario y la optimización de recursos.

Una vez que los pronósticos han sido generados en la Sección 7.5, se procede a la formulación del plan maestro de producción. Este plan integra la estimación de la demanda futura con las capacidades de producción existentes, considerando restricciones como la disponibilidad de recursos, la capacidad de la planta y las limitaciones de tiempo. La asignación óptima de recursos y la programación de la producción se realizan para satisfacer la demanda prevista y minimizar los costos operativos.

Los niveles de inventario de seguridad desempeñan un papel crucial en la mitigación de la incertidumbre asociada con los pronósticos de ventas. Estos inventarios adicionales se mantienen para hacer frente a fluctuaciones imprevistas en la demanda y los tiempos de espera en la producción. La cantidad óptima de inventario de seguridad se determina considerando los riesgos asociados con la falta de stock y los costos asociados con el exceso de inventario. Para esto, se emplearon las siguientes fórmulas:

$$\text{Inventario Inicial}(t) = \text{Inventario Final}(t - 1)$$

$$\text{Demanda}(t) = \text{Pronóstico de los modelos de machine learning}$$

$$\begin{aligned} \text{Requerimientos Adicionales}(t) \\ = (\% \text{ Inventario Seguridad} + \% \text{ Desperdicio} + \% \text{ Otros}) * \text{Demanda}(t) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Requerimiento Producción}(t) \\ = \text{Demanda}(t) + \text{Requerimientos Adicionales}(t) - \text{Inventario Inicial}(t) \end{aligned}$$

$$\text{Holgura}(t) = \text{Capacidad Producción}(t) - \text{Demanda}(t)$$

$$\text{Inventario Final}(t) = \text{Inventario Inicial}(t) + \text{Requerimiento Producción}(t) - \text{Demanda}(t)$$

Con esta metodología se procedió a calcular cada uno de los elementos para los periodos proyectados por los modelos de *Machine Learning*. La información asociada a los requerimientos adicionales se extrajo directamente de las políticas de inventario de seguridad de la empresa, así como el % de desperdicio medio que se tiene y el % medio de otros requerimientos entre los que se incluyen bonificaciones y degustaciones que se deben de tener en cuenta al momento de la planeación de la producción.

El cálculo de la holgura de cada periodo depende de la capacidad de producción que se tenga, la cual puede dar positiva y, en cuyo caso, mejorará el nivel de inventario final requerido; o negativa, generando un faltante de producción que se arrastra al siguiente periodo.

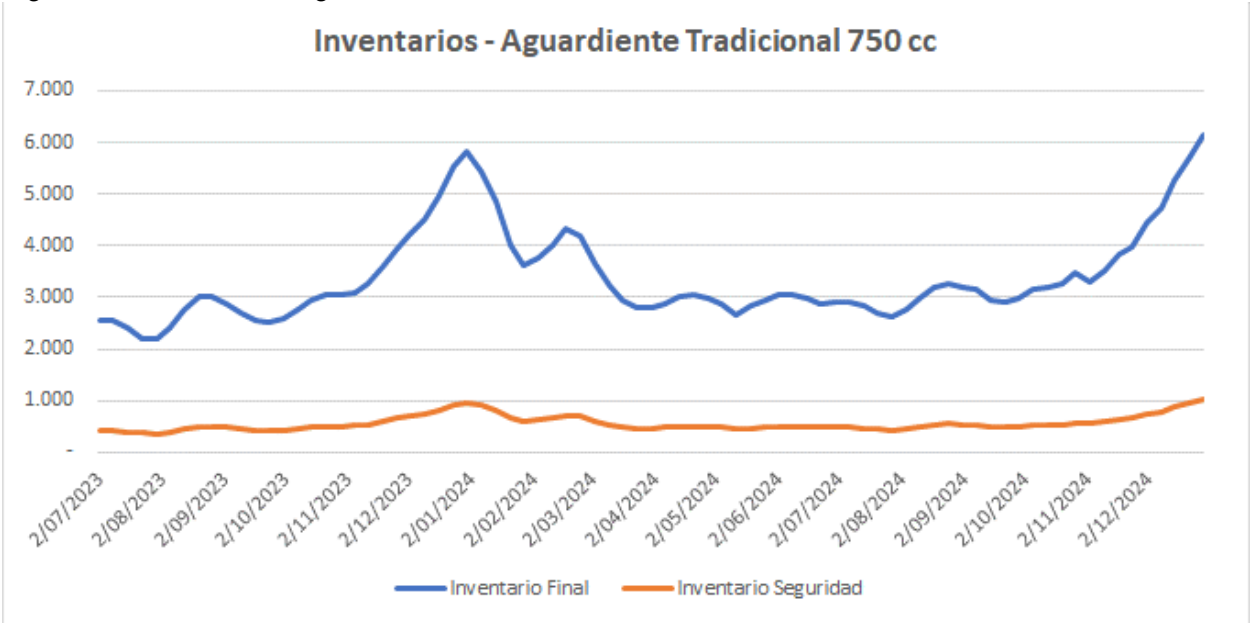
Esta planificación abordó la gestión de los desperdicios y /o usos adicionales de demanda por eventos como degustaciones ajenas a los históricos utilizados para los modelos de pronóstico. Por último, se consideró como capacidad de producción *normal* a lo establecido en el *Visual Stream Map*. En la Figura 64 a la Figura 69 se muestran los niveles de inventarios esperados para cada uno de los productos, de manera que se mantengan los inventarios de seguridad de estos.

Figura 64. Inventarios Aguardiente Tradicional 375 cc.



