

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL



**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICAS**

PROYECTO DE TITULACIÓN

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

**“MAGÍSTER EN CONTROL DE OPERACIONES Y GESTIÓN
LOGÍSTICA”**

TEMA:

IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE PLANEACIÓN DE
VENTAS Y OPERACIONES S&OP EN UNA INDUSTRIA DE
EMPAQUES FLEXIBLES

AUTOR:

CARLOS EDUARDO BRACHO IBARRA

Guayaquil - Ecuador

2017

DEDICATORIA

A mi hijo Carlos Daniel y a mi esposa que son mis motores de vida.

A mi madre, que con su amor y esfuerzo, supo guiarme a lo largo de mi vida para alcanzar todas las metas que me propongo.

AGRADECIMIENTO

A Dios por todas sus bendiciones.

A mi familia por el apoyo y respaldo.

A mi Director de tesis por la guía y soporte brindado a lo largo de todo el proyecto.

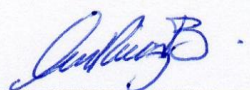
DECLARACIÓN EXPRESA

La responsabilidad por los hechos y doctrinas expuestas en este Proyecto de Graduación, me corresponde exclusivamente; el patrimonio intelectual del mismo, corresponde exclusivamente a la **Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas, Departamento de Matemáticas** de la Escuela Superior Politécnica del Litoral.



Carlos Eduardo Bracho Ibarra

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



Omar Ruiz Barzola, Ph.D.

Presidente



Kleber Barcia Villacreses Ph.D.

Director



Mgtr. Nadia Cárdenas Escobar

Vocal

AUTOR DEL PROYECTO



Carlos Eduardo Bracho Ibarra

ÍNDICE GENERAL

PRESENTACIÓN.....	xiii
CAPÍTULO 1	1
INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	1
1.1. ANTECEDENTES	1
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
1.3. JUSTIFICACIÓN	5
1.4. OBJETIVO GENERAL.....	6
1.5. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	6
1.6. METODOLOGÍA.....	7
CAPÍTULO 2.....	8
MARCO TEÓRICO Y ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN INICIAL.....	8
2.1. MARCO TEÓRICO	8
2.2. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN INICIAL.....	24
2.2.1. PROCESO DE PLANEACIÓN DE LA DEMANDA ANTES DE LA IMPLEMENTACIÓN DE S&OP.....	25
2.2.2. PROCESO DE ABASTECIMIENTO DE MATERIA ANTES DE LA IMPLEMENTACIÓN DE S&OP.....	26
2.2.3. PLANEACIÓN DE LA PRODUCCIÓN ANTES DE LA IMPLEMENTACIÓN DE S&OP.....	28
CAPÍTULO 3.....	30
DISEÑO DE LA SOLUCIÓN	30
3.1. FAMILIA DE PRODUCTOS.....	30
3.2. IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO S&OP	31
3.3. PRONÓSTICO DE VENTAS Y PLANEACIÓN DE LA DEMANDA.	34
3.3.1. DEFINICIÓN DE VARIABLES	34
3.3.2. ANÁLISIS DE DATOS HISTÓRICOS DE VENTAS.....	35
3.3.3. SELECCIÓN DEL MODELO.....	38
3.3.4. RESULTADOS DEL PRONÓSTICO	69
3.4. PROCESO DE PLANIFICACIÓN DE SUMINISTROS.....	72
3.5. CAPACIDAD DISPONIBLE DE PRODUCCIÓN EN HORAS	79
3.6. RENTABILIDAD PROYECTADA SEGÚN PRESUPUESTO	81

3.7. REUNIONES S&OP.....	81
3.7.1. REUNIÓN PRE-S&OP	81
3.7.2. REUNIÓN EJECUTIVA S&OP.....	82
3.8. INDICADORES	82
3.9. RESULTADOS LUEGO DE LA IMPLEMENTACIÓN.....	84
CAPÍTULO 4.....	89
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	89
4.1. CONCLUSIONES.....	89
4.1. RECOMENDACIONES	91
BIBLIOGRAFÍA.....	92

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Diagrama Causa Efecto	4
Cuadro 2. Pasos para la Implementación del Proceso S&OP	10
Cuadro 3. Datos de Entrada para Elaboración del Pronóstico de Ventas	10
Cuadro 4. Propiedades del ACF y PACF de Modelos ARMA	18
Cuadro 5. Cantidad Óptima de Pedido EOQ	20
Cuadro 6. Ciclo Mensual S&OP	24
Cuadro 7. Productos Terminados y Materias Primas	24
Cuadro 8. Cadena de Valor	25
Cuadro 9. Tiempos de Reaprovisionamiento de Materias Primas Importadas	26
Cuadro 10. Inventario Final a Cierres de Mes	27
Cuadro 11. Indicador Rotación de Inventarios	27
Cuadro 12. OTIF Abril 2017	29
Cuadro 13. Roles del Proceso S&OP	32
Cuadro 14. Proceso S&OP	33
Cuadro 15. Detalle Mensual del Ciclo S&OP	33
Cuadro 16. Ventas Mensuales por Tipo de Productos	34
Cuadro 17. Serie de Tiempo del Producto A Periodo Enero 2014 – Mayo 2017	36
Cuadro 18. Serie de Tiempo del Producto B Periodo Enero 2014 – Mayo 2017	37
Cuadro 19. Serie de Tiempo del Producto C Periodo Enero 2014 – Mayo 2017	37
Cuadro 20. Serie de Tiempo del Producto D Periodo Enero 2014 – Mayo 2017	38
Cuadro 21. Modelos de Pronóstico	39
Cuadro 22. SSE Producto A	39
Cuadro 23. Errores del Producto A Modelos Suavización Exponencial Simple y Doble	40
Cuadro 24. Comparación Serie de Tiempo del Producto A vs Modelo Suavización Exponencial Simple	40
Cuadro 25. Resultados para Diferenciar la Serie del Producto A	41
Cuadro 26. Serie Diferenciada del Producto A	42
Cuadro 27. ACF de la Serie Diferenciada del Producto A	42
Cuadro 28. PACF de la Serie Diferenciada del Producto A	43
Cuadro 29. Modelo ARIMA (1,1,0) para Producto A	43
Cuadro 30. Modelo ARIMA (0,1,1) para Producto A	44
Cuadro 31. Comparación Serie de Tiempo del Producto A vs Modelo ARIMA (1,1,0)	44
Cuadro 32. Resultados de Función Auto.Arima Producto A	45
Cuadro 33. Comparación Serie de Tiempo del Producto A vs Modelo ARIMA (2,0,0):(0,0,1)	45
Cuadro 34. Comparación Serie de Tiempo de Tiempo del Producto A vs Pronóstico del Modelo ARIMA (2,0,0):(0,0,1) de un Año atrás	46
Cuadro 35. SSE Producto B	47

Cuadro 36. Errores del Producto B Modelos Suavización Exponencial Simple, Doble y Holt Winters Aditivo.....	47
Cuadro 37. SSE Producto B Periodo Enero 2016 a Mayo 2017.....	47
Cuadro 38. Comparación Serie de Tiempo del Producto B vs Modelo Suavización Exponencial Simple	48
Cuadro 39. Resultados para Diferenciar la Serie del Producto B	48
Cuadro 40. Serie Diferenciada del Producto B.....	49
Cuadro 41. ACF de la Serie Diferenciada del Producto B	49
Cuadro 42. PACF de la Serie Diferenciada del Producto B.....	50
Cuadro 43. ACF de la Serie del Producto B Diferenciada 2 veces	50
Cuadro 44. PACF de la Serie del Producto B Diferenciada 2 veces.....	51
Cuadro 45. Modelo ARIMA (0,1,1) para Producto B.....	51
Cuadro 46 Modelo ARIMA (0,2,2) para Producto B	51
Cuadro 47. Resultados de Función Auto.Arima Producto B.....	52
Cuadro 48. Comparación Serie de Tiempo de Tiempo del Producto B vs Pronóstico del Modelos ARIMAS (0,1,1) y (0,2,2) de un Año atrás	52
Cuadro 49. Transformación Logarítmica de la Serie del Producto B	53
Cuadro 50. Gráfico de Tendencia Mensual del Producto B.....	53
Cuadro 51. ACF Serie Transformada y Diferenciada 2 Veces Producto B	54
Cuadro 52. PACF Serie Transformada y Diferenciada 2 Veces Producto B	54
Cuadro 53. ACF del Residuo del Modelo ARIMA(0,1,0):(0,1,1) Producto B	55
Cuadro 54. PACF del Residuo del Modelo ARIMA(0,1,0):(0,1,1) Producto B.....	55
Cuadro 55. Modelos ARIMA Propuestos para Producto B	56
Cuadro 56. Comparación Serie de Tiempo del Producto B vs Modelo ARIMA (0,1,1):(0,1,1)	56
Cuadro 57. Comparación Serie de Tiempo de Tiempo del Producto B vs Pronóstico del Modelo ARIMA (0,1,1):(0,1,1) de un Año atrás	57
Cuadro 58. SSE Producto C	58
Cuadro 59. Errores del Producto C Modelos Suavización Exponencial Simple y Holt Winters Multiplicativo	58
Cuadro 60. Comparación Serie de Tiempo del Producto C vs Modelo Suavización Exponencial Simple	59
Cuadro 61. Resultados para Diferenciar la Serie del Producto C	59
Cuadro 62. Serie Diferenciada del Producto C.....	60
Cuadro 63. ACF de la Serie Diferenciada del Producto C	60
Cuadro 64. PACF de la Serie Diferenciada del Producto C.....	61
Cuadro 65. Modelo ARIMA (0,1,1) para Producto C	61
Cuadro 66. Modelo ARIMA (2,1,0) para Producto C	61
Cuadro 67. Comparación Serie de Tiempo del Producto C vs Modelo ARIMA (0,1,1)	62
Cuadro 68. Comparación Serie de Tiempo del Producto C vs Modelo ARIMA (2,1,0)	62
Cuadro 69. ACF Serie Transformada y Diferenciada 2 Veces Producto C	63
Cuadro 70. PACF Serie Transformada y Diferenciada 2 Veces Producto C	63
Cuadro 71. ACF del Residuo del Modelo ARIMA(0,1,0):(0,1,1) Producto C	64
Cuadro 72. PACF del Residuo del Modelo ARIMA(0,1,0):(0,1,1) Producto C	64
Cuadro 73. Comparación Serie de Tiempo del Producto C vs Modelo ARIMA (0,1,1):(0,1,1)	65
Cuadro 74. Comparación Serie de Tiempo de Tiempo del Producto C vs Pronóstico del Modelo ARIMA (0,1,1):(0,1,1) de un Año atrás	65

Cuadro 75. SSE Producto D	66
Cuadro 76. Errores del Producto D Modelos de Holt Winters Aditivo y Multiplicativo	66
Cuadro 77. Comparación Serie de Tiempo del Producto D vs Modelo Holt Winters Aditivo y Multiplicativo	67
Cuadro 78. Resultados de Función Auto.Arima Producto D	67
Cuadro 79. Comparación Serie de Tiempo del Producto D vs Modelo ARIMA (1,0,0):(0,0,1)	67
Cuadro 80. Comparación Serie de Tiempo de Tiempo del Producto D vs Pronóstico del Modelo ARIMA (1,0,0):(0,0,1) de un Año atrás	68
Cuadro 81. Modelos Seleccionados.....	69
Cuadro 82. Resultados del Pronóstico para Producto A	69
Cuadro 83. Demanda Pronosticada del Producto A	70
Cuadro 84. Resultados del Pronóstico para Producto B	70
Cuadro 85. Demanda Pronosticada del Producto B	71
Cuadro 86. Resultados del Pronóstico para Producto C	71
Cuadro 87. Demanda Pronosticada del Producto C.....	71
Cuadro 88. Resultados del Pronóstico para Producto D	72
Cuadro 89. Demanda Pronosticada del Producto D.....	72
Cuadro 90. Demanda en Kg de Materia Prima para Producto A	73
Cuadro 91. Demanda en m ² de Materia Prima para Producto B	73
Cuadro 92. Demanda en Kg de Materia Prima para Producto C	74
Cuadro 93. Desviación Estándar de la Demanda del Producto A	75
Cuadro 94. Coeficiente de Variación de la Demanda.....	75
Cuadro 95. Costo de Pedido	76
Cuadro 96. Costo Pallet Posición.....	77
Cuadro 97. Costo de Almacenamiento por Unidad de Carga	78
Cuadro 98. Cálculo del EOQ.....	79
Cuadro 99. Horas Disponibles de Producción.....	80
Cuadro 100. Indicadores Abril y Mayo 2017	83
Cuadro 101. MAPE Junio.....	85
Cuadro 102. MAPE Julio.....	85
Cuadro 103. MAPE Agosto	86
Cuadro 104. OTIF Junio,Julio y Agosto 2017	86
Cuadro 105. Rotación de Inventarios y Capital de Trabajo en Dólares en Materia Prima	87
Cuadro 106. Resultado de Indicadores	87

ABREVIATURAS O SIGLAS

S&OP	Planeación de Ventas y Operaciones
EOQ	Lote Económico de Pedido
D	Demanda
Co	Costo de Pedido
Ch	Costo de mantener inventario
Cv	Coefficiente de variación
σ	Desviación estándar
μ	Media
OTIF	A tiempo y completo
SSE	Suma Cuadrática de los Errores
MAPE	Error Porcentual Absoluto Medio
Kg	Kilogramos
m ²	Metros cuadrados

PRESENTACIÓN

El presente proyecto fue desarrollado en una industria ecuatoriana de empaques flexibles que presentaba problemas en la administración y manejo de sus inventarios, sumado a la falta de integración de los diferentes departamentos y a la falta de estrategias que permitan alcanzar los objetivos planteados por la alta dirección.

Se realizó un análisis de la situación actual y se detectó una oportunidad de mejora para balancear la oferta y la demanda con niveles adecuados de inventario. Es por ello que se planteó la implementación del proceso S&OP como herramienta administrativa que controla, dirige y administra de manera sistemática la operación de la compañía integrando ventas, logística, producción y finanzas.

Con la implementación de S&OP, se realizaron pronósticos de la demanda con modelos estadísticos que permitieron planificar adecuadamente el suministro de materias primas, la capacidad de producción y los recursos financieros en el mediano plazo. También se definieron cantidades óptimas de pedido balanceando el costo de hacer un pedido versus el costo de mantener inventario en base a la demanda pronosticada.

Finalmente se crearon políticas, procedimientos y ciclos de control del proceso S&OP para que se mantenga en el tiempo, además se plantearon indicadores que medirán la efectividad de cada uno de los procesos involucrados.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1.1. ANTECEDENTES

En los últimos años, las compañías a nivel mundial han venido realizando importantes cambios en la administración de la cadena de suministro enfocando sus esfuerzos en la satisfacción del cliente, desde implementaciones de sistemas de inventarios gestionados por el proveedor, hasta estrategias de marketing que ayuden a entender el comportamiento de los consumidores y tomar previsiones de la demanda con un nivel óptimo de inventario. Esto ha generado que las áreas de ventas y operaciones trabajen de la mano dejando de lado el óptimo local para generar un óptimo global.

Los gerentes de operaciones con sus estrategias de reducción de costos de inventario y límites en la capacidad, dan poca flexibilidad a la parte de ventas; y por otro lado cuándo los gerentes de ventas emplean estrategias de precio, volumen y servicio, muchas veces generan desperdicios de tiempo, dinero, recursos extras en el área de operaciones.

Otro eslabón importante en la cadena es el área de finanzas, que ya no trabaja como una unidad aislada que trata de controlar los recursos y adaptarse sobre la marcha a las estrategias comerciales que si no son planificadas, afectan directamente al flujo de efectivo cuándo el dinero se queda retenido en inventarios que tienen una baja rotación (Grimson & Pyke, 2007) [1].

La implementación del proceso de planeación de ventas y operaciones, S&OP, ha permitido que muchas empresas mejoren el nivel de servicio con niveles de inventarios acordes a la demanda, reduzcan tiempos de entrega, controlen la planificación de la producción y optimicen el uso de los recursos disponibles (horas máquinas, horas hombres), negociando mejores precios de materias primas con los proveedores al tener una previsión del abastecimiento, y apliquen un control financiero sobre los recursos necesarios para cumplir con los requerimientos de los clientes.

El proceso S&OP ya ha sido implementado por industrias de todo tipo con excelentes resultados. Un ejemplo es la implementación de S&OP en una importante empresa de cosméticos en Brasil. La compañía presentaba problemas en cuanto a la administración de sus inventarios y la falta de visibilidad y previsión de la demanda. Cada área manejaba información independiente y no integrada. No se llevaban indicadores para medir el desempeño de la operación. La implementación de S&OP creó un proceso sistemático de revisión de la demanda, el abastecimiento y las capacidades de producción para tener visión y control en el corto y mediano plazo del negocio, incrementando el nivel de servicio y la reducción de inventarios de baja rotación (Rojas & Hazin, 2014) [2].

Pero la implementación de S&OP a más de ser una herramienta administrativa, conduce a la búsqueda de herramientas estadísticas que permitan analizar y entender el comportamiento de las ventas para realizar un pronóstico de la demanda que será la base del modelo S&OP que se desarrollará en este proyecto.