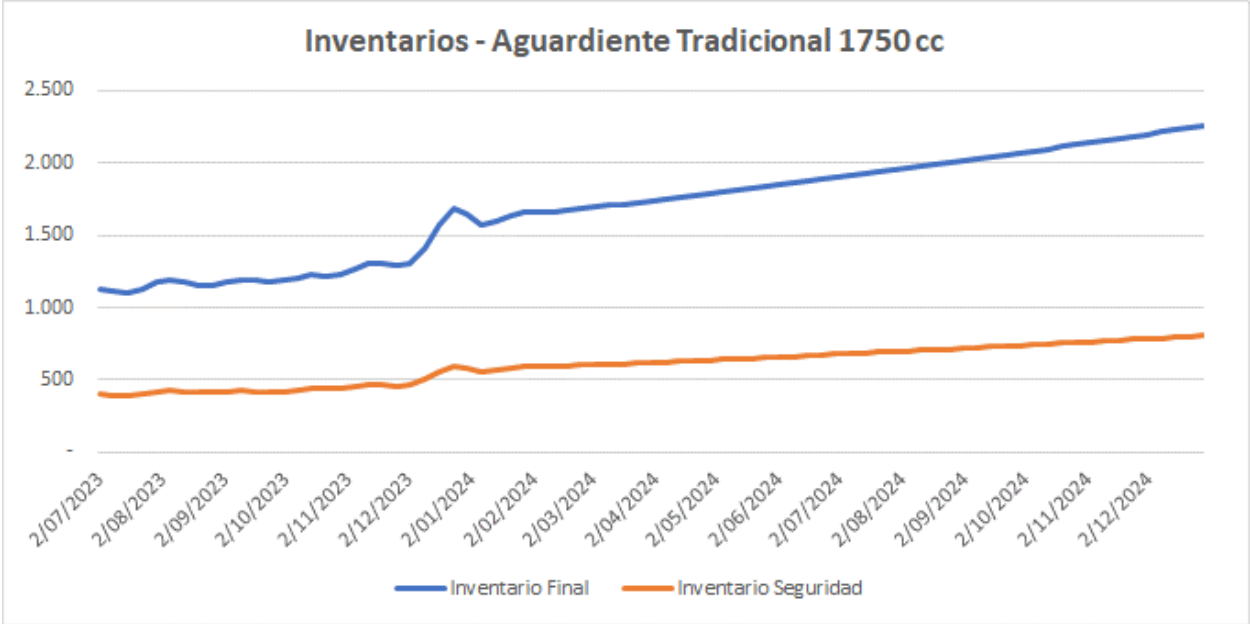
Fuente: Elaboración propia.

Figura 65. Inventarios Aguardiente Tradicional 750 cc.



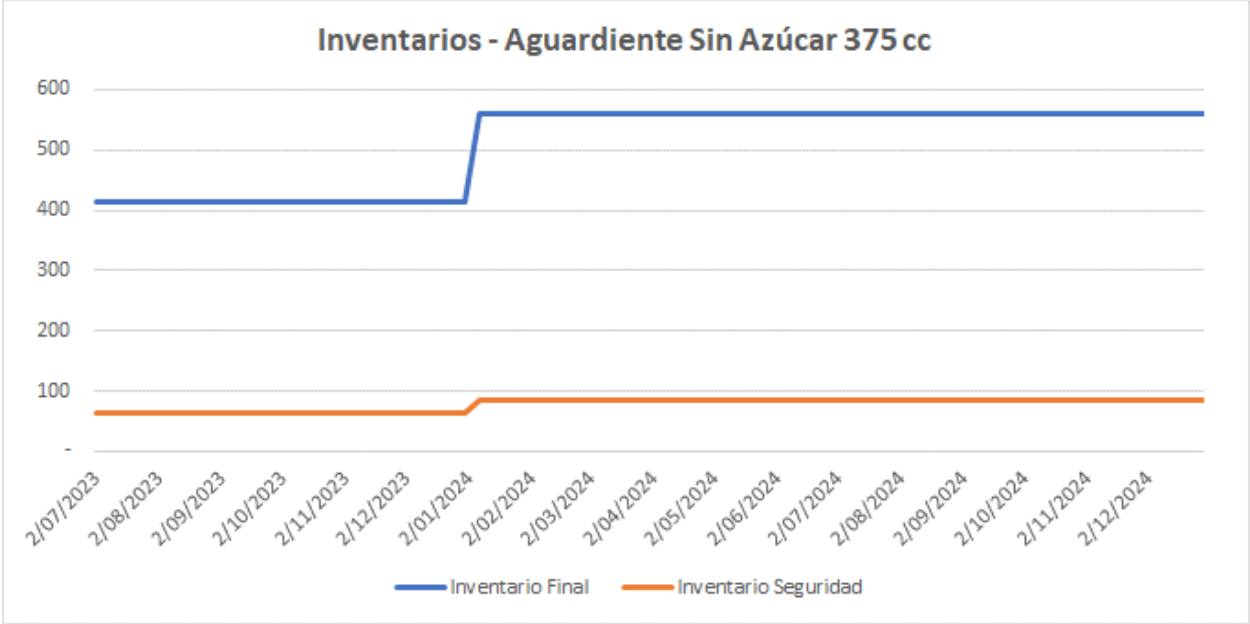
Fuente: Elaboración propia.