En una empresa que fabrica confites y chocolates, se realizó un análisis de las ventas para determinar modelos adecuados para el pronóstico de la demanda y se observaron comportamientos de productos estacionales y no estacionales, con este estudio se pudo clasificar los productos por tipo de comportamiento de su demanda para fijar políticas de revisión y actualización del presupuesto de ventas, esto permitió mejorar el indicador de asertividad del presupuesto de ventas dado que la empresa hacía sus pronósticos de manera empírica basados en la experiencia del equipo de ventas (Padilla Nathalia, n.d.) [3].

Actualmente la empresa en estudio, no trabaja de manera integrada y sistematizada, el presupuesto de ventas se actualiza al inicio de cada año en base a la experiencia y conocimiento del mercado del equipo comercial, con esta información se planifica el abastecimiento. Operaciones no puede generar un plan maestro de la producción que permita asignar óptimamente recursos y planificar paradas por mantenimientos o reducir horas extras, la planificación se la realiza a corto plazo y con cambios frecuentes y por otro lado el tener altos niveles de inventario para cubrir la demanda no conocida con certeza, genera altos costos de mantener inventario y compromete el flujo de caja de la compañía.

Tomando en cuenta estos antecedentes, se hace necesaria la implementación del proceso de planeación de ventas y operaciones S&OP para que ventas, operaciones y finanzas trabajen de forma sincronizada y alineados todos a los objetivos de la alta dirección.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El principal problema que tiene la empresa en estudio son los altos niveles de inventario; mediante el diagrama Causa – Efecto se identificaron los cuatro principales factores que ocasionan el problema para luego analizar las causas de los mismos.

Cuadro 1. Diagrama Causa Efecto



Elaborado por: Carlos Eduardo Bracho Ibarra

El departamento comercial hace una estimación de ventas basados en el histórico de hace un año y con un incremento esperado del 5% según su política comercial. La empresa cuenta con un sistema informático donde se ingresa el presupuesto de ventas en dólares y calcula la cantidad en kilogramos y metros de materiales que se van a utilizar en el proceso productivo para cumplir con ese presupuesto ingresado.

El departamento de compras coordina el abastecimiento de materiales basado en el presupuesto de ventas cargado en el sistema, este presupuesto no considera proyectos o incrementos de la demanda por lo que es común encontrarse con roturas de inventario o en algunos casos, altos niveles de inventarios de materias primas para fabricar productos mal presupuestados que no tienen la rotación esperada.

Por otra parte, el departamento de producción realiza la planificación de pedidos a corto plazo, se dan constantes cambios en el Plan de Producción por la presión de ventas y de nuevos pedidos que van ingresando en el mes y que no han sido presupuestados. Esto genera altos tiempos de entrega, baja productividad y bajo nivel de servicio en general. La reprogramación de estas órdenes y la falta de inventario disponible generan incremento de desperdicios. No se cuenta con una visión de capacidad de producción a mediano y largo plazo que permita controlar y organizar horas extras de mano de obra operativa, mantenimientos preventivos, corrida en máquina de muestras de nuevos productos o planes de capacitaciones para la planta.

Todos los procesos anteriores no están alineados con el control financiero, no se conoce con certeza que pasará los siguientes meses, cuál será la rentabilidad y se tiene invertido capital de trabajo en altos niveles de inventario con baja rotación. Adicionalmente, no se cuenta con indicadores para medir el desempeño de la operación.

1.3. JUSTIFICACIÓN

El proyecto se llevará a cabo en una industria plástica de la ciudad de Guayaquil líder en la fabricación y comercialización de etiquetas y empaques flexibles. Actualmente la empresa no maneja un proceso integrado y sistemático que permita administrar la demanda y determinar los recursos necesarios para satisfacerla al menor costo.

El realizar el pronóstico de ventas sin algún análisis o herramienta estadística, ha generado que la empresa tenga excesos de inventarios en algunos casos por productos que se pronosticaron y no se venden, y por otro lado roturas de inventarios por proyectos nuevos que no se comunicaron para tomar previsión en el abastecimiento.

La implementación del proceso S&OP permitirá a la empresa alinear todos sus procesos a los objetivos de la alta dirección y encontrar un balance entre la oferta y la demanda que permitan llevar adecuados niveles de inventarios.

1.4. OBJETIVO GENERAL

Implementar el proceso de Planeación de Ventas y Operaciones en una industria de empaques flexibles, que integre y alinee el área de ventas, logística y producción con el Plan Estratégico de la organización, definiendo indicadores de gestión para el balance adecuado entre la demanda y el abastecimiento, durante el segundo trimestre del año 2017.

1.5. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar la situación actual del proceso de planeación de ventas y operaciones.
- Desarrollar políticas y procedimientos para la implementación del proceso S&OP.
- Definir procedimientos para la planeación de la demanda a través de pronóstico de la demanda.
- Definir Proceso de Abastecimiento de Materiales en base a un Lote Económico de Pedidos.
- Definir Indicadores de Gestión que permitan el control y mejora del proceso S&OP.
- Evaluar los resultados de la implementación del proceso S&OP.

1.6. METODOLOGÍA

Se realizará un análisis de la situación actual de la cadena de valor del proceso, revisando cómo se realiza el presupuesto de ventas y la planificación del abastecimiento, niveles actuales de rotación de inventarios y se identificarán problemas con el actual proceso.

Se implementará el proceso de Planeación de Ventas y Operaciones S&OP lo cuál comprende:

- Establecer el procedimiento del proceso S&OP.
- Definir equipo S&OP y actividades semanales por departamento, plan de reuniones mensuales.
- Familia de productos que se ajustarán al modelo S&OP.
- Pronóstico de Ventas: Establecer políticas para actualización del pronóstico. Definición de variables, análisis de datos históricos, selección del modelo, planteamiento y análisis del modelo, resultados del pronóstico de la demanda.
- Determinar el lote económico de pedidos para el plan de abastecimiento.
- Análisis de la capacidad de producción y rentabilidad esperada con horizonte trimestral en base al Presupuesto de Ventas.
- Definir y medir indicadores de gestión para controlar el proceso S&OP.

Una vez que esté implementado el proceso, se analizarán los indicadores del trimestre para realizar los ajustes al proceso en caso de ser necesario.

La fuente de datos para el estudio será proporcionada por el sistema informático con el que trabaja la empresa.

- Presupuesto de Ventas: Departamento Comercial.
- Plan de Abastecimiento: Departamento de Compras.
- Capacidad de Producción: Planificación de la Producción.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO Y ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN INICIAL

2.1. MARCO TEÓRICO

La cadena de suministro consiste en todas las partes involucradas, directa o indirectamente, en satisfacer los requerimientos del cliente. La cadena de suministro incluye desde los proveedores hasta el almacenamiento, logística de la producción y distribución; aunque este concepto puede abarcar otras áreas del proceso como desarrollo de nuevos productos, marketing, operaciones, finanzas y servicio al cliente (Sunil Chopra & Meindl, 2007) [4].

La Planeación de la Cadena de Suministro busca encontrar el equilibrio entre la demanda del mercado y el abastecimiento al menor costo posible y con el más alto nivel de servicio. El no contar con una estrategia integral y alineada con los objetivos de la Alta Dirección genera pérdida de posicionamiento de mercado frente a la competencia, inversiones en recursos que no generan la rentabilidad esperada y conflictos entre las diferentes áreas de la cadena al no trabajar en conjunto para lograr un objetivo común. (S Chopra & Peter, 2008) [5].

Uno de los modelos que se utilizan para la administración de la cadena de suministro es la Planificación Colaborativa. La Planificación Colaborativa se base en el control y coordinación de las operaciones con los distintos miembros de la cadena, se puede aplicar este modelo tanto con los proveedores para compartir información de la capacidad de abastecimiento de los proveedores; y con los clientes para determinar la demanda de sus productos. Esta estrategia de compartir información permite mejorar relación cliente-proveedor y conocer las necesidades del mercado para

tomar decisiones financieras planificadas buscando la satisfacción del cliente final (Vidal, 2014) [6].

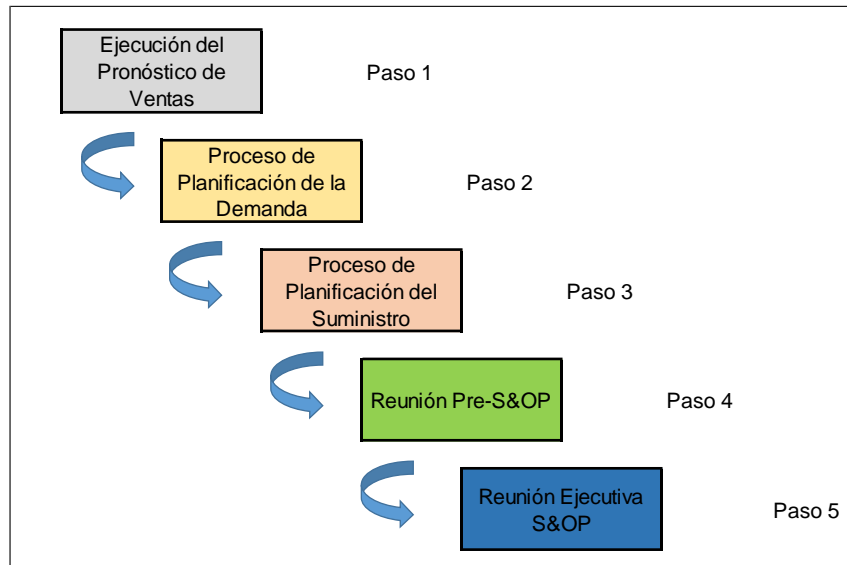
Otro modelo de administración de la cadena de suministros es la Planeación de Ventas y Operaciones S&OP. Este proceso permite mejorar el servicio al cliente, reducir niveles de inventario, mejorar los tiempos de entregas, controlar a mediano y largo plazo los recursos necesarios para la producción y facilitar a la Alta Dirección el manejo del negocio. Este proceso requiere del trabajo de Ventas, Operaciones y Logística, Planificación de la Producción, Finanzas y la Gerencia General, donde en conjunto se analiza el corto y mediano plazo para el cumplimiento de los objetivos de la organización. La idea es alinear el plan de operaciones con el plan estratégico de la alta dirección buscando un equilibrio entre la demanda y el abastecimiento (Sekine, 1993) [7].

Los beneficios de la implementación de S&OP son:

- Aumento de la productividad, control de horas extras y un proceso más estable y controlado.
- Mayor visibilidad de posibles problemas a mediano y largo plazo.
- Involucramiento y mejoramiento del equipo de trabajo de Ventas, Operaciones y Finanzas trabajando en conjunto.
- Un mejor balance entre la demanda y el abastecimiento a través de la cadena de suministro de la empresa.
- Reducción de niveles de inventarios y desabastecimiento de productos.
- Actualización mensual del Plan de Negocios obteniendo una mejor visibilidad y alertando posibles riesgos que se puedan prevenir.
- Control adecuado entre el pronóstico de la demanda y la capacidad de producción necesaria para cumplirlo.

El proceso para la implementación del S&OP se detalla en el Cuadro 2

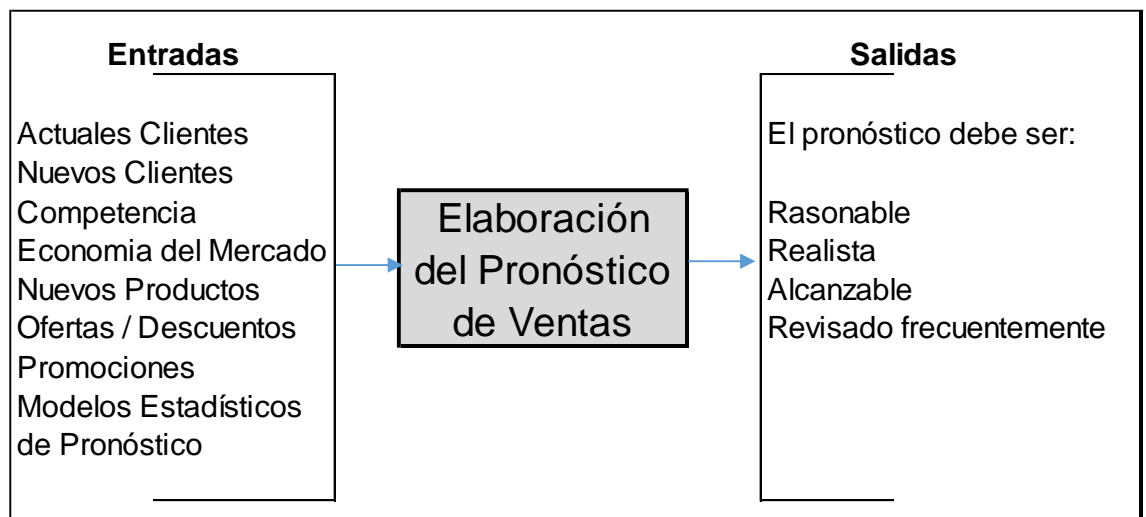
Cuadro 2. Pasos para la Implementación del Proceso S&OP



Fuente: Sales & Operations Planning The How To Handbook – T. Wallace, R. Stahl

El primer paso para la implementación del S&OP es la elaboración de pronóstico de ventas, los datos de entrada se presentan en el cuadro 3.

Cuadro 3. Datos de Entrada para Elaboración del Pronóstico de Ventas



Fuente: Sales & Operations Planning The How To Handbook – T. Wallace, R. Stahl

Dentro de los métodos para realizar el pronóstico de ventas, se encuentra el método subjetivo. Este método considera las expectativas del cliente para determinar lo que espera consumir, la experiencia del ejecutivo de ventas para determinar lo que espera vender o sondeos de tendencias del mercado que aporten una estimación de la demanda.

El otro método utilizado es el método objetivo. Este método se basa en el análisis de datos mediante modelos estadísticos para estimar el consumo de los siguientes meses o períodos a analizar. Las técnicas utilizadas para el pronóstico pueden ser análisis de series temporales y análisis estadístico de la demanda (Torres, 2014) [8].

Para escoger el método adecuado de pronóstico, es necesario analizar qué grado de asertividad se espera obtener, el horizonte de pronóstico requerido, qué recursos se requieren para llevarlo a cabo y cuánto la empresa está dispuesta a invertir en ellos, el grado de complejidad y si hay información histórica disponible para el análisis.

Los métodos de análisis de series de tiempo deben considerar factores de tendencia, estacionalidad o autocorrelación al momento de realizar los pronósticos. Los modelos que permiten el análisis de estos factores en las ventas de los productos de la empresa en estudio son:

- Suavización exponencial simple
- Suavización exponencial doble
- Holt Winters Aditivo
- Holt Winters Multiplicativo
- Modelo Arima: Promedio móvil integrado autorregresivo
- Modelo Sarima: Arima Estacionario

El modelo suavización exponencial simple es ideal para patrones de demanda estables donde se pretende eliminar el impacto de elementos irregulares históricos. Para realizar el pronóstico, este modelo da un peso mayor a los datos recientes y uno menor a los más antiguos. El modelo matemático se expresa en la siguiente ecuación:

(2.1)

$$P_{t+1} = \alpha Y_t + (\alpha - 1)Y_t$$

Donde:

Y_t : Valor de la serie en el período t.

P_{t+1} : Pronóstico para el período t+1.

P_t : Pronóstico en el período t.

α : Coeficiente de suavización que toma valores entre 0 y 1.

El modelo de suavización exponencial doble incorpora la tendencia de los datos al modelo exponencial simple y se agrega una constante de suavización cuya función es reducir el error que ocurre entre la demanda real y el pronóstico. Este modelo utiliza tres ecuaciones fundamentales.

1) Pronóstico del periodo t:

(2.2)

$$\hat{X}_t = \hat{X}'_t + T_t$$

2) La serie suavizada exponencialmente:

(2.3)

$$\hat{X}'_t = \alpha(\hat{X}_{t-1}) + [(1 - \alpha)(\hat{X}'_{t-1} + T_{t-1})]$$

3) El estimado de la tendencia:

(2.4)

$$T_t = \beta(\hat{X}'_t - \hat{X}'_{t-1}) + [(1 - \beta)(T_{t-1})]$$

Donde:

\hat{X}_t : Pronóstico de ventas del período t.

\hat{x}_{t-1} : Pronóstico de ventas en el período t-1.

\hat{X}_t : Suavización exponencial del período t.

\hat{X}_{t-1} : Suavización exponencial del período t-1.

T_t : Tendencia del período t.

T_{t-1} : Tendencia del período t-1.

α : Coeficiente de suavización que toma valores entre 0 y 1.

β : Coeficiente de suavización para la tendencia con valores entre 0 y 1.

El modelo Holt Winters se aplica cuando en la serie de tiempo se presentan los patrones de tendencia y estacionalidad. El efecto aditivo es mejor cuando el patrón estacional en los datos no depende del valor de los datos, es decir que el patrón estacional no cambia conforme la serie se incrementa o disminuye de valor. El efecto multiplicativo se presenta cuando el patrón estacional en los datos depende del tamaño de los datos es decir, cuando la magnitud del patrón estacional se incrementa conforme los valores aumentan y decrece cuando los valores de los datos disminuyen.

El método de Holt Winters calcula los estimados de tres componentes: nivel, tendencia y estacionalidad. Estas ecuaciones dan una mayor ponderación a observaciones recientes y menos peso a observaciones pasadas, las ponderaciones decrecen geométricamente a una tasa constante.

El método de Holt Winters multiplicativo, se basa en cuatro componentes:

1) Ajuste estacional de la serie de datos:

(2.5)

$$E_t = \alpha \left(\frac{Y_t}{S_{t-L}} \right) + (1 - \alpha)(E_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1}$$

2) Estimación de Tendencias:

(2.6)

$$T_t = \beta(E_t - E_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1}$$

3) Estimación de Estacionalidad:

(2.7)

$$S_t = \delta \left(\frac{Y_t}{E_t} \right) + (1 - \delta)(S_{t-L})$$

4) Pronóstico de Pedidos Futuros:

(2.8)

$$\hat{Y}_{t+j} = (E_t + j(T_t))S_{t-L+j}$$

Donde:

E_t : Estimación suavizada para el período t.

T_t : Estimación de tendencia para el período t.

S_{t-L} : Índice de estacionalidad calculado para el período t-L.

S_t : Índice de estacionalidad para el período t.

Y_t : Valor real de la serie de tiempo para el período t.

L : Longitud o duración de la estacionalidad.

j : Cantidad de períodos a pronosticar.

α : Constante de suavización exponencial simple de los datos.

β : Constante de suavización de tendencia.

δ : Constante de corrección de estacionalidad.

El método de Holt Winters aditivo, se basa en cuatro elementos:

1) Ajustes exponencial de la serie de datos.

(2.9)

$$E_t = \alpha(Y_t - S_{t-L}) + (1 - \alpha)(E_{t-1} + T_{t-1})$$

2) Estimación de tendencias.

(2.10)

$$T_t = \beta(E_t - E_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1}$$

3) Estimación de estacionalidad.

(2.11)

$$S_t = \delta(Y_t - E_t) + (1 - \delta)S_{t-L}$$

4) Pronóstico de Pedidos Futuros:

(2.12)

$$\hat{Y}_{t+j} = E_t + jT_t + S_{t-L+j}$$

Donde:

E_t : Estimación suavizada para el período t.

Y_t : Valor real de la serie de tiempo para el período t.

T_t : Estimación de tendencia para el período t.

S_{t-L} : Índice de estacionalidad calculado para el período t-L.

S_t : Índice de estacionalidad para el período t.

L : Longitud o duración de la estacionalidad.

j : Cantidad de períodos a pronosticar.

α : Constante de suavización exponencial simple de los datos.

β : Constante de suavización de tendencia.

δ : Constante de corrección de estacionalidad.

El modelo promedio móvil integrado autorregresivo (ARIMA) utiliza las variaciones y regresiones de los datos históricos para realizar los pronósticos, el modelo es del orden (p,d,q) donde:

p: parámetro de autoregresión AR

d: número de veces en que la serie es diferenciada

q: parámetro de media móvil MA

El componente AR es estacionario y considera la observación de p periodos anteriores para realizar el pronóstico.

El componente diferenciador d , permite eliminar la estacionalidad de los datos al diferenciar la serie original d veces.

El componente MA agrega a la predicción el error de los datos.

La ecuación del modelo ARIMA es representada de la siguiente manera:

(2.13)

$$Y_t = -(\Delta^d Y_t - Y_t) + \phi_0 + \sum_{i=1}^p \phi_i \Delta^d Y_{t-i} - \sum_{i=1}^q \theta_i \varepsilon_{t-1} + \varepsilon_t$$

En donde d es el número de diferenciaciones que se deben hacer para que la serie original pase a ser una serie estacionaria, el parámetro ϕ es el coeficiente de regresión, el parámetro θ pertenece a la parte de media móvil y el ε_t es el término de error.

Para la selección del mejor modelo que se ajuste a la serie de datos en análisis, se utiliza el criterio del modelo que presente la menor suma cuadrática de los errores (SSE), este criterio es válido para los modelos de suavización exponencial simple y doble, y para los modelos Holt Winters Aditivos y Multiplicativos, sin embargo para los modelos ARIMAS no siempre el modelo que tenga menor SSE quiere decir que es el mejor modelo, una propiedad de los modelos autorregresivos es que a mayor número de parámetros los errores son menores, por ejemplo el modelo AR(2) siempre tiene residuos menores que el AR(1), y el AR(3) siempre tiene residuos menores que el AR(2). Para los modelos ARIMAS se utilizan los Criterios de Información para seleccionar los modelos:

- Logaritmo de la Verosimilitud: Escoge el parámetro de la media móvil θ que permita obtener la máxima probabilidad de obtener un buen pronóstico, indica qué tan bien se ajusta el modelo a los datos, a mayor valor de logaritmo de la verosimilitud mejor es el ajuste. El problema que se presenta con este criterio es que a medida que se

aumentan los parámetros en la parte autorregresiva el logaritmo aumenta.

- AIC Criterio de información de Akaike: Este criterio utiliza el logaritmo de la verosimilitud y a su vez lo penaliza por el número de parámetros que se utilizan.

(2.14)

$$AIC = -2l + 2p$$

Donde l es el logaritmo de la verosimilitud y p el número de parámetros.

- BIC Criterio de información Bayesiano: Este criterio fue desarrollado a partir del AIC pero incorpora el tamaño de muestra n , cuando el tamaño de muestra tiende al infinito la probabilidad de escoger el modelo correcto es 1, es decir a mayor tamaño de muestra hay más probabilidades de escoger el mejor modelo.

(2.15)

$$BIC = -2l + 2p * \log(n)$$

Para los criterios AIC y BIC, el mejor modelo es el que tiene el criterio de información más bajo. Estos criterios de información consideran el ajuste y una penalidad por el número de parámetros.

- Función de autocorrelación de los residuos ACF: El ACF es la función que mide la correlación entre dos variables separadas por k periodos y según su comportamiento permite determinar si la serie es autorregresiva o media móvil. Para los modelos MA, el ACF permite determinar el orden del modelo basado en el coeficiente de correlación p_k , MA es de orden q MA(q) cuando $p_k = 0$ para $k > q$.
- Función parcial de autocorrelación de los residuos PACF: El PACF es la función de autocorrelación parcial y permite determinar cuál es el orden del AR. El modelo AR es de orden p AR(p) cuando el coeficiente de autocorrelación parcial $\Phi_{kk} = 0$ para $k > p$.

Cuadro 4. Propiedades del ACF y PACF de Modelos ARMA

Modelo	ACF	PACF
AR(P)	Decaen exponencialmente	Las primeras p son distintas de cero
	Pueden Alternar	$\Phi_{kk} = 0$ para $k=p+1, p+2, p+3, \dots$
	Pueden tener forma de onda, oscilatoria	
	Pueden ser de un mismo signo	
MA(P)	Las primeras q son distintas de cero	Decaen exponencialmente
	$\rho_k=0$ para $k=q+1, q+2, q+3, \dots$	Pueden Alternar
		Pueden tener forma de onda, oscilatoria
		Pueden ser de un mismo signo

Fuente: Statistical Methods for Forecasting - A. Bovas, J. Ledolter.

Si los datos presentan estacionalidad, se debe agregar a los modelos Arimas la parte estacional; estos modelos son conocidos como SARIMA (Arima Estacional) y son del orden $(p,d,q):(P,D,Q)_f$; donde (p,d,q) se refiere a la parte ordinaria de los datos, y (P,D,Q) los parámetros de estacionalidad de la serie y f la frecuencia en que se repite el patrón. Tanto en la parte ordinaria como en la parte estacional, se analizan los modelos autoregresivos, media móvil y las veces en que se debe diferenciar la serie.

Para determinar el modelo SARIMA que se ajuste a los datos de la serie se debe:

1. Realizar una transformación no lineal de la serie, la más usada es la transformación logarítmica. En R se realiza la transformación logarítmica con el comando Box-Cox. Esta transformación es necesaria para convertir los datos en una serie estacionaria.

2. Determinar si es necesario diferenciar estacionalmente y ordinariamente. En el caso ordinario (d) se puede determinar con la función $ndiff$ de R y en la parte estacional (D) analizando si los datos de la serie siguen un patrón que se repite en el tiempo.
3. Con los gráficos de ACF y PACF determinar P y Q (parte estacional), los criterios para estos parámetros son los indicados en el Cuadro 4. En este caso se analiza el comportamiento de las autocorrelaciones de periodo a periodo, por ejemplo, si los datos son mensuales, se analiza qué pasa con las autocorrelaciones en el mes 12, 24, 36, es decir año a año.
4. Ajustar el modelo estacional y extraer los residuos.
5. Graficar los ACF y PACF de los residuos de la parte estacional y en base a su comportamiento descritos en el Cuadro 4, determinar p y q y de la parte ordinaria.
6. Seleccionar el modelo (A. Bovas and J. Ledolter, n.d.) [9].

Para la selección del modelo se utiliza la librería Forecast del software estadístico R el cual permite calcular y graficar los criterios de selección y realizar los pronósticos con los modelos que se escogen. Además, tiene la opción `auto.arima` la cuál es una función que sugiere el pronóstico que se ajuste de mejor forma a los datos.

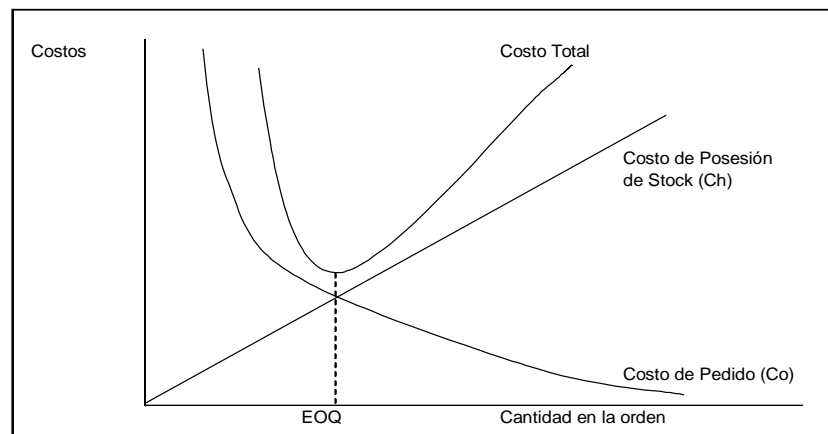
Con la elaboración del pronóstico se genera un plan de demanda el cuál es analizado por el Departamento Comercial y Marketing y se define lo que la empresa desea vender y entregar en cada período. Este plan de demanda es clave para la Alta Dirección y Finanzas ya que se podrá hacer un análisis de rentabilidad esperada con el nivel de ventas presupuestada en los siguientes meses, así mismo se podrá determinar en qué periodos la venta puede estar por debajo del objetivo planteado por la alta dirección y poder crear estrategias para alcanzar la venta objetivo deseada.

Una vez establecido el plan de demanda, se realiza la planificación del suministro; en esta etapa con la información del presupuesto de ventas se

genera un plan de abastecimiento considerando stock actual, pedidos en tránsito y back orders. Para determinar la cantidad a pedir se trabajará con Lote Económico de Pedido o EOQ por sus siglas en ingles.

El EOQ es un método empleado para determinar la cantidad óptima de pedido, balanceando el costo de hacer un pedido y el costo de mantener producto en inventario (Waters, 2003) [10].

Cuadro 5. Cantidad Óptima de Pedido EOQ



Fuente: Supply Chain Management: Strategy, Planning and Operation – S. Chopra, P. Meindl

Para el cálculo del costo de Pedido se debe considerar:

- Costos administrativos y operativos asociados a realizar un pedido (Costos del Departamento de Compras)
- Costos producidos por descuentos en precios

Para calcular el costo de mantener inventario se toman en cuenta los siguientes aspectos:

- Costo de Capital de Trabajo
- Costo de Almacenamiento
- Costo de Obsolescencia

Finalmente, el tercer dato que se necesita es la Demanda del producto, el cual se lo obtendrá en base al pronóstico de ventas, el cálculo del EOQ se lo obtiene de la siguiente fórmula:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 * D * Co}{Ch}} \quad (2.16)$$

Donde:

EOQ: Cantidad óptima de pedido

D: Demanda del producto

Co: Costo de Pedido

Ch: Costo de mantener inventario

Para el cálculo del EOQ se revisarán los resultados de la demanda obtenida en el pronóstico de ventas ya que si la demanda es conocida pero variable se empleará la heurística de Silver-Meal.

Para determinar cuándo emplear Silver-Meal o cuándo calcular el EOQ a través del método general con demanda constante, se analizará el coeficiente de variabilidad de la demanda en n periodos.

$$CV = \frac{\sigma}{\mu} \quad (2.17)$$

Donde σ representa la desviación estándar de la demanda y μ la media de la demanda. Si el $CV \leq 0.20$ se considera que la Varianza es homogénea y se puede calcular el EOQ según ecuación (2.17). Si el $CV > 0,20$ se debe aplicar la técnica Silver-Meal (Juan & García Martín, 2006) [11].

La heurística Silver-Meal permite determinar el costo promedio mínimo de la orden de compra más el costo de mantener inventario por cada periodo según su respectiva demanda.

$$K(m) = \frac{1}{m} (A + HD_2 + 2HD_3 + \dots + (m-1)HD_m) \quad (2.18)$$

Donde:

$m = 1, 2, \dots, n$. Se detiene el procedimiento cuando $K(m+1) > K(m)$

$K(m)$: Costo variable promedio por periodo.

A: Costo de la orden de compra o de preparación para la producción.

H: Costo de mantenimiento del inventario por periodo.

D_m : Demanda por periodo.

El algoritmo inicia calculando el costo del primer periodo y continúa con los periodos siguientes hasta que el costo promedio del último periodo sea mayor al inmediato anterior, lo que indica que el costo del penúltimo periodo ha resultado ser el mínimo (Flores & Parra, 2012) [12].

El siguiente paso en la implementación es la reunión Pre - S&OP y tiene como objetivo analizar los resultados del Plan de Abastecimiento y tomar acciones sobre el desbalance que puede haber entre la demanda presupuestada por ventas y las compras de materias primas que se necesiten para cumplir con el presupuesto de ventas, en concreto en este punto se revisan:

- Tendencias del desempeño del negocio que tendrá en los siguientes meses y revisando que nada quede fuera del ciclo analizado.
- Posibles contingencias y asuntos críticos/problemas previstos durante el ciclo, para tomar acciones preventivas para reducirlas y eliminarlas.
- Análisis de la capacidad de producción, revisión horas disponibles para una mejor programación de turnos de trabajo.
- Nuevos lanzamientos de productos que no hayan sido considerados en el presupuesto inicial.
- Desarrollo de la agenda para que el Resumen Ejecutivo tome las acciones necesarias y provea la orientación en los asuntos críticos que se puedan visualizar en los siguientes meses.

El último paso es la Reunión Ejecutiva, en ella participan los Gerentes de cada área del proceso, Ventas, Producción, Logística, Finanzas y la Gerencia General. En esta reunión se revisan:

- Visión macro del negocio
- Análisis del servicio al cliente mediante indicadores de gestión
- Desarrollo de nuevos productos
- Niveles de inventarios, rotación
- Capacidad de producción para los siguientes meses.
- Puntos críticos del negocio
- Rentabilidad proyectada para los siguientes meses.

Al final de la reunión se realiza una minuta con todos los puntos y compromisos a trabajar para sostener el ciclo del proceso en los siguientes meses, cada Gerente conoce lo que la compañía espera de cada área y estos acuerdos son comunicados a los equipos de trabajo (Wallace & Stahl, 2008) [13].

El ciclo S&OP es realizado mensualmente, en el Cuadro 6 se detalla el cronograma de trabajo mensual para las diferentes actividades.

Es importante crear un equipo S&OP el cual estará conformando por:

- Gerente General
- Jefe de Producción
- Jefe de Logística y Compras
- Sub Gerente Comercial
- Gerente Financiero

Todo el equipo comprometido a trabajar en forma sistemática, integrada y dar seguimiento al ciclo S&OP.

Cuadro 6. Ciclo Mensual S&OP

Mes Fiscal	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
Semana 1	Pronóstico de Ventas				
Semana 2	Plan de Demanda			Plan de Suministro	
Semana 3	Plan de Suministro			Reunión S&OP	
Semana 4	Plan de Suministro detallado y Revisión Financiera				

Fuente: Sales & Operations Planning The How To Handbook – T. Wallace, R. Stahl

2.2. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN INICIAL

La empresa en estudio es líder en el mercado ecuatoriano de etiquetas termoencogibles y autoadhesivas. Cuenta con un moderno parque de impresoras flexográficas y es reconocida por la alta calidad de etiquetas que comercializa.

Los principales productos que comercializan y materias primas que se requieren para el proceso son:

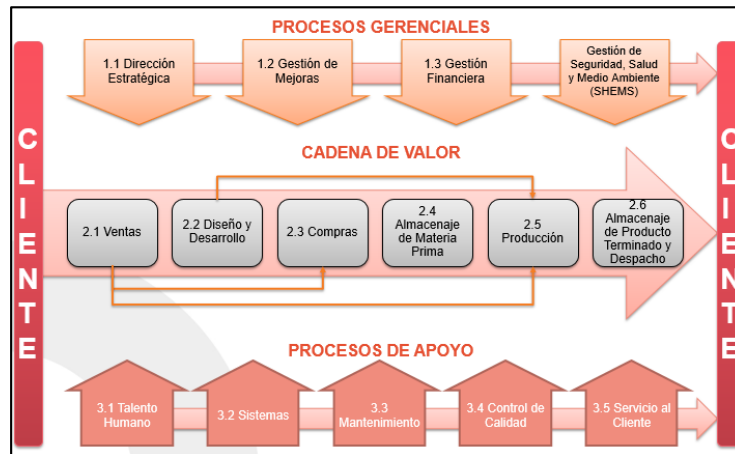
Cuadro 7. Productos Terminados y Materias Primas

	Producto Terminado	Materia Prima
Producto A	Etiquetas Termoencogibles	Láminas de PVC Termoencogibles
Producto B	Etiquetas de Papel	Papel Autoadhesivo
Producto C	Rollos de Pvc	Compuesto de PVC Pellet
Producto D	Ventas Generales	Maquinarias, Equipos, Troqueles

Fuente: Empresa en estudio

La cadena de valor de la empresa muestra la interacción de Ventas, Producción y Logística como principales procesos que buscan la satisfacción del cliente siguiendo las directrices de los procesos gerenciales y con el apoyo de los demás procesos.