Figura 66. Inventarios Aguardiente Tradicional 1750 cc



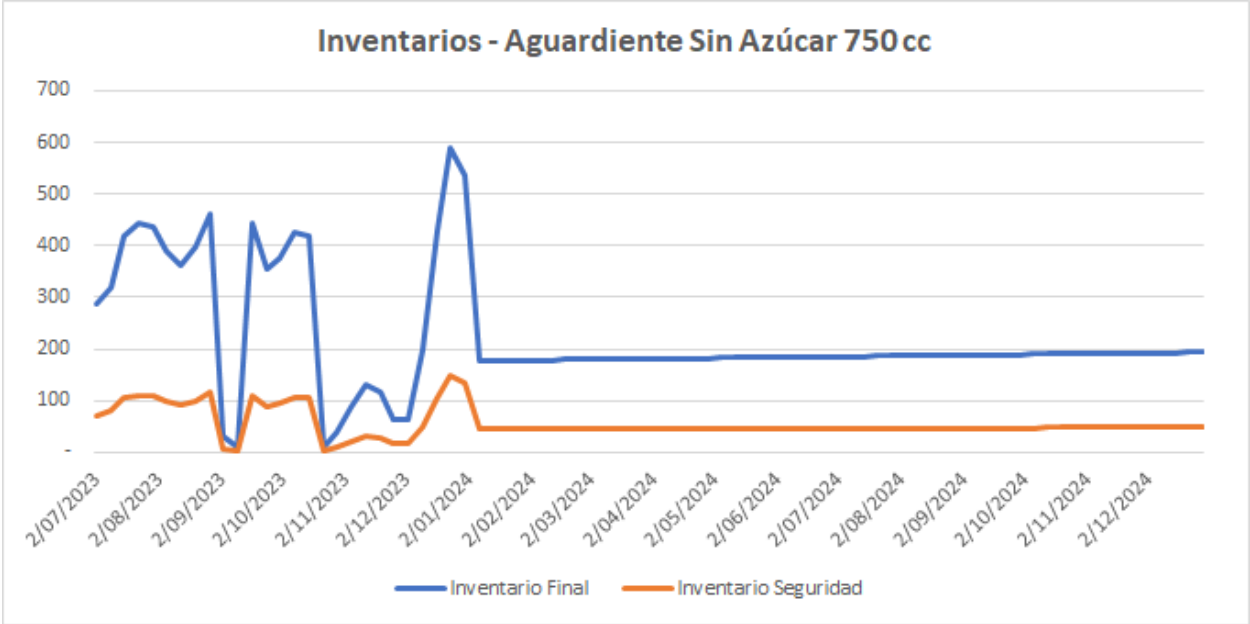
Fuente: Elaboración propia.

Figura 67. Inventarios Aguardiente sin azúcar 375 cc.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 68. Inventarios Aguardiente sin azúcar 750 cc.



Fuente: Elaboración propia.

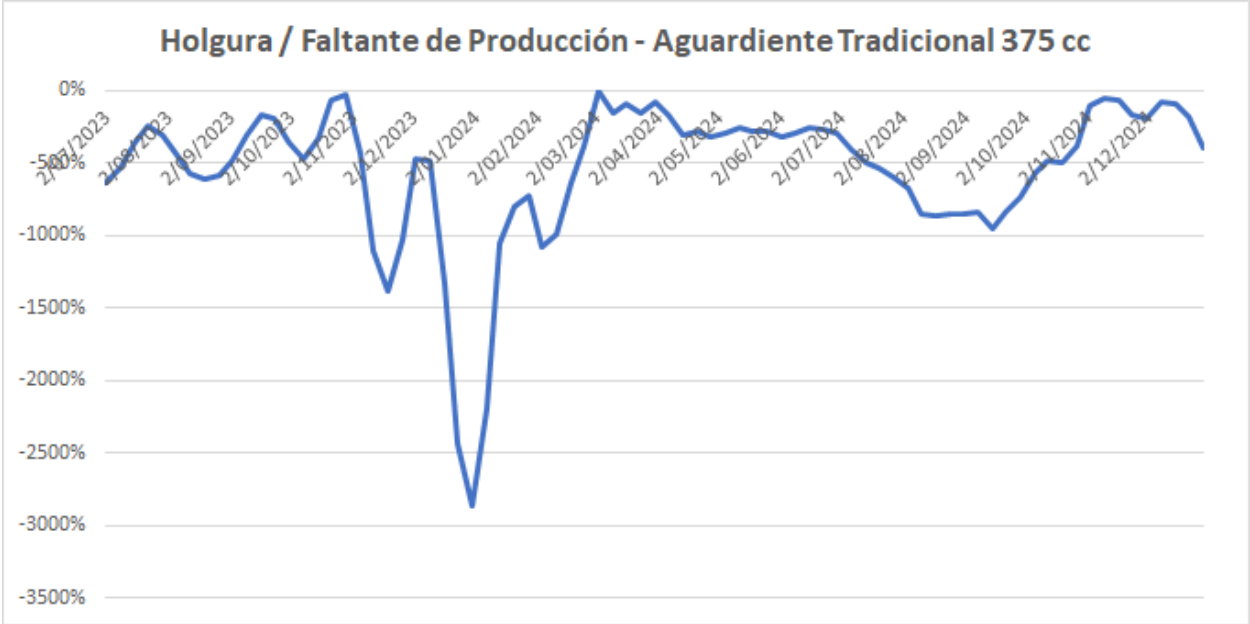
Figura 69. Inventarios Aguardiente Sin Azúcar 1750 cc.



Fuente: Elaboración propia.