Cuadro 8. Cadena de Valor



Fuente: Empresa en estudio

2.2.1. PROCESO DE PLANEACIÓN DE LA DEMANDA ANTES DE LA IMPLEMENTACIÓN DE S&OP

La empresa cuenta con sistema informático que cuenta con un módulo para cargar el presupuesto de ventas. El departamento de ventas realiza el presupuesto de ventas para el año $n+1$ en el mes de noviembre del año n y como política interna se hacen actualizaciones trimestrales durante el año en curso.

- Para realizar el presupuesto de ventas, el departamento comercial realiza las siguientes consideraciones:
- Incremento deseado del 5% en ventas para el siguiente año.
- Revisión del consumo histórico
- Conocimiento del mercado y experiencia del vendedor.

Al momento no se realizan métodos estadísticos para pronosticar la demanda ni se evalúa la asertividad del pronóstico de ventas.

2.2.2. PROCESO DE ABASTECIMIENTO DE MATERIA ANTES DE LA IMPLEMENTACIÓN DE S&OP

Una vez cargado el presupuesto de ventas, el departamento de compras planifica los pedidos mensualmente. El sistema informático transforma las cantidades de unidades de etiquetas que se van a comercializar según presupuesto, en Kilos y Metros de materia prima que se van a necesitar para cumplir con la demanda. El sistema toma como base las especificaciones técnicas de las materias primas que se utilizarán, como es el gramaje de los materiales gr/m² y el espesor en micras para calcular las cantidades a comprar.

El departamento de compras revisa el presupuesto mensualmente para conocer si es necesario o no pedir los materiales a necesitarse, se considera para el análisis, el consumo según presupuesto de ventas, el stock actual, pedidos en tránsito y el stock final al culminar el periodo analizado. Si se detecta la falta de materiales al final de periodo estudiado, se genera una orden de compra para reponer inventario y evitar la rotura de stock. El periodo en que se analizan las materias primas va ligado al tiempo de reaprovisionamiento de cada tipo de materia prima y por política la empresa ha definido tener un inventario de seguridad de 1 y 2 meses según el tipo de materia prima dado que son importadas. En el Cuadro 9 se muestran los tiempos de entregas por tipos de materias primas:

Cuadro 9. Tiempos de Reaprovisionamiento de Materias Primas Importadas

Materia Prima	Tiempo Reaprovisionamiento	Análisis del Periodo de Demanda	Cobertura Deseada del Stock de Seguridad
Láminas de PVC Termoencogibles	2 meses	4 meses	2 meses
Papel Autoadhesivo	1 mes	2 meses	1 mes
Compuesto de PVC Pellet	1 mes	2 meses	1 mes
Maquinarias, Equipos, Troqueles	1 mes	2 meses	1 mes

Fuente: Empresa en estudio

Por política, la empresa ha definido analizar el periodo de la demanda al doble del tiempo de reaprovisionamiento con el fin de tener capacidad de repuesta en caso de incrementos inesperados,

también se fijó un stock de seguridad con una cobertura igual al tiempo de reaprovisionamiento para atender cualquier incremento en el consumo. Este método de control de inventario por una parte ofrece una alta capacidad de repuesta cuando hay incrementos de demanda no presupuestados, pero por otro lado ha incrementado el stock en bodega de materia prima ya que hay productos que no tienen la rotación que se había presupuestado.

En el Cuadro 10 se observa el inventario al cierre de cada mes, datos proporcionados por el departamento financiero de la empresa en miles de dólares.

Cuadro 10. Inventario Final a Cierres de Mes

Materia Prima	Inventarios al 31/enero/2017	Inventarios al 28/febrero/2017	Inventarios al 31/marzo/2017	Inventarios al 30/abril/2017
Láminas de PVC Termoencogibles	508.06	555.09	551.07	622.39
Papel Autoadhesivo	469.34	469.41	483.31	564.99
Compuesto de PVC Pellet	88.58	70.05	102.56	85.06
Maquinarias, Equipos, Troqueles	13.20	12.25	10.50	9.33
TOTAL Miles de DOLARES	1,079.18	1,106.80	1,147.43	1,281.77

Fuente: Empresa en estudio

Como política, la empresa desea alcanzar una rotación de inventario mayor o igual a 4, es decir que dentro de un año debe rotar 4 veces, desde el punto de vista de cobertura, mantener inventario para máximo 3 meses en bodega. La rotación actual del inventario es:

Cuadro 11. Indicador Rotación de Inventarios

	ene-17	feb-17	mar-17	abr-17	Objetivo
Indicador Rotación Inventarios	4.46	4.36	3.93	3.85	4.00

Fuente: Empresa en estudio

La empresa calcula este indicador de rotación de inventarios de materia prima dividiendo el inventario final del mes sobre el costo de venta de la materia prima.

(2.19)

$$\text{Rotación de Inventarios} = \frac{\text{Inventario Final}}{\text{Costo de Venta de Materias Primas}}$$

2.2.3. PLANEACIÓN DE LA PRODUCCIÓN ANTES DE LA IMPLEMENTACIÓN DE S&OP

La empresa cuenta con un plan mensual de la producción, el cuál es actualizado y cambiado semana a semana, al momento la planificación de la producción no tiene acceso al presupuesto de ventas, no hay un mecanismo de revisión del presupuesto de ventas para determinar la capacidad de producción de los siguientes meses. Esto origina cambios frecuentes que impactan directamente a los tiempos de entrega.

Se lleva un indicador OTIF por sus siglas en inglés, In Time in Full. Este indicador permite medir el nivel de servicio que una empresa proporciona a sus clientes. Está compuesto por dos elementos, por un lado mide el nivel de cumplimiento de la empresa para realizar la entrega de los pedidos en las fechas acordadas y por otro lado mide que la cantidad entregada de los pedidos esté completa. La fórmula para el cálculo del OTIF es:

$$\text{OTIF} = \frac{\# \text{ Pedidos entregados a Tiempo y Completos}}{\# \text{ Total de Pedidos}} \quad (2.20)$$

Normalmente es recomendable llevar este indicador en periodos mensuales (Mora García, 2007) [16].

La empresa calcula el OTIF directamente del sistema informático de la empresa. Este indicador se calcula comparando la fecha prevista de entrega acordada entre el departamento comercial y producción

versus la fecha real de entrega. El sistema asigna el valor de 1 a las ordenes entregadas a tiempo y 0 a las entregas fuera de tiempo, también se revisa las cantidades entregadas por producción con una tolerancia del +/- 5% de lo que se debe producir y entregar según la orden de fabricación, se le asigna 1 a las ordenes entregadas completas con el +/- 5% de tolerancia y 0 a las que no se entregan completas. Al final si los pedidos cumplen con las entregas a tiempos y completas, cumplen con el indicador OTIF.

Antes de la propuesta de mejora, se evaluó el OTIF actual de la compañía en el mes de abril el cuál fue del 59%

Cuadro 12. OTIF Abril 2017

	OTIF
Total Pedidos	1286
Total Cumple	754
OTIF ABRIL	59%

Fuente: Empresa en estudio

Al momento no existe un mecanismo de revisión, control y seguimiento de la información que integren el área de ventas, compras y producción para mejorar el nivel de servicio de la empresa con óptimos niveles de inventarios, por ello se hace necesaria la implementación del proceso de planeación de ventas y operaciones S&OP.

CAPÍTULO 3

DISEÑO DE LA SOLUCIÓN

3.1. FAMILIA DE PRODUCTOS

La empresa en estudio comercializa sus productos en millares de etiquetas, el presupuesto de ventas es cargado al sistema en dólares que se esperan vender, y el sistema calcula la cantidad de materia prima necesaria para producir basado en el ancho de la etiqueta, metros a imprimir, desperdicio promedio de la línea de producción, eficiencia de la línea, espesor y gramaje de los sustratos. Las cuatro categorías principales de productos son:

Producto A: Etiquetas Termoencogibles.

Las etiquetas Termoencogibles son elaboradas con Láminas de PVC Termoencogibles y es el principal producto que comercializa la empresa, la particularidad de estas etiquetas es que al ser sometidas al calor, se encogen y se acoplan al envase en las que son aplicadas. El principal mercado de consumo de este tipo de etiquetas es el de bebidas y lácteos. La unidad de medida con la que se compran las materias primas para estas etiquetas es el kilogramo.

Producto B: Etiquetas de Papel.

Las etiquetas de papel son elaboradas con Papel Autoadhesivo, en base a lo que se espera vender, se determina la cantidad de metros cuadrados a comprar de estos materiales. El principal sector que se atiende es el de etiquetas para banano y etiquetas con adhesivos multipropósito para sectores como el de bebidas, cuidado personal y productos de exportación.

Producto C: Rollos de PVC

La empresa produce Rollos de PVC para comercializar bandas o sellos de seguridad, el principal mercado es del de bebidas-aguas. La materia prima principal es el compuesto de PVC – Pellet y se la compra en Kilogramos.

Producto D: Ventas Generales

Dentro de esta categoría se facturan servicios complementarios que ofrece la empresa como asistencia técnica, venta de túneles de calor, cyreles, troqueles, entre otros. Pese a que este tipo de producto se lo maneja bajo pedidos exclusivos de clientes, formará parte del proceso S&OP para determinar el nivel de venta con el que se espera contar, sin embargo la información no será utilizada para determinar compras o EOQ dado que son proyectos manejados exclusivamente por el área comercial y la empresa no manejará inventario de estos productos.

3.2. IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO S&OP

La implementación del proceso S&OP se llevó a cabo en el mes de mayo 2017, el proceso está liderado por la Gerencia General junto con el Jefe de Logística; se realizó la comunicación y socialización del proyecto a los Gerentes Comercial, Financiero, Producción. El equipo S&OP está conformado por:

- Gerente General
- Jefe de Producción
- Jefe de Logística y Compras
- Sub Gerente Comercial
- Gerente Comercial
- Gerente Financiero

Los roles principales para la implementación, control y seguimiento al proceso S&OP son:

Cuadro 13. Roles del Proceso S&OP

Roles	Objetivo	Cuándo lo debe hacer?	Responsable	Entregables
Plan de Demanda	Actualizar presupuesto de ventas del mes n+1	Semana 1 del mes n	Sub-Gerente Comercial	Presupuesto de Ventas
Plan de Suministro	Analizar horizonte de 4 meses para el abastecimiento y determinar EOQ en base a la demanda presupuestada	Semana 2 del mes n	Jefe de Logística	Plan de Suministro
Capacidad disponible en Horas	Analizar tiempos disponibles en producción del mes n+1	Semana 2 del mes n	Jefe de Producción	Horas Disponibles mensual
Rentabilidad Proyectada según Presupuesto	Analizar la rentabilidad esperada para el mes n+1 basados en el presupuesto de ventas	Semana 2 del mes n	Gerente Financiero	Rentabilidad mensual proyectada
Minuta de reunión ejecutiva	Levantar planes de acciones para posibles contingencias detectadas en los siguientes meses.	Reunión Ejecutiva S&OP	Jefe de Logística	Minuta de Reunión

Elaborado por: Carlos Eduardo Bracho Ibarra

Una vez identificados los roles de cada miembro del equipo S&OP, se fijaron políticas que controlarán el ciclo S&OP:

- El presupuesto de ventas debe ser analizado por cada asesora comercial y enviado a la Sub-Gerente Comercial para consolidar la información que se entregará en S&OP.
- Cualquier cambio en el presupuesto dentro del mes, debe ser notificado al Jefe de Logística, estos cambios serán actualizados en el sistema en la semana 3.
- La tolerancia aceptada del Presupuesto vs la Venta real será +/- 20%.
- La reunión del Equipo S&OP se realizará la semana 3 para revisar el Plan previo a la presentación ejecutiva.
- La reunión ejecutiva para revisión del Plan con las Gerencias se realizará la semana 4.
- La planificación de compras de las Materias Primas se realizarán bajo el proceso S&OP liderado por el Jefe de Logística y Compras con horizonte de planeación de 4 meses.
- Para la elaboración del Plan de Abastecimiento se considerará el consumo según Presupuesto de Ventas, stock actual en bodegas y

arribos programados de Materias Primas para poder generar los pedidos con EOQ.

Luego de establecer las políticas, el procedimiento S&OP se lo levantó en el formato de procedimientos que utiliza la empresa bajo su sistema de gestión de calidad ISO 9001:2015.

Cuadro 14. Proceso S&OP

No.	Responsable	Actividad
01	Sub-Gerente Comercial	Revisión y Actualización del Presupuesto de Ventas.
02	Jefe de Logística	Elaboración del Plan de Suministro en base al Presupuesto de Ventas y generación de Pedidos en caso de requerirlo.
03	Jefe de Producción	Determinar horas disponibles de ocupación de máquinas.
04	Gerente Financiero	Determinar rentabilidad esperada en base al nivel de venta presupuestado.
05	Jefe de Logística	Coordinar reunión con el equipo S&OP para revisar contingencias y ajustes del Plan
06	Jefe de Logística	Coordinar reunión Ejecutiva S&OP para presentación y discusión de Planeación de Ventas y Operaciones de los siguientes meses.

Elaborado por: Carlos Eduardo Bracho Ibarra

El ciclo S&OP que se llevará todos los meses se lo detalla en el Cuadro 15.

Cuadro 15. Detalle Mensual del Ciclo S&OP

SEMANA 1							SEMANA 2							SEMANA 3							SEMANA 4																				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30												
Promóstico de la Demanda			Revisión de nuevos productos/proyectos aprobados para incluirlos al presupuesto				Revisión Final de Presupuesto de ventas, consolidar información y cargar al sistema							Elaboración de Plan de Suministros, Determinación de Horas disponibles de producción, Rentabilidad Esperada							Generar Ordenes de Compras							Reunión Pre-S&OP							Reunión Ejecutiva S&OP						

Elaborado por: Carlos Eduardo Bracho Ibarra

3.3. PRONÓSTICO DE VENTAS Y PLANEACIÓN DE LA DEMANDA.

3.3.1. DEFINICIÓN DE VARIABLES

Las variables que se utilizaron para el pronóstico son las ventas en miles de dólares mensuales de cada producto desde enero del 2014 hasta mayo del 2017

Producto A: Etiquetas Termocogibles

Producto B: Etiquetas de Papel

Producto C: Rollos de PVC

Producto D: Ventas Generales

En el Cuadro 16 se muestran las ventas mensuales en miles de dólares de cada producto.

Cuadro 16. Ventas Mensuales por Tipo de Productos

MES	Producto A	Producto B	Producto C	Producto D	Total Ventas
ene-14	\$567,848	\$171,465	\$19,140	\$29,559	\$788,01
feb-14	\$557,574	\$197,056	\$17,151	\$33,073	\$804,85
mar-14	\$476,486	\$176,481	\$20,729	\$85,443	\$759,14
abr-14	\$560,451	\$247,982	\$9,145	\$74,713	\$892,29
may-14	\$579,022	\$229,240	\$21,796	\$57,202	\$887,26
jun-14	\$494,511	\$248,128	\$27,756	\$63,919	\$834,31
jul-14	\$573,378	\$284,232	\$20,109	\$37,304	\$915,02
ago-14	\$478,320	\$284,458	\$21,396	\$44,918	\$829,09
sep-14	\$656,495	\$228,742	\$34,813	\$175,161	\$1.095,21
oct-14	\$667,447	\$253,616	\$17,142	\$112,927	\$1.051,13
nov-14	\$657,302	\$261,619	\$35,406	\$109,628	\$1.063,96
dic-14	\$700,668	\$250,245	\$9,350	\$55,389	\$1.015,65
ene-15	\$588,882	\$318,580	\$27,568	\$62,062	\$997,09
feb-15	\$511,320	\$252,128	\$14,036	\$47,586	\$825,07
mar-15	\$526,441	\$296,986	\$5,539	\$123,719	\$952,68
abr-15	\$600,089	\$319,170	\$29,955	\$75,549	\$1.024,76
may-15	\$629,692	\$353,145	\$18,538	\$146,934	\$1.148,31
jun-15	\$691,195	\$403,041	\$25,128	\$84,698	\$1.204,06

...viene Cuadro 16. Ventas Mensuales por Tipo de Productos

MES	Producto A	Producto B	Producto C	Producto D	Total Ventas
jul-15	\$585,262	\$374,537	\$12,927	\$61,835	\$1.034,56
ago-15	\$641,076	\$386,015	\$36,614	\$65,198	\$1.128,90
sep-15	\$480,984	\$457,964	\$9,791	\$121,305	\$1.070,04
oct-15	\$554,876	\$488,692	\$16,747	\$121,952	\$1.182,27
nov-15	\$596,109	\$365,892	\$22,087	\$95,581	\$1.079,67
dic-15	\$538,426	\$378,686	\$7,683	\$40,644	\$965,44
ene-16	\$579,843	\$384,844	\$18,958	\$87,569	\$1.071,21
feb-16	\$583,930	\$453,063	\$5,820	\$46,405	\$1.089,22
mar-16	\$632,060	\$468,747	\$29,256	\$101,100	\$1.231,16
abr-16	\$490,344	\$554,495	\$19,229	\$42,497	\$1.106,56
may-16	\$482,596	\$561,907	\$15,885	\$63,586	\$1.123,97
jun-16	\$536,936	\$552,969	\$35,985	\$62,759	\$1.188,65
jul-16	\$551,281	\$440,319	\$20,248	\$50,271	\$1.062,12
ago-16	\$578,008	\$491,861	\$8,926	\$60,609	\$1.139,40
sep-16	\$494,936	\$487,962	\$24,267	\$47,641	\$1.054,81
oct-16	\$546,958	\$445,540	\$23,858	\$35,575	\$1.051,93
nov-16	\$578,430	\$492,822	\$19,371	\$84,167	\$1.174,79
dic-16	\$593,395	\$455,152	\$18,834	\$50,819	\$1.118,20
ene-17	\$677,967	\$432,404	\$13,569	\$43,670	\$1.167,61
feb-17	\$609,657	\$421,474	\$22,855	\$48,551	\$1.102,54
mar-17	\$759,033	\$512,146	\$14,173	\$80,805	\$1.366,16
abr-17	\$680,098	\$462,242	\$6,448	\$77,499	\$1.226,29
may-17	\$803,140	\$481,761	\$21,285	\$26,031	\$1.332,22

Fuente: Empresa en estudio

3.3.2. ANÁLISIS DE DATOS HISTÓRICOS DE VENTAS

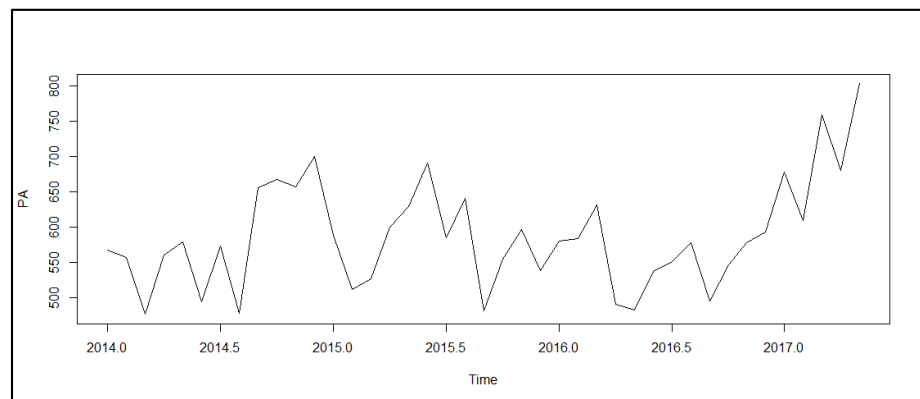
El análisis de datos mensuales de ventas se ejecutó en el software estadístico R, se graficó en series de tiempos cada variable para observar el comportamiento de los datos; se analizó los 6 modelos y para cada producto se escogió el que mejor se ajuste al comportamiento de los datos.

Los modelos que se plantearán para el pronóstico son:

- Suavización Exponencial Simple
- Suavización Exponencial Doble
- Holt Winters Aditivo
- Holt Winters Multiplicativo
- Modelo Arima: Promedio móvil integrado autorregresivo
- Modelo Sarima: Arima Estacionario

La gráfica de la Serie de Tiempo del Producto A, se muestra en el siguiente cuadro:

Cuadro 17. Serie de Tiempo del Producto A Periodo Enero 2014 – Mayo 2017

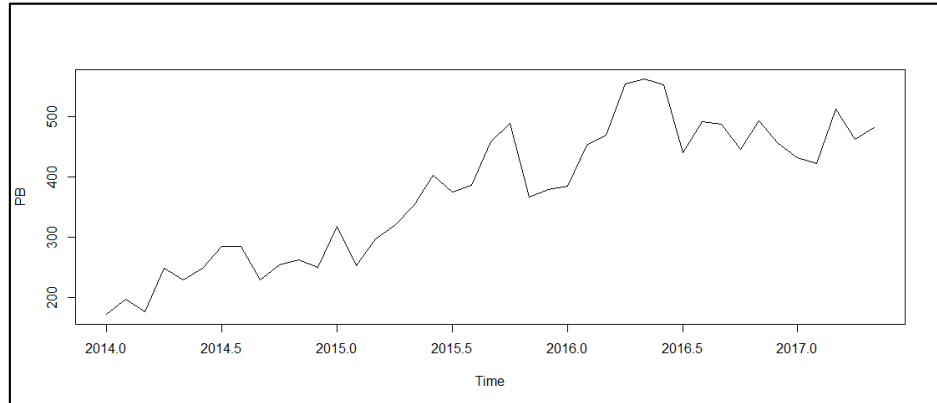


Elaborado por: Carlos Eduardo Bracho Ibarra

En el Cuadro 17 se observa un comportamiento estacional de las ventas pero no una marcada tendencia, ya que entre mediados del 2014 hasta mediados del 2015 las ventas presentan una tendencia similar sin incrementos considerables, sin embargo en el 2016 hay una baja importante en las ventas manteniendo la estacionalidad y para el 2017 las ventas crecen ampliamente,

El comportamiento de los datos del Producto B se observan en el Cuadro18

Cuadro 18. Serie de Tiempo del Producto B Periodo Enero 2014 – Mayo 2017

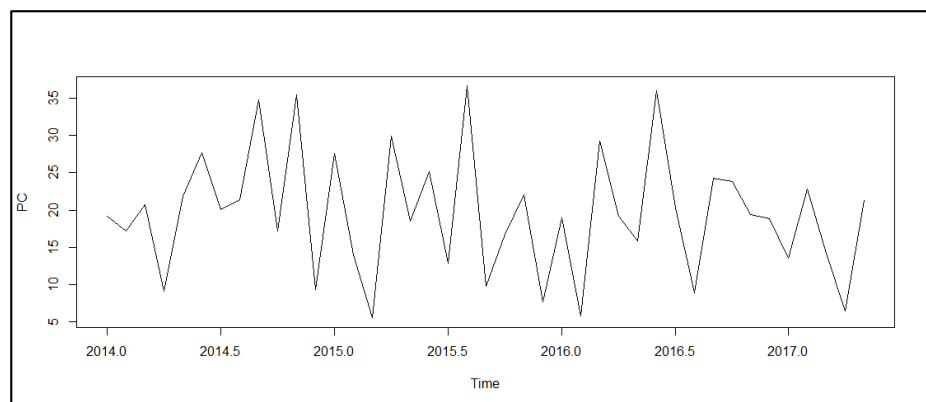


Elaborado por: Carlos Eduardo Bracho Ibarra

Para el producto B se observa cierta tendencia y estacionalidad en los datos, el crecimiento de ventas entre el 2015 y 2017 está muy por encima del nivel de venta con el que se empezó en el 2014.

El comportamiento de los datos para el Producto C se presenta a continuación:

Cuadro 19. Serie de Tiempo del Producto C Periodo Enero 2014 – Mayo 2017

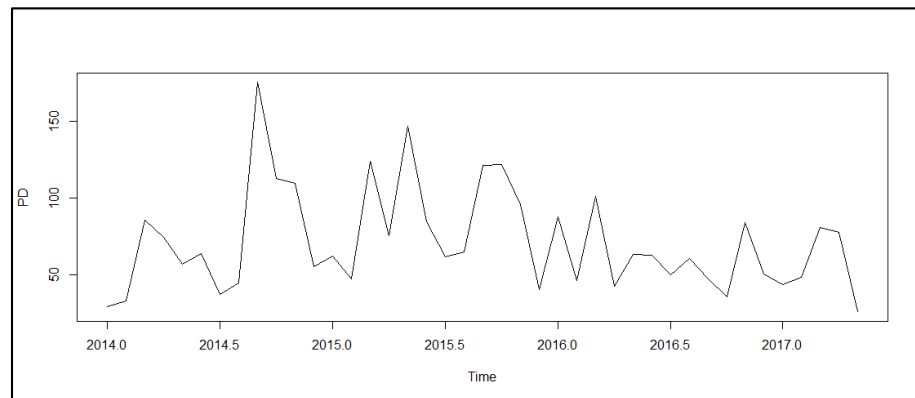


Elaborado por: Carlos Eduardo Bracho Ibarra

Para el producto C se observa un comportamiento estacional pero no hay crecimientos ni bajas importantes, por lo que el modelo Holt Winters Aditivo podría ser una buena alternativa para el pronóstico.

Finalmente, para el producto D, se observa estacionalidad y decrecimiento en las ventas, estos productos son bajo pedido específico o proyectos especiales de venta de maquinarias, el pronóstico proporciona una idea del comportamiento que podría tener este tipo de ventas para la empresa y si la tendencia es a la baja, crear estrategias para reforzar la venta de estos productos.

Cuadro 20. Serie de Tiempo del Producto D Periodo Enero 2014 – Mayo 2017



Elaborado por: Carlos Eduardo Bracho Ibarra

3.3.3. SELECCIÓN DEL MODELO

Para seleccionar el mejor modelo, se analizó la suma cuadrática de los errores (SSE) y los criterios de selección, se grafica los datos presupuestados versus los datos de la serie para hacer comparaciones de modelos y escoger el que mejor se ajuste a la serie de los datos (Evans, 2003) [14].

Para el cálculo de la suma cuadrática de los errores, se utilizó el software R para realizar los 4 modelos de pronóstico para cada producto.

Cuadro 21. Modelos de Pronóstico

```

modelo1=Holtwinters(PA,beta=FALSE,gamma=FALSE) #Suavización Exponencial Simple
modelo1
modelo2=Holtwinters(PA,gamma=FALSE) #Suavización Exponencial Doble
modelo2
modelo3=Holtwinters(PA,seasonal="additive") #Holt Winters Aditivo
modelo3
modelo4=Holtwinters(PA,seasonal="multiplicative") #Holt Winters Multiplicativo
modelo4
modelo1$SSE
modelo2$SSE
modelo3$SSE
modelo4$SSE
    
```

Elaborado por: Carlos Eduardo Bracho Ibarra

El modelo 1 es el de suavización exponencial simple, el modelo 2 es el de suavización exponencial doble, el modelo 3 y el modelo 4 es el de Holt Winters aditivo y multiplicativo respectivamente. Una vez definidos los modelos, en el software R con la función SSE, se calculó la suma cuadrática de los errores para cada modelo y para cada producto.

La suma cuadrática de los errores SSE de los cuatro modelos propuestos para el Producto A se presentan en el Cuadro 22.

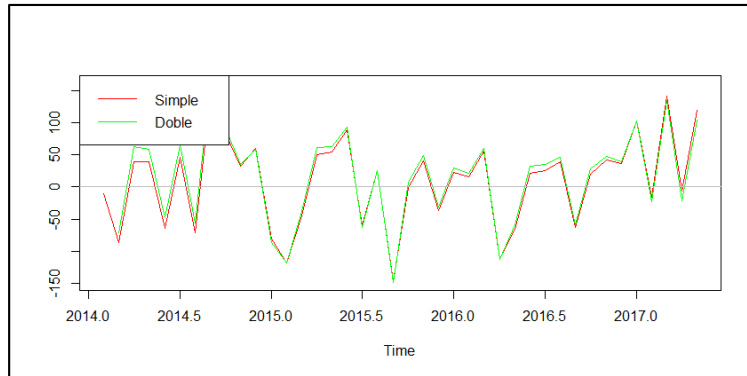
Cuadro 22. SSE Producto A

PRODUCTO A		SSE
Suavización Exponencial Simple	Modelo 1	195.325,90
Suavización Exponencial Doble	Modelo 2	205.593,20
Holt Winters Aditivo	Modelo 3	273.359,70
Holt Winters Multiplicativo	Modelo 4	286.416,50

Elaborado por: Carlos Eduardo Bracho Ibarra

La SSE indica que los modelos que presentan menos errores son Suavización Exponencial Simple y Doble. Para escoger el mejor modelo, se grafican los errores y se escoge el modelo que tenga los errores más cercanos a cero [14].

Cuadro 23. Errores del Producto A Modelos Suavización Exponencial Simple y Doble

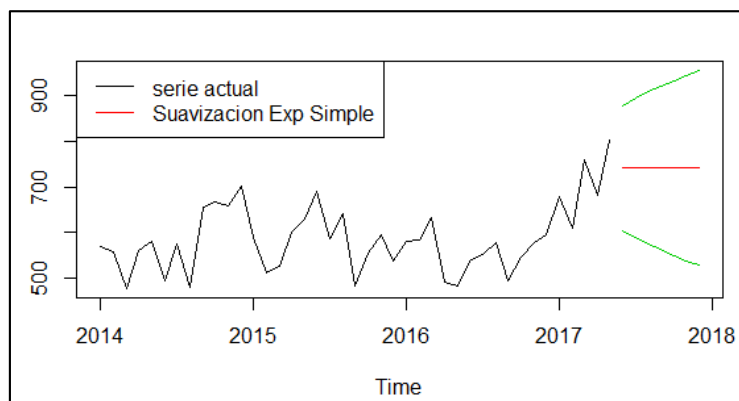


Elaborado por: Carlos Eduardo Bracho Ibarra

El Cuadro 23 muestra que los errores del Modelo Suavización Exponencial Simple están más cercano a cero, por lo tanto para el Producto A se propone trabajar con el Modelo de Suavización Exponencial Simple.

Graficando la serie versus el modelo suavización exponencial simple se obtiene:

Cuadro 24. Comparación Serie de Tiempo del Producto A vs Modelo Suavización Exponencial Simple



Elaborado por: Carlos Eduardo Bracho Ibarra

El modelo sugerido presenta muchos desfases respecto al comportamiento de los datos históricos, la línea roja indica cuál será el pronóstico de los siguientes meses, y el rango de demanda

máxima y mínima es muy amplio por lo que no sería recomendable trabajar con este modelo.

Para el producto A, otra alternativa de pronóstico son los modelos autorregresivos ARIMA, según los criterios de selección, se debe determinar el ACF y PACF para analizar el comportamiento de la autocorrelación y determinar el orden del modelo AR y MA.

También se debe determinar si es necesario diferenciar la serie, para lo cual se utiliza la función `ndiffs` la misma que hace una prueba de hipótesis para determinar si se debe diferenciar la serie, esta función forma parte de la librería `Forecast` del software R y permite conocer cuántas veces se debe diferenciar la serie para eliminar la estacionalidad de los datos a través de 3 métodos los cuales son KPSS, ADF y PP (Hyndman, Rob J. Razbash, n.d.) [17].

Aplicando la función `ndiffs` a través del software R, se obtiene que según el método KPSS y PP no se debe diferenciar la serie, sin embargo bajo el método ADF se debe diferenciar una vez.

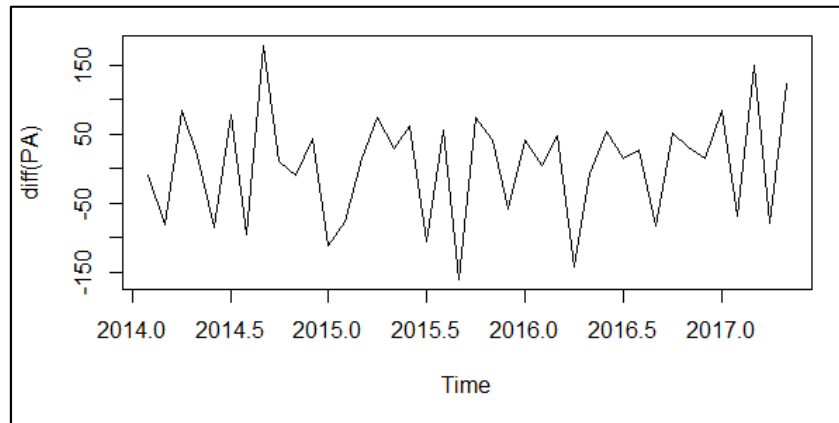
Cuadro 25. Resultados para Diferenciar la Serie del Producto A

```
> ?ndiffs
> ndiffs(PA) #Método KPSS
[1] 0
> ndiffs(PA, test = "adf") #Método ADF
[1] 1
> ndiffs(PA, test = "pp") #Método PP
[1] 0
```

Elaborado por: Carlos Eduardo Bracho Ibarra

Si se revisa el gráfico de la serie de tiempo del producto A en el Cuadro 17, se observa que para finales del 2016 e inicios del 2017 hay una tendencia a la alza en las ventas, y dado que bajo el método ADF si se recomienda diferenciar una vez; se procede a diferenciar la serie para luego analizar el ACF y PACF.

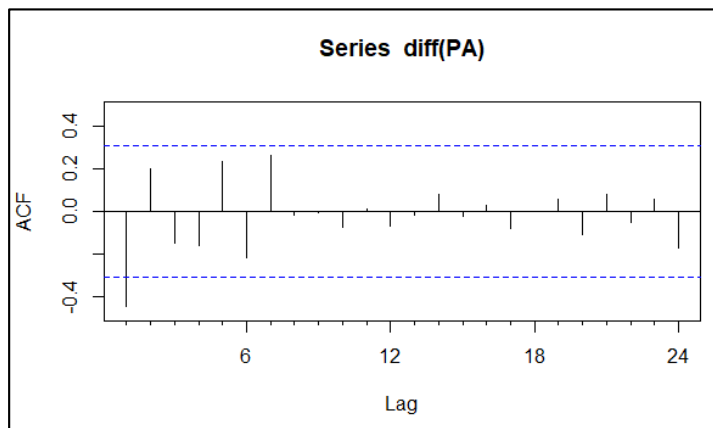
Cuadro 26. Serie Diferenciada del Producto A



Elaborado por: Carlos Eduardo Bracho Ibarra

Al diferenciar la serie del Producto A se observa que es más estable, sin tendencia y la media luce algo constante; posteriormente se procede a analizar el ACF y PACF.