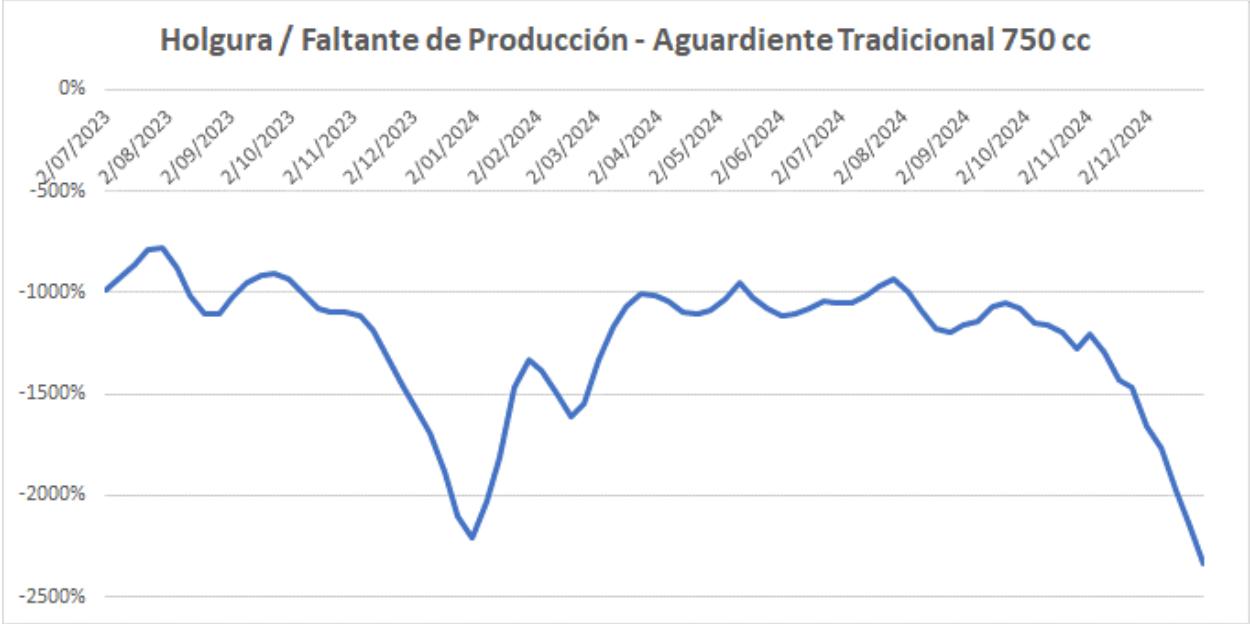
Por último, en la Figura 70 a la Figura 75 se muestra que la capacidad de producción actual es insuficiente para alcanzar los niveles de demanda deseados según los pronósticos generados, resaltando la necesidad imperativa de realizar mejoras en la capacidad de producción. Con el fin de lograr la satisfacción de la demanda prevista y evitar posibles pérdidas de ventas, se recomienda que se implementen medidas para aumentar y ajustar la capacidad de producción, asegurando así una alineación más efectiva con las proyecciones de demanda y los objetivos de la organización.

Figura 70. Faltante de producción (%) Aguardiente Tradicional 375 cc.



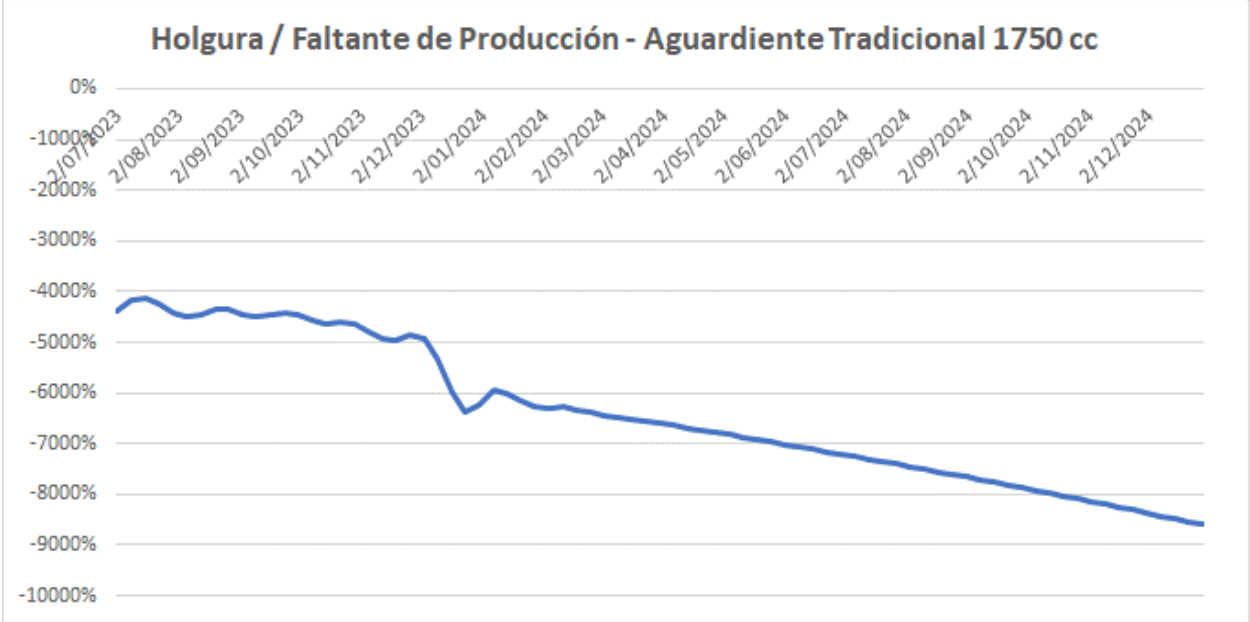
Fuente: Elaboración propia.