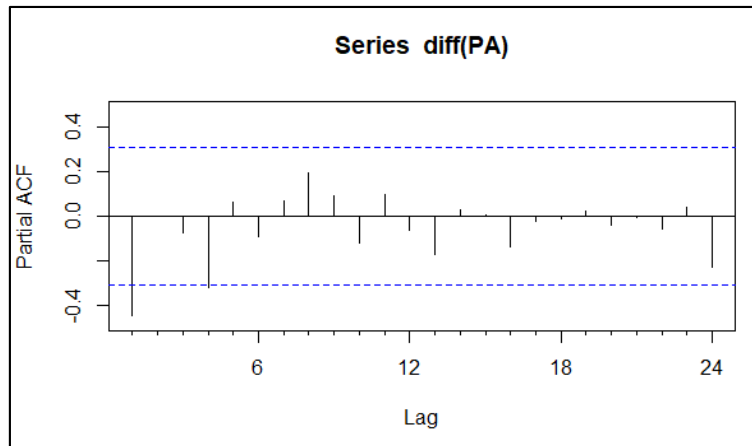
Cuadro 27. ACF de la Serie Diferenciada del Producto A



Elaborado por: Carlos Eduardo Bracho Ibarra

En la gráfica del ACF se observa que la primera autocorrelación es -0.4 y no se observa decaimiento exponencial o alternancia, el resto de la autocorrelaciones se mantienen dentro del margen cercanas a cero, según lo descrito en el Cuadro 4, este comportamiento sugiere un modelo MA(1).

Cuadro 28 PACF de la Serie Diferenciada del Producto A



Elaborado por: Carlos Eduardo Bracho Ibarra

En el gráfico del PACF se observa que el primer valor de ϕ es distinto de cero y el resto se mantiene dentro del margen cercano a cero. No se observa un marcado decaimiento exponencial o alternancia; esta característica es propia de un modelo AR(1).

Por lo tanto, los modelos que se plantean para el análisis son ARIMA(1,1,0) y ARIMA (0,1,1)

Cuadro 29. Modelo ARIMA (1,1,0) para Producto A

```
> modelo1PA=Arima(PA,c(1,1,0))
> modelo1PA
Series: PA
ARIMA(1,1,0)

Coefficients:
      ar1
      -0.4603
s.e.    0.1424

sigma^2 estimated as 4947:  log likelihood=-226.5
AIC=457   AICC=457.33   BIC=460.38
> |
```

Elaborado por: Carlos Eduardo Bracho Ibarra

Cuadro 30. Modelo ARIMA (0,1,1) para Producto A

```
> modelo2PA=Arima(PA,c(0,1,1))
> modelo2PA
Series: PA
ARIMA(0,1,1)

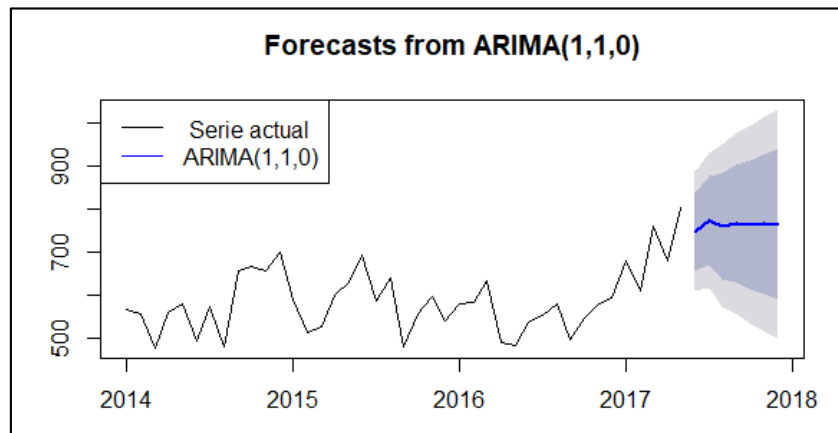
Coefficients:
      ma1
      -0.4980
s.e.      0.1607

sigma^2 estimated as 5001: log likelihood=-226.74
AIC=457.49  AICC=457.81  BIC=460.86
> |
```

Elaborado por: Carlos Eduardo Bracho Ibarra

De los dos modelos planteados, el que tiene el AIC, AICc y BIC más bajos es el modelo ARIMA (1,1,0).

Cuadro 31. Comparación Serie de Tiempo del Producto A vs Modelo ARIMA (1,1,0)



Elaborado por: Carlos Eduardo Bracho Ibarra

Para este modelo se observa cierto crecimiento de las ventas en los primeros meses y luego se mantiene constante para el resto de meses, no considera la estacionalidad de la serie. Se utiliza la función `auto.arima` del software R para revisar la parte estacional que se sugiere y obtener un mejor pronóstico

Al correr esta función en R, se obtiene que el modelo adecuado para esta serie es el ARIMA (2,0,0):(0,0,1).

Cuadro 32. Resultados de Función Auto.Arima Producto A

```
> auto.arima(PA)
Series: PA
ARIMA(2,0,0)(0,0,1)[12] with non-zero mean

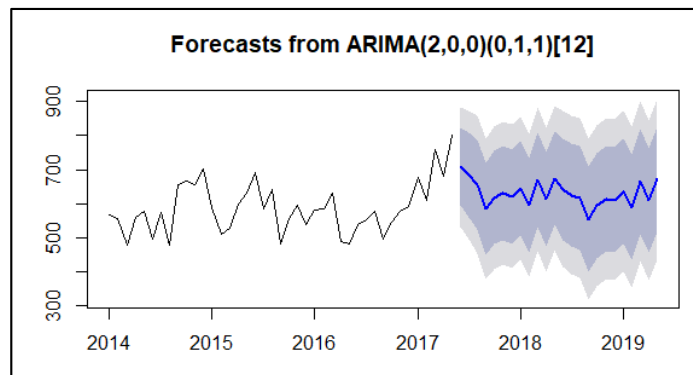
Coefficients:
      ar1      ar2      sma1      mean
      0.2675  0.3036 -0.5529  589.4526
s.e.    0.1672  0.1627  0.3419  14.2716

sigma^2 estimated as 4008: log likelihood=-228.46
AIC=466.92  AICC=468.63  BIC=475.49
> |
```

Elaborado por: Carlos Eduardo Bracho Ibarra

Al realizar el pronóstico con este modelo se obtiene:

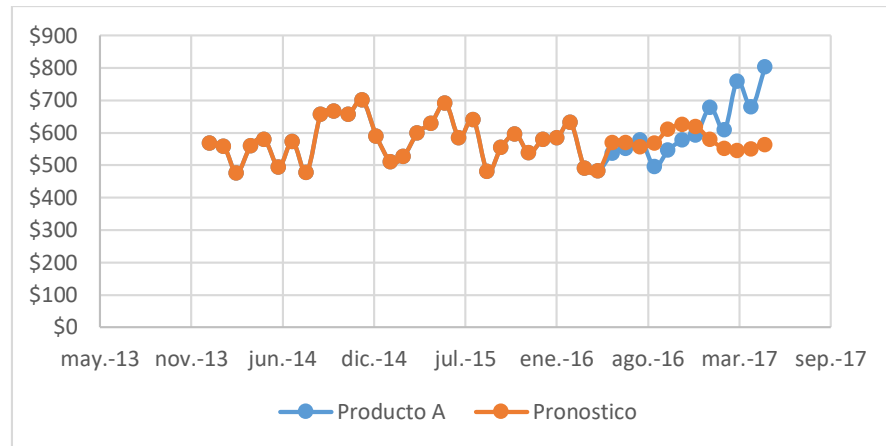
Cuadro 33. Comparación Serie de Tiempo del Producto A vs Modelo ARIMA (2,0,0):(0,0,1)



Elaborado por: Carlos Eduardo Bracho Ibarra

Para comprobar el comportamiento de este modelo versus la venta, se compara la venta real de enero 2014 a mayo 2016, versus el pronóstico de junio 2016 a mayo 2017.

Cuadro 34. Comparación Serie de Tiempo de Tiempo del Producto A vs Pronóstico del Modelo ARIMA (2,0,0):(0,0,1) de un Año atrás



Elaborado por: Carlos Eduardo Bracho Ibarra

El pronóstico presenta un acercamiento bastante bueno a la venta real durante los primeros 7 meses, y luego la venta toma unos valores inusuales a la alza, este modelo proporciona una buena aproximación de la venta para los 6 primeros meses, y es bastante aceptable ya que por el ciclo S&OP, el presupuesto se debe actualizar mes a mes. Adicionalmente, el pronóstico fue afectado con datos reales de un año atrás al quitarlos de la serie original para poder hacer la comparación, por tal motivo no se ajusta el pronóstico con la venta de los últimos meses.

En conclusión, el modelo seleccionado para el Producto A es ARIMA (2,0,0):(0,0,1).

Para el Producto B, se plantearon los modelos descritos en el Cuadro 21 y se realizó el cálculo de la SSE en el software R; los resultados de las Suma Cuadrática de los Errores son:

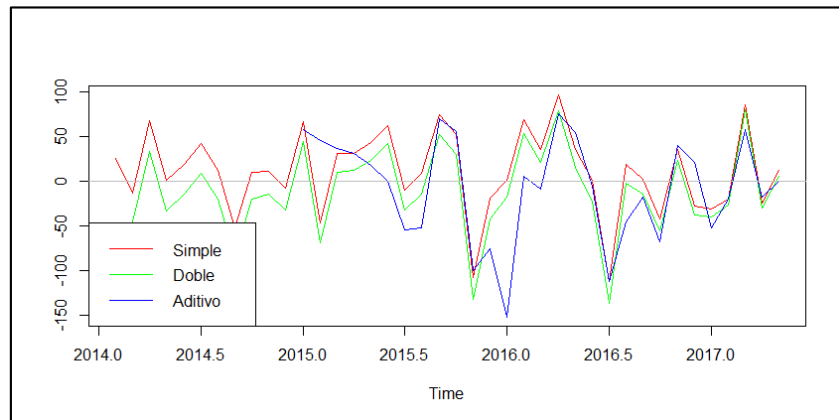
Cuadro 35. SSE Producto B

PRODUCTO B		SSE
Suavización Exponencial Simple	Modelo 1	87.786,45
Suavización Exponencial Doble	Modelo 2	91.402,35
Holt Winters Aditivo	Modelo 3	97.330,13
Holt Winters Multiplicativo	Modelo 4	135.772,50

Elaborado por: Carlos Eduardo Bracho Ibarra

Los tres primeros modelos presentan una SSE muy cercana entre sí, a continuación se grafica el comportamiento de los errores.

Cuadro 36. Errores del Producto B Modelos Suavización Exponencial Simple, Doble y Holt Winters Aditivo.



Elaborado por: Carlos Eduardo Bracho Ibarra

Analizando los datos desde el 2016, se observa que los 3 errores tienen un comportamiento similar, para determinar el mejor modelo, se calcula la SSE de las ventas del 2016 en adelante, al final interesa el comportamiento del año más cercano para escoger el modelo que servirá para realizar el pronóstico.

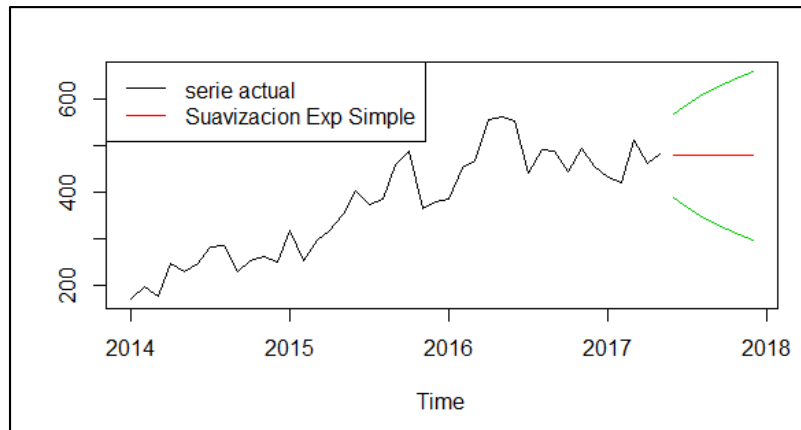
Cuadro 37. SSE Producto B Periodo Enero 2016 a Mayo 2017

PRODUCTO B 2016 - 2017		SSE
Suavización Exponencial Simple	Modelo 1	42.482,21
Suavización Exponencial Doble	Modelo 2	44.215,38
Holt Winters Aditivo	Modelo 3	60.241,02

Elaborado por: Carlos Eduardo Bracho Ibarra

El modelo recomendado según el menor error es el de Suavización Exponencial Simple, al graficar la serie versus este modelo se observa:

Cuadro 38. Comparación Serie de Tiempo del Producto B vs Modelo Suavización Exponencial Simple



Elaborado por: Carlos Eduardo Bracho Ibarra

Los datos del pronóstico de los siguientes meses van hacer constantes por lo que este modelo no es el más recomendable y se analizará un modelo ARIMA.

Se determina si la serie debe ser diferenciada a través de los 3 métodos ndiffs que ofrece el software R, para la serie del Producto B, los 3 métodos recomiendan diferenciar la serie 1 vez.

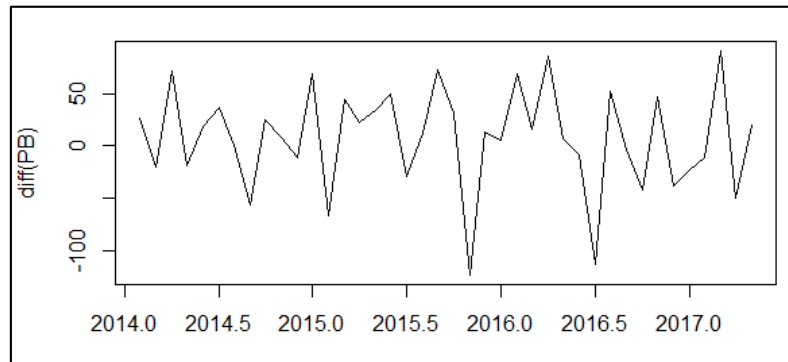
Cuadro 39. Resultados para Diferenciar la Serie del Producto B

```
> ndiffs(PB) #Método KPSS
[1] 1
> ndiffs(PB, test = "adf") #Método ADF
[1] 1
> ndiffs(PB, test = "pp") #Método PP
[1] 1
```

Elaborado por: Carlos Eduardo Bracho Ibarra

Con la serie diferenciada, se observa un comportamiento estable y sin tendencia de los datos

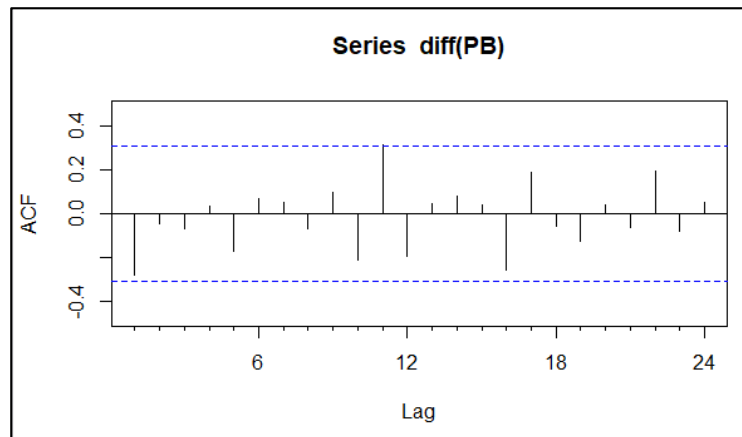
Cuadro 40. Serie Diferenciada del Producto B



Elaborado por: Carlos Eduardo Bracho Ibarra

Para determinar el modelo a utilizar, se analiza el ACF y el PACF de la serie diferenciada.

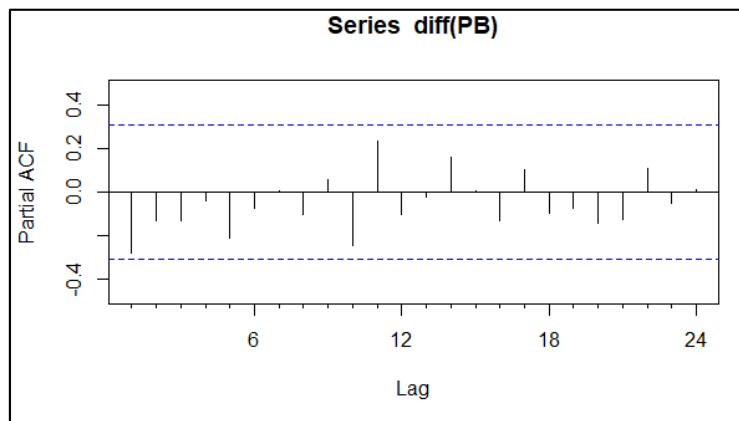
Cuadro 41. ACF de la Serie Diferenciada del Producto B



Elaborado por: Carlos Eduardo Bracho Ibarra

En el ACF no se observa un decaimiento exponencial, o que las autocorrelaciones se alternen o que tengan forma de onda, por lo que no conviene tomar un modelo AR; por otro lado hay una que se acerca al límite superior del margen lo que podría significar que una autocorrelación sea diferente de cero, esta característica sugiere un MA(1) según lo descrito en el Cuadro 4.