Figura 71. Faltante de producción (%) Aguardiente Tradicional 750 cc.



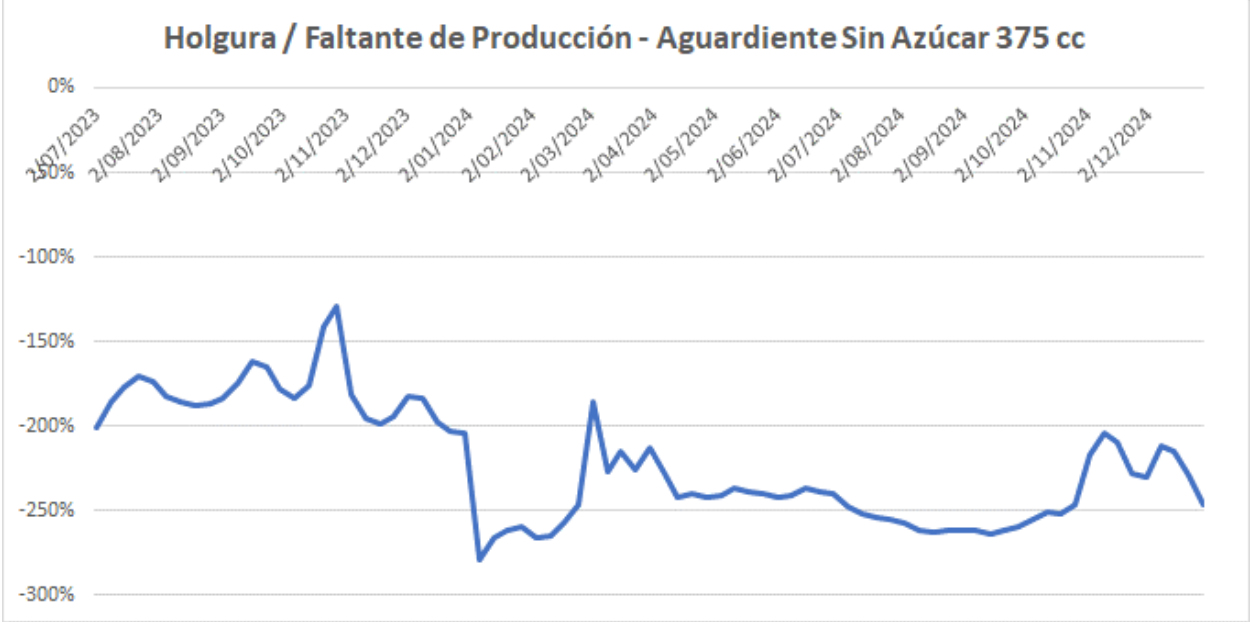
Fuente: Elaboración propia.

Figura 72. Faltante de Producción (%) Aguardiente Tradicional 1750 cc



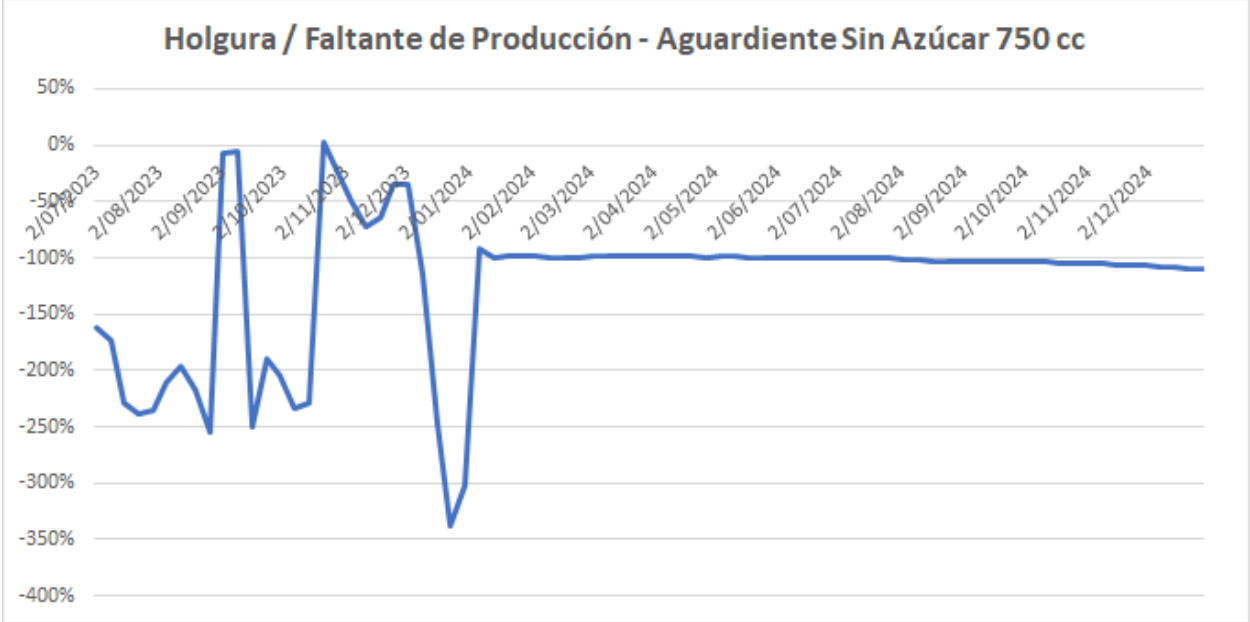
Fuente: Elaboración propia.