Cuadro 42. PACF de la Serie Diferenciada del Producto B

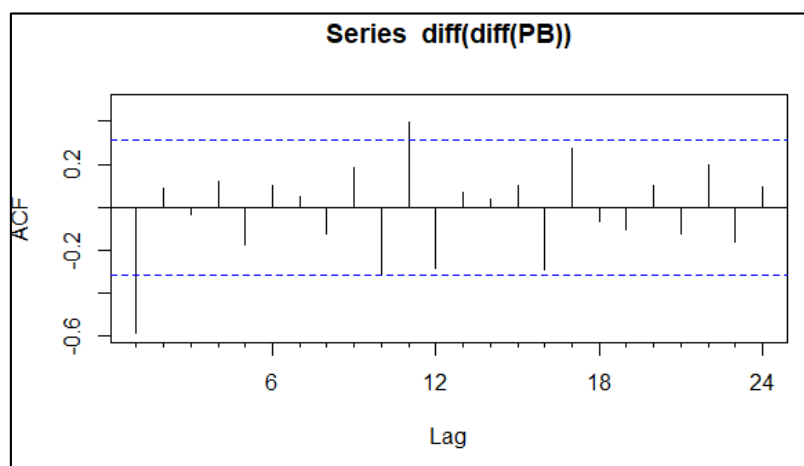


Elaborado por: Carlos Eduardo Bracho Ibarra

En el PACF se observa que las autocorrelaciones están cercanas a cero por lo que se confirma que no es conveniente probar un modelo AR, se evidencia un leve decaimiento exponencial en las primeras correlaciones y con esto se confirma probar el MA(1) diferenciado una vez.

Para tener otra alternativa de modelo, se diferencia la serie una vez más para analizar el ACF y PACF.

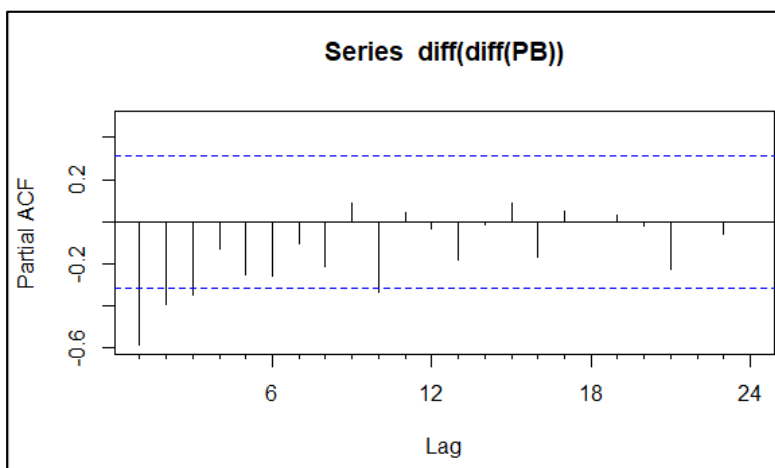
Cuadro 43. ACF de la Serie del Producto B Diferenciada 2 veces



Elaborado por: Carlos Eduardo Bracho Ibarra

En el ACF de la serie diferenciada dos veces, se observa que hay dos autocorrelaciones distintas de cero, en el PACF se observa con más claridad el decaimiento exponencial, por lo que se sugiere probar con un modelo MA(2)

Cuadro 44. PACF de la Serie del Producto B Diferenciada 2 veces



Elaborado por: Carlos Eduardo Bracho Ibarra

Los modelos que se plantean luego de analizar la serie diferenciada una y dos veces son ARIMA (0,1,1) y ARIMA (0,2,2).

Cuadro 45. Modelo ARIMA (0,1,1) para Producto B

```
> modelo1PB=Arima(PB,c(0,1,1))
> modelo1PB
Series: PB
ARIMA(0,1,1)

Coefficients:
      ma1
      -0.2880
s.e.    0.1614

sigma^2 estimated as 2250:  log likelihood=-210.66
AIC=425.33  AICc=425.65  BIC=428.71
```

Elaborado por: Carlos Eduardo Bracho Ibarra

Cuadro 46 Modelo ARIMA (0,2,2) para Producto B

```
> modelo2PB=Arima(PB,c(0,2,2))
> modelo2PB
Series: PB
ARIMA(0,2,2)

Coefficients:
      ma1      ma2
      -1.3356  0.3356
s.e.    0.2154  0.1853

sigma^2 estimated as 2236:  log likelihood=-207
AIC=420  AICc=420.69  BIC=424.99
```

Elaborado por: Carlos Eduardo Bracho Ibarra

Los dos modelos tienen el AIC, AICc y BIC muy similares, se utiliza la función `auto.arima` para revisar el modelo que el software propone.

Cuadro 47. Resultados de Función Auto.Arima Producto B

```
> auto.arima(PB)
Series: PB
ARIMA(0,1,1) with drift

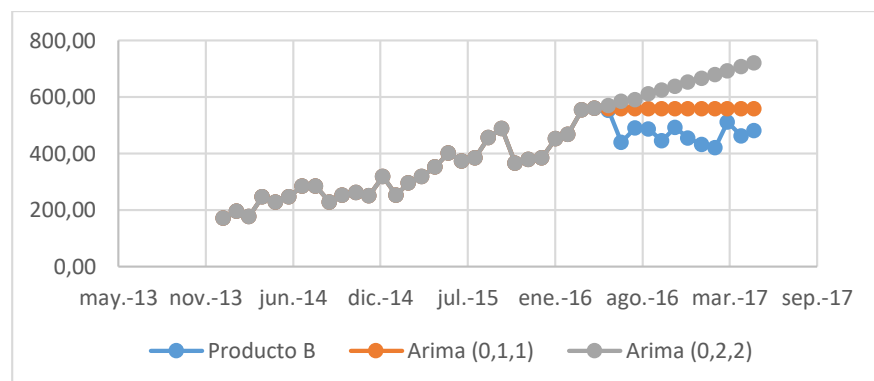
Coefficients:
      ma1      drift
    -0.3864    7.6074
s.e.    0.1828    4.4769

sigma^2 estimated as 2170: log likelihood=-209.46
AIC=424.93  AICc=425.6  BIC=430
```

Elaborado por: Carlos Eduardo Bracho Ibarra

El software recomienda usar para el pronóstico un modelo ARIMA (0,1,1) el cuál fue una de las opciones que se consideró. Para seleccionar el modelo que se ajuste a la serie, se grafica venta real de enero 2014 a mayo 2016, versus el pronóstico de junio 2016 a mayo 2017 para los dos modelos.

Cuadro 48. Comparación Serie de Tiempo de Tiempo del Producto B vs Pronóstico del Modelos ARIMAS (0,1,1) y (0,2,2) de un Año atrás

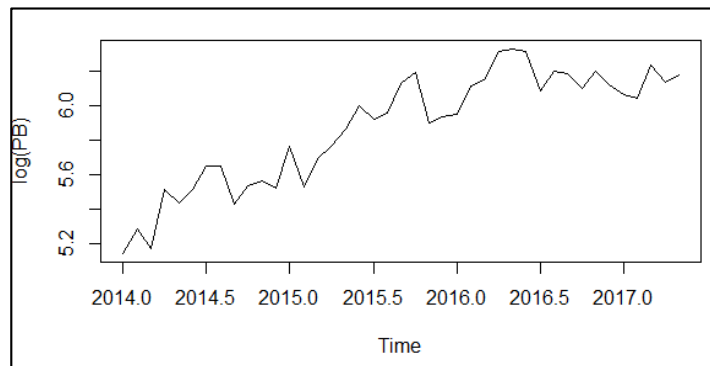


Elaborado por: Carlos Eduardo Bracho Ibarra

Ambos modelos son lineales y no se ajustan a la serie, es necesario revisar la parte estacional de la serie para buscar un modelo que se ajuste a los datos.

La serie del Producto B descrita en el Cuadro 18 presenta una alta variabilidad por lo que se realiza una transformación logarítmica para obtener una variabilidad más constante y una tendencia más lineal para poder aplicar los modelos estacionarios.

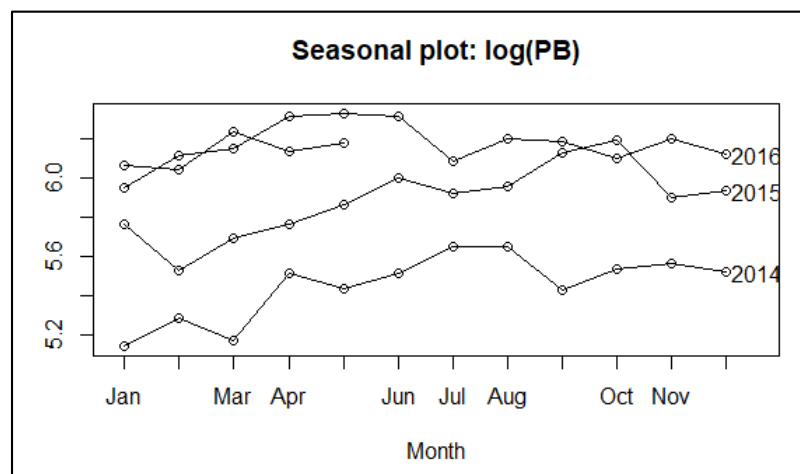
Cuadro 49. Transformación Logarítmica de la Serie del Producto B



Elaborado por: Carlos Eduardo Bracho Ibarra

Con la función ndiff se había determinado que se debía diferenciar la serie en la parte ordinaria, para la parte estacional la serie presenta tendencia a la alza mes a mes por lo que es necesario diferenciar la parte estacional también para quitar esa tendencia en la serie.

Cuadro 50. Gráfico de Tendencia Mensual del Producto B

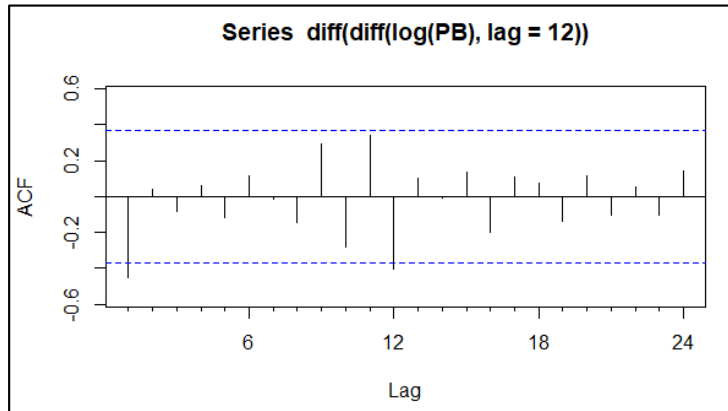


Elaborado por: Carlos Eduardo Bracho Ibarra

En el cuadro se observa como las ventas incrementaron en el mismo mes, año a año; es decir la tendencia es a la alza.

Se procede a diferenciar la serie tanto en la parte estacional como en la parte ordinaria y a analizar el ACF y PACF para determinar el orden P y Q de la parte estacional.

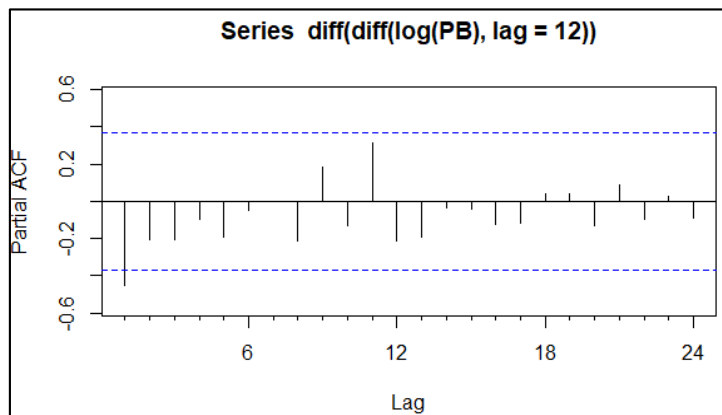
Cuadro 51. ACF Serie Transformada y Diferenciada 2 Veces Producto B



Elaborado por: Carlos Eduardo Bracho Ibarra

En el ACF se observa como la primera autocorrelación es distinta de cero en el primer año (0 a 12 meses) y para el segundo periodo de 12 a 24 meses están dentro del margen cercano a cero, este comportamiento sugiere un modelo SMA(1).

Cuadro 52. PACF Serie Transformada y Diferenciada 2 Veces Producto B

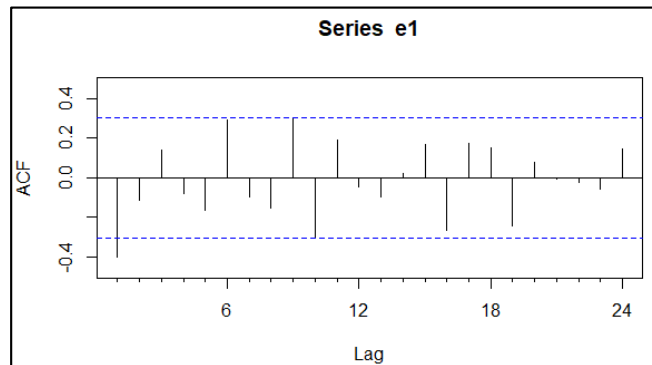


Elaborado por: Carlos Eduardo Bracho Ibarra

En el Gráfico de PACF se observa decaimiento exponencial por lo que se confirma probar con el modelo SMA(1).

El modelo por la parte estacional queda como un ARIMA (0,1,0):(0,1,1) dado que fue diferenciado una vez en la parte ordinaria y estacional, y en la parte estacional por ACF y PACF se determinó que es un SMA(1); ahora se deben graficar los ACF y PACF de los residuos para analizar la parte ordinaria.

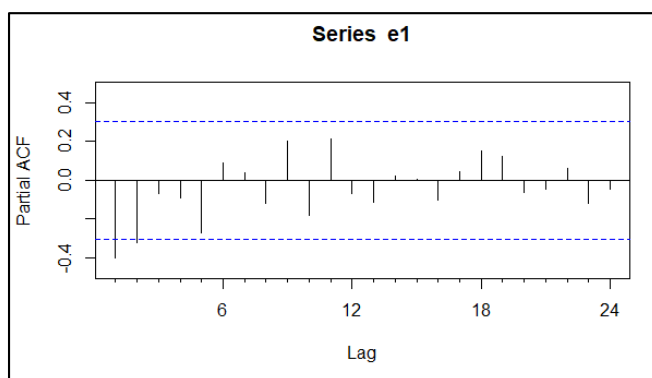
Cuadro 53. ACF del Residuo del Modelo ARIMA (0,1,0):(0,1,1) Producto B



Elaborado por: Carlos Eduardo Bracho Ibarra

En el ACF de los residuos, la primera autocorrelación es diferente de cero mientras que el resto se encuentran dentro del margen cercanas a cero, esto sugiere un modelo MA(1) para la parte ordinaria.

Cuadro 54. PACF del Residuo del Modelo ARIMA(0,1,0):(0,1,1) Producto B



Elaborado por: Carlos Eduardo Bracho Ibarra

En el PACF también la primera autocorrelación se sale del margen cercanos a cero por lo que se puede probar un modelo AR(1) en la parte ordinaria.

Los dos modelos SARIMA que se proponen analizar son $(0,1,1):(0,1,1)$ y $(1,1,0):(0,1,1)$ y escoger el que tenga mejor criterio de información AIC.