Figura 73. Faltante de Producción (%) Aguardiente sin azúcar 375 cc.



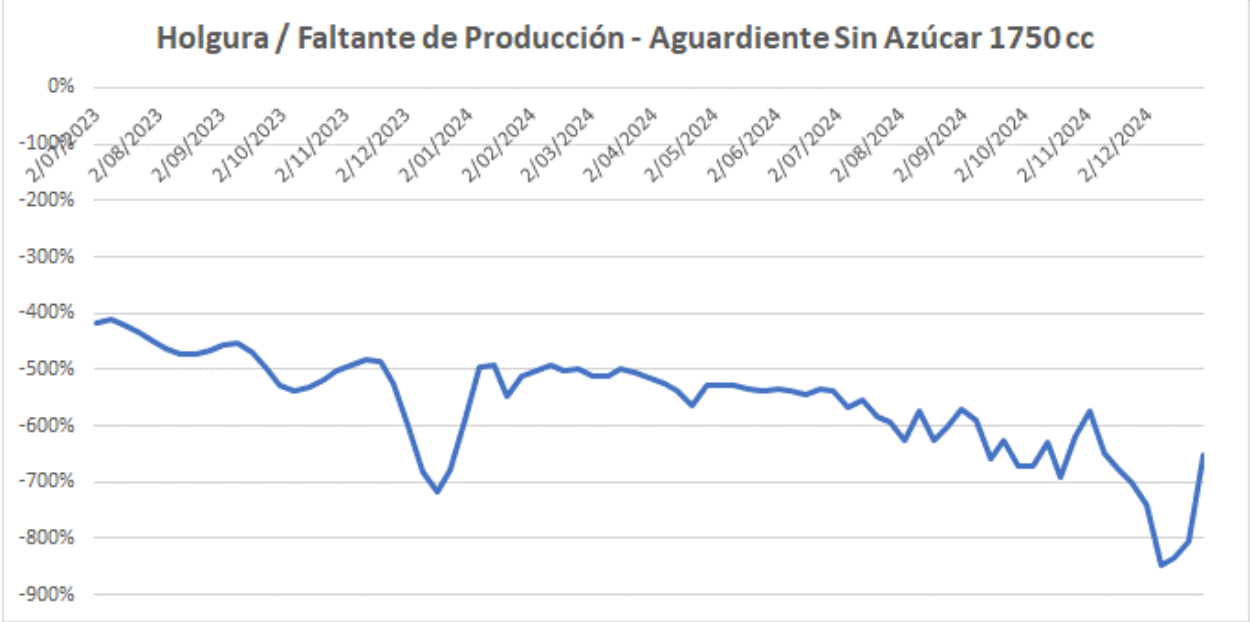
Fuente: Elaboración propia.

Figura 74. Faltante de Producción (%) Aguardiente sin azúcar 750 cc.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 75. Faltante de Producción (%) Aguardiente sin azúcar 1750 cc.



Fuente: Elaboración propia.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo con el análisis realizado a las definiciones del tipo de negocio en el que se ubica la Licorera del Cauca, se encontró que para una gestión en la cadena de suministro se debe tener una planeación efectiva de la demanda con la finalidad de que esta permita jalonar los procesos precedentes de adquisición de insumos, conversión de estos (producción), y logística de distribución. Por esto, se realizó un análisis de las familias de productos con mayor influencia en la organización en donde se obtuvo que el nivel de rotación de la familia de productos fue un indicador clave para enfocar el alcance del estudio. Con esto, se evidenció que la familia del aguardiente (en sus presentaciones con y sin azúcar) fue la que se seleccionó para un análisis de la mayor profundidad.

En la elaboración del *Visual Stream Map* se identificó el proceso que genera mayor cuello de botella dentro del flujo de producción del aguardiente (la familia de productos con mayor rotación), el cual fue la preparación del producto como tal. Con esto, se realizó un análisis causal con la finalidad de encontrar los motivos principales que afectaron el rendimiento del proceso. El análisis mostró que más del 80% de los puntos críticos identificados están relacionados con fallos de los equipos de trabajo. Por esto, se realizó un análisis adicional de capacidad de proceso a las actividades de preparación y envasado de cada una de las presentaciones de aguardiente con y sin azúcar, los resultados mostrados que todas las actividades se encuentran controladas estadísticamente debido a que se encuentran dentro de los límites de control, no obstante, al determinar los índices de capacidad potencial e índice de capacidad real, se obtuvo que las ambas actividades deben ser intervenidas debido a que no se están cumpliendo con las necesidades y expectativas de los clientes.

El análisis exploratorio de la información de la demanda de las presentaciones de aguardiente sin azúcar y tradicional, mostró que las series de tiempo no siguen una distribución normal estándar y, además no pudieron ser descompuestas mediante los métodos aditivos y multiplicativos. Esto fue crucial al momento de seleccionar los métodos de preprocesamiento de la información dado que se imposibilita utilizar métodos basados en el estadístico Z-Score por no cumplir con los requisitos mínimos. Por esta razón, se optó por el uso de un proceso de escalado de variables basado en la propia distribución de los datos (MinMax Scaler). Adicionalmente, para la selección de las variables de entrada para realizar la predicción de la demanda, se optó por utilizar los rezagos de esta, de manera que el periodo $t+1$ se calculará con base en los periodos t , $t-1$..., $t-n$, en donde el cálculo del número de rezagos a utilizar en cada una de las presentaciones de los productos se infirió mediante el análisis de los diagramas de autocorrelación y autocorrelación parcial de las demandas, obteniendo rangos desde 1 hasta 5 rezagos.

En el proceso de selección de modelos a utilizar para la predicción de la demanda de los productos, se decidió utilizar un *pool* de más de 20 modelos, los cuales contenían modelos tradicionales, econométricos y basados en aprendizaje automático, con la finalidad de tener un espectro de opciones lo suficientemente amplio para encontrar aquél que se adaptara a cada uno de los patrones de demanda de cada producto en particular. El desempeño de los modelos se midió con base en el MAPE en donde los modelos basados en árboles de decisión (CatBoost) fueron los que obtuvieron los mejores resultados, explicado principalmente porque este tipo de técnicas tienen una sensibilidad mayor cuando la cantidad de datos es pequeña. Se resalta que la serie cuyo patrón tuvo mejor nivel de predicción fue el aguardiente tradicional en sus presentaciones de 750 CC y 1750 CC.

Se realizó la predicción de la demanda futura para cada una de las presentaciones de los productos, se observó que los valores tienden a estabilizarse con un ligero patrón cíclico. Esto se explica debido a que se utilizan las mismas predicciones para generar valores a futura y esto genera que los modelos tiendan a estabilizarse para predicciones muy alejadas del último valor real. Lo anterior se comprueba al analizar los valores SHAP de las predicciones en donde se presenta que la demanda futura tiene una alta dependencia a su primer rezago.

Por último, con la información de la demanda pronosticada, se realizó una planeación agregada de la demanda con la finalidad de mantener los niveles de inventarios requeridos de acuerdo con las políticas de la organización, sin embargo, se encontró que existe una brecha entre las demandas requeridas y la capacidad de producción actual la cual debe evaluarse con la finalidad de poder alinear todos los frentes en pro de un beneficio global.

BIBLIOGRAFÍA

- Alzate Montoya, P. (2022). Introducción al modelamiento matemático. En *Investigación de operaciones* (Segunda ed.). Bogotá: Ediciones de la U. Obtenido de <https://www.ebooks7-24.com/?il=19963>
- Amador Mercado, C. (2022). *El análisis PESTEL*. (U. Sapiens, Ed.) Obtenido de <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/prepa1/article/view/8263/8494>
- Arciniegas Sánchez, N. F., Segura Mosquera, J. M., Mendoza Chacón, J. H., & Espinosa Erazo, D. F. (2017). Technical assistance in documentation and instructive updating supported in the "S.M.E.D" - To change of format in the packaging line in the "Licorera del Cauca" Industry. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85067114716&partnerID=40&md5=e2429313ccc726d9ebf694299ee57804>, 2017, 689-700. Obtenido de <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85067114716&origin=inward&txGid=9414036e447661039353f31be4920a26>
- Auffarth, B. (2021). Machine Learning for Time-Series with Python. En B. Auffarth, *Machine Learning for Time-Series with Python* (págs. 93-94). BIRMINGHAM: Packt Publishing.
- Casper Solheim, B. (2023). Understanding machine learning-based forecasting methods: A decomposition framework and research opportunities. *Internal Journal of Forecasting*.
- Castro Zuluaga, C. A. (2020). Introducción. En *Planeación de la producción* (Segunda ed.). Medellín: Fondo Editorial Universidad EAFIT. Obtenido de <https://books.google.com.co/books?id=aKzxDwAAQBAJ&lpg=PT6&dq=planeacion%20y%20control%20de%20la%20produccion&lr&hl=es&pg=PT15#v=onepage&q&f=false>
- Catal, C., Ece, K., Arslan, & Akbulut, A. (2019). Benchmarking of Regression and Time Series Analysis Techniques for Sales Forecasting. *BALKAN JOURNAL OF ELECTRICAL & COMPUTER ENGINEERING*, 20-26.
- Chen, F., & Lu, C.-J. (2017). Sales forecasting by combining clustering and machine-learning technoques for computer retailing. *Neural Comput & Applic*, 2633-2647.
- Congreso de la República de Colombia. (2016). *Ley 1816 de 2016*. Obtenido de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=88659>
- Deepa, G. (2021). Sales Forecasting Using Machine Learning Models. *Annals of R.S.C.B*, 3928-3936.
- Ensafi, Y., Hassanzadeh Amin, S., Zhang, G., & Shah, B. (2022). Time-series forecasting of seasonal items sales using machine learning - A comparative analysis. *INternational Journal of Information Management Data Insights*.
- Escobar Gómez, E. N., Diaz Nuñez, J. J., & Taracena Sanz, L. F. (2010). Modelo para el ajuste de pronósticos agregados utilizando lógica difusa. *SciELO*.
- Espin Carbonell, F. (2013). Técnica SMED. Reducción del tiempo preparación. *3 Ciencias*.
- Ferrat Clark, Y., Fernández Esperanza, H., González Guevara, M. C., Reyes Morejón, C. V., Vizcaíno Luna, Y., & Bermúdez Marrero, W. M. (2019). Caracterización de las personas consumidoras de bebidas alcohólicas. *Acta Médica del Centro*, 4, págs. 523-531. Santa

Clara. Obtenido de <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=90152>

Industria Licorera del Cauca. (2019). *Objetivos y Funciones*. Obtenido de <https://ilcauca.com/la-licorera/objetivos-y-funciones>

Industria Licorera del Cauca. (s.f.). *Nuestra Historia*. Obtenido de <https://ilcauca.com/la-licorera/nuestra-historia>

Iravani, S. M. (2021). Planeación Agregada. En *Ingeniería y Gestión de Operaciones: Conceptos, Análisis y Principios de Mejora* (Primera ed.). Nueva York: McGraw Hill. Obtenido de <https://www.accessengineeringlibrary.com/content/book/9781260461831/toc-chapter/chapter12/section/section2>

Jacobs, R. F., Berry, W. L., Whybark, C., & Vollmann, T. E. (2018). PRELIMINARES DEL CAPÍTULO. En *Planificación y control de fabricación para la gestión de la cadena de suministro: la referencia de CPIM* (Segunda ed.). Nueva York: McGraw-Hill Education. Obtenido de <https://www.accessengineeringlibrary.com/content/book/9781260108385/toc-chapter/chapter1/section/section1>

Kamath, U., Liu, J., & Whitaker, J. (2019). Deep Learning for NLP and Speech Recognition.

Kaplan, R. S., & Norton, D. P. (2008). En *The execution premium: Integrando la estrategia y las operaciones para lograr ventajas competitivas*. España: Deusto. Obtenido de <https://books.google.com/cu/books?id=PcpgqFnrq2YC>

Kiran, D. (2019). Elements of production planning and control. En D. Kiran, *Production Planning and Control* (págs. 1-20). Butterworth Heinemann. doi:<https://doi.org/10.1016/C2018-0-03856-6>

Kochak, A., & Sharma, S. (2015). Demand forecasting using neural network for supply chain management. *International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research*.

Kuo, R. J., Chen, C. H., & Hwang, Y. C. (2001). An intelligent stock trading decision support system through integration of genetic algorithm based fuzzy neural network and artificial neural network. *Fuzzy Sets and Systems*, 21-45.

Minitab. (2019). *Usos del análisis de capacidad*. (Minitab,LLC.) Recuperado el 2021, de <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/quality-and-process-improvement/capability-analysis/supporting-topics/basics/uses-of-capability-analysis/>

Moez, A. (abril de 2020). *PyCaret: An open source, low-code machine learning library in Python*. Obtenido de PyCaret version 1.0.0: <https://www.pycaret.org>

Muñoz de Cote Orozco, J. (2010). Las bebidas alcohólicas en la historia de la humanidad. *AAPAUNAM Academia, Ciencia y Cultura*, 42-52.

Nielsen, A. (2020). *Practical Time Series Analysis Prediction with Statistics & Machine Learning*. USA: O'Reilly Media, Inc.

Pavlyshenko, B. (2019). Machine-Learning Models for Sales Time Series Forecasting. *data*.

Portafolio. (2019). *Industria licorera nacional: vistazo al futuro* . Obtenido de <https://www.portafolio.co/negocios/empresas/industria-licorera-nacional-vistazo-al-futuro-529240>

Ramasubramanian, K., & Singh, A. (2019). *Machine Learning Using R with Time Series and Industry-Based Use Cases in R*. Delhi, India: APRESS.

scikit-learn. (10 de 10 de 2022). *Scikit-Learn*. Obtenido de Machine Learning in Python: <https://scikit-learn.org/stable/>

statsmodels. (15 de 10 de 2022). *Partial Autocorrelation Plotd and Autocorrelation Plot*. Recuperado el 15 de 10 de 2022, de <https://www.statsmodels.org/stable/index.html>

StatsModels. (04 de 09 de 2022). *Seasonal Decompose*. Obtenido de statsmodels 0.14.0: https://www.statsmodels.org/dev/generated/statsmodels.tsa.seasonal.seasonal_decompose.html

Taha, H. A. (2017). *Investigación de operaciones* (Décima ed.). Pearson Educación. Obtenido de <https://www-ebooks7--24-com.us1.proxy.openathens.net/?il=6959>

Tensorflow. (09 de 10 de 2022). *Tensorflow Core*. Obtenido de <https://www.tensorflow.org/overview>

ThomasNet News. (2019). *¿Qué es el tiempo de entrega frente al tiempo de ciclo frente al tiempo de takt?* . Recuperado el 2021, de <http://bdbib.javerianacali.edu.co:2057/login.aspx?direct=true&db=bwh&AN=138397511&lang=es&site=ehost-live>

Toro Ocampo, E. M., Mejia Giraldo, D. A., & Salazar Isaza, H. (2004). Pronóstico de Ventas Usando Redes Neuronales. *Scientia Et Technica*, 25-30.

Torres Corona, R. E., Rodriguez Morachis, M. A., Alvarado Tarango , L., Terrazas Mata, L. E., & Zorrilla Briones, F. (2021). Luz Elena Terrazas Mata, and Francisco Zorrilla Briones. 2021. "Análisis e Implementación de Un Modelo de Pronóstico Para La Planeación de La Producción En Una Empresa de Manufactura. *Congreso Internacional de Investigacion Academia Journals*. 13, págs. 1692-1697. Morelia: Academia Journals. Obtenido de <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&AuthType=sso&db=tnh&AN=161301838&lang=es&site=ehost-live&scope=site>

Usuga Cadavid, J., Lamouri, S., & Grabot, B. (2018). Trends in Machine Learning Applied to Demand & Sales Forecasting : A Review. *International Conference on INformation Systems, Logistics and Supply Chain*.

Valdiviezo, M., & Fermín, J. (2010). Estudio comparativo de índices de capacidad de proceso con variables distribuidas no normales. *Industrial - Data - Universidad Nacional Mayor de San Marcos*, 56-65.