Cuadro 55. Modelos ARIMA Propuestos para Producto B

```
> mod2PB=Arima(PB,c(0,1,1),c(0,1,1),lambda = 0)
> mod2PB
Series: PB
ARIMA(0,1,1)(0,1,1)[12]
Box Cox transformation: lambda= 0

Coefficients:
      mal      smal
    -0.5635  -0.9981
s.e.   0.1486   1.2555

sigma^2 estimated as 0.01726: log likelihood=10.81
AIC=-15.62  AICC=-14.62  BIC=-11.63
> |

> mod3PB=Arima(PB,c(1,1,0),c(0,1,1),lambda = 0)
> mod3PB
Series: PB
ARIMA(1,1,0)(0,1,1)[12]
Box Cox transformation: lambda= 0

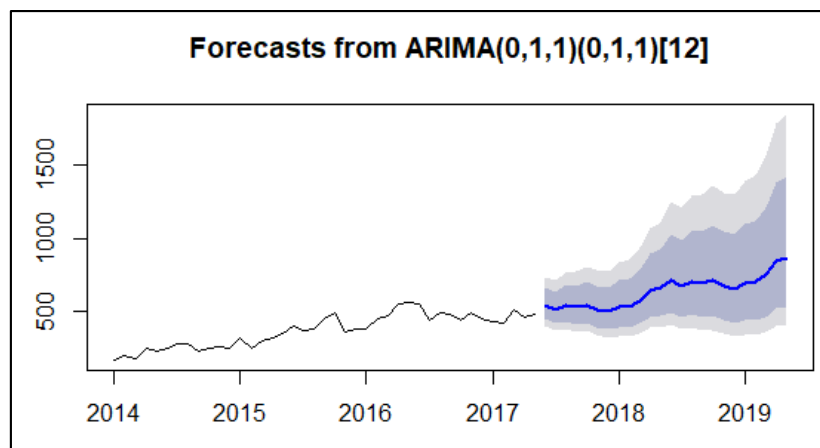
Coefficients:
      ar1      smal
    -0.4226  -0.988
s.e.   0.1697   2.508

sigma^2 estimated as 0.01906: log likelihood=9.66
AIC=-13.31  AICC=-12.31  BIC=-9.32
|>
```

Elaborado por: Carlos Eduardo Bracho Ibarra

El modelo que presenta los criterios de selección más bajos en AIC y AICC es el modelo ARIMA $(0,1,1):(0,1,1)$, al realizar el pronóstico con este modelo se obtiene:

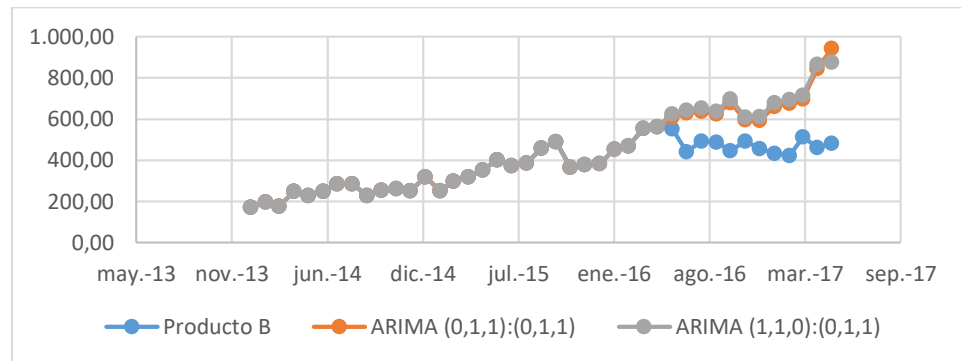
Cuadro 56. Comparación Serie de Tiempo del Producto B vs Modelo ARIMA $(0,1,1):(0,1,1)$



Elaborado por: Carlos Eduardo Bracho Ibarra

Para comparar el comportamiento del pronóstico versus la serie, se comparará la venta real de un año atrás versus el pronóstico, es decir la venta de enero 2014 a mayo 2016, versus el pronóstico de junio 2016 a mayo 2017.

Cuadro 57. Comparación Serie de Tiempo de Tiempo del Producto B vs Pronóstico del Modelo ARIMA (0,1,1):(0,1,1) de un Año atrás



Elaborado por: Carlos Eduardo Bracho Ibarra

El modelo seleccionado ARIMA (0,1,1):(0,1,1) presenta una buena relación a cómo se movió la serie en los primeros 7 u 8 meses, luego el pronóstico empieza a crecer mientras que la venta real disminuye, este comportamiento se puede dar ya que se eliminó un año de datos para poder probar este modelo, y pese a ello, para los primeros meses se obtiene un comportamiento similar a los datos reales, también se grafica el otro modelo que se tenía como alternativa ARIMA (1,1,0):(0,1,1), se evidencia un comportamiento similar pero los valores de pronóstico que se obtienen son ligeramente más alto que modelo seleccionado.

Para el Producto C, se obtuvo del software R, la suma cuadrática de los errores en base a los 4 modelos.

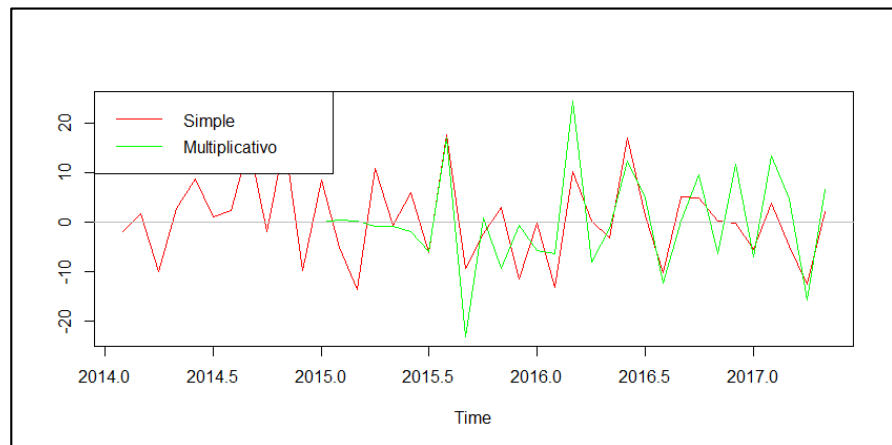
Cuadro 58. SSE Producto C

PRODUCTO C		SSE
Suavización Exponencial Simple	Modelo 1	2.779,83
Suavización Exponencial Doble	Modelo 2	3.837,54
Holt Winters Aditivo	Modelo 3	3.224,97
Holt Winters Multiplicativo	Modelo 4	2.825,33

Elaborado por: Carlos Eduardo Bracho Ibarra

Los modelos que presentan menor SSE son el de Suavización Exponencial Simple y el de Holt Winters Multiplicativo, se grafican los errores de estos dos modelos para analizar su comportamiento y escoger el que este más cercano a cero.

Cuadro 59. Errores del Producto C Modelos Suavización Exponencial Simple y Holt Winters Multiplicativo

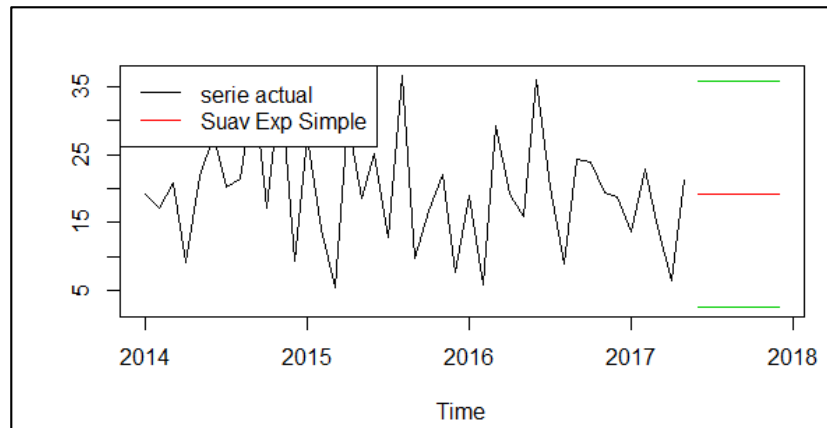


Elaborado por: Carlos Eduardo Bracho Ibarra

Analizando la gráfica de los errores, se observa que el Modelo de Suavización Exponencial Simple genera errores más cercanos a cero, por lo tanto, una buena opción de modelo de pronóstico para los Productos C es el de Suavización Exponencial Simple.

Al graficar la serie del Producto C versus el modelo recomendado de suavización exponencial simple se observa:

Cuadro 60. Comparación Serie de Tiempo del Producto C vs Modelo Suavización Exponencial Simple



Elaborado por: Carlos Eduardo Bracho Ibarra

El modelo proporciona un pronóstico constante, y el rango de valores que puede tomar la venta real es muy amplio, considera desde el valor mínimo de \$5 hasta \$35, prácticamente la venta podría tomar cualquier valor y no se recomienda utilizar este método para pronóstico.

La otra alternativa es buscar un modelo ARIMA que realice un pronóstico más ajustado a los datos de la serie. Para lo cual se procede a determinar si es necesario diferenciar la serie a través de la función ndiff.

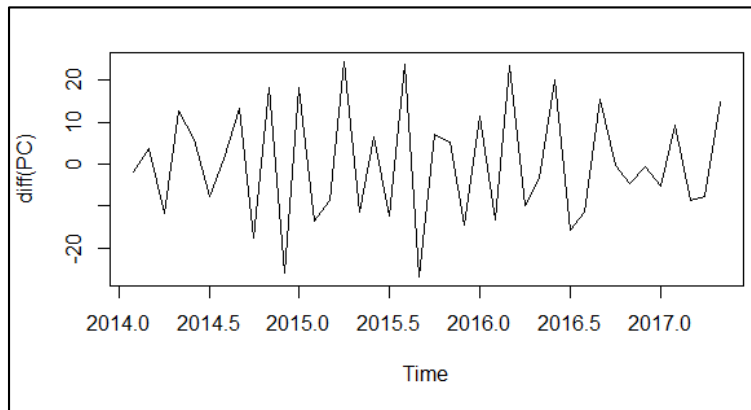
Cuadro 61. Resultados para Diferenciar la Serie del Producto C

```
> ndiffs(PC) #Método KPSS
[1] 0
> ndiffs(PC, test = "adf") #Método ADF
[1] 1
> ndiffs(PC, test = "pp") #Método PP
[1] 0
```

Elaborado por: Carlos Eduardo Bracho Ibarra

Según el método ADF se recomienda diferenciar la serie una vez para tener una serie sin tendencia y con una media más estable.

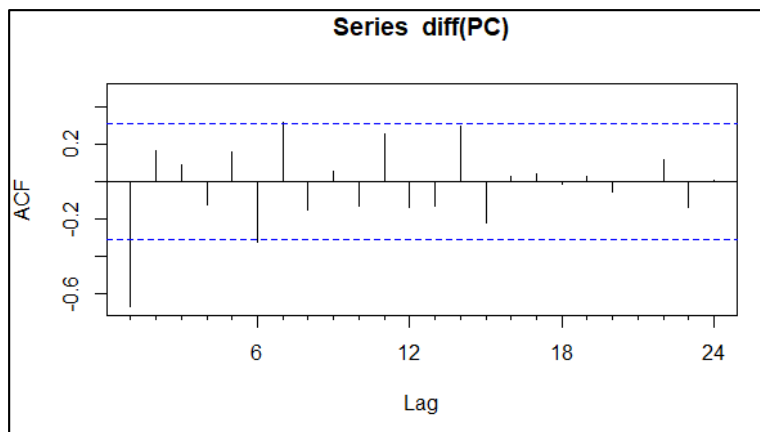
Cuadro 62. Serie Diferenciada del Producto C



Elaborado por: Carlos Eduardo Bracho Ibarra

Con la serie diferenciada, se procede a analizar el ACF y PACF para determina el orden del modelo a utilizar para el pronóstico.

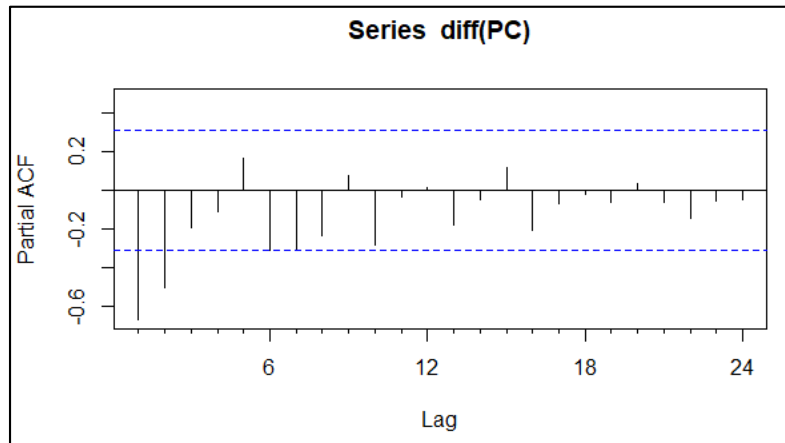
Cuadro 63. ACF de la Serie Diferenciada del Producto C



Elaborado por: Carlos Eduardo Bracho Ibarra

En el gráfico se observa que el primer valor de autocorrelación es distinto de cero y el resto se encuentra dentro del margen cercano a cero, este comportamiento sugiere que le modelo adecuado es el de MA(1).

Cuadro 64. PACF de la Serie Diferenciada del Producto C



Elaborado por: Carlos Eduardo Bracho Ibarra

En el gráfico del PACF se puede evidenciar decaimiento exponencial por lo que se confirma que el modelo adecuado para realizar el pronóstico es MA(1) diferenciado 1 vez, sin embargo también se puede probar con un modelo AR(2) dado que hay dos autocorrelaciones distintos de cero.

Cuadro 65. Modelo ARIMA (0,1,1) para Producto C

```
> modelo1PC=Arima(PC,c(0,1,1))
> modelo1PC
Series: PC
ARIMA(0,1,1)

Coefficients:
      ma1
      -1.0000
s.e.    0.0919

sigma^2 estimated as 71.14: log likelihood=-143.4
AIC=290.8  AICC=291.12  BIC=294.18
```

Elaborado por: Carlos Eduardo Bracho Ibarra

Cuadro 66. Modelo ARIMA (2,1,0) para Producto C

```
> modelo2PC=Arima(PC,c(2,1,0))
> modelo2PC
Series: PC
ARIMA(2,1,0)

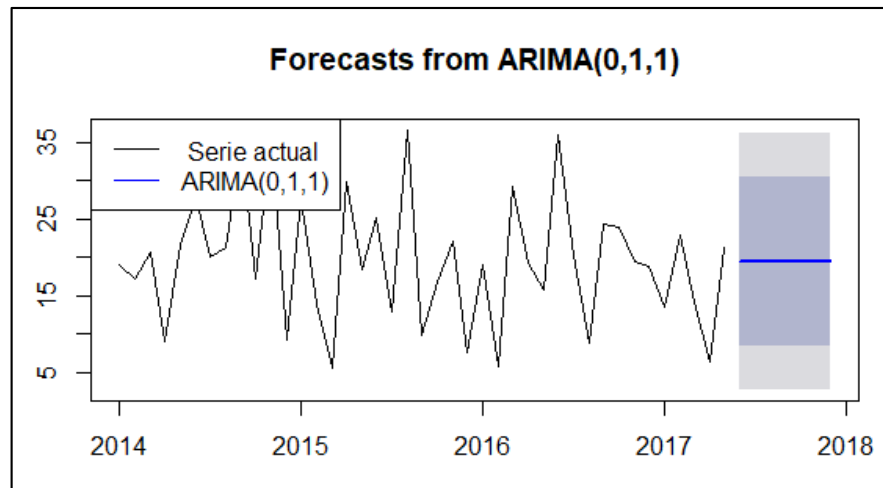
Coefficients:
      ar1      ar2
      -1.0217  -0.5104
s.e.    0.1334   0.1313

sigma^2 estimated as 76.69: log likelihood=-143.13
AIC=292.27  AICC=292.93  BIC=297.33
```

Elaborado por: Carlos Eduardo Bracho Ibarra

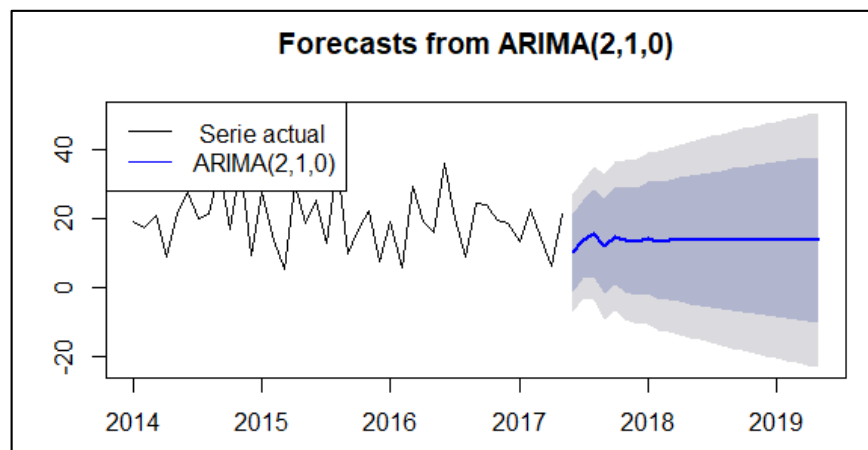
Según los criterios de información, se debe seleccionar el modelo ARIMA (0,1,1) dado que tiene los AIC, AICc y BIC más bajos, sin embargo entre los 2 modelos no hay diferencias significativas para estos parámetros. Se grafican la serie versus los dos modelos para analizar el comportamiento de los datos.

Cuadro 67. Comparación Serie de Tiempo del Producto C vs Modelo ARIMA (0,1,1)



Elaborado por: Carlos Eduardo Bracho Ibarra

Cuadro 68. Comparación Serie de Tiempo del Producto C vs Modelo ARIMA (2,1,0)



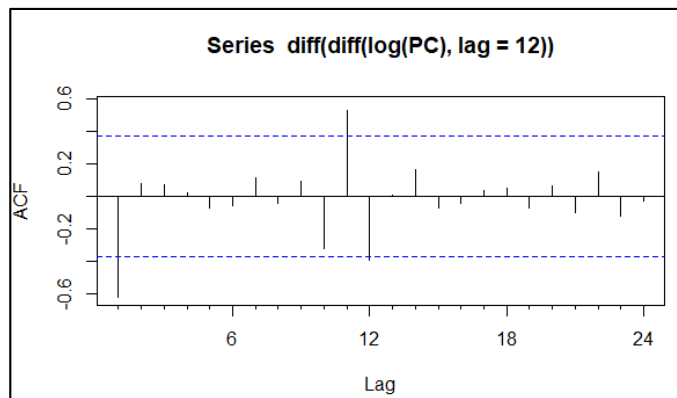
Elaborado por: Carlos Eduardo Bracho Ibarra

Gráficamente se observa que el modelo ARIMA (2,1,0) en los primeros meses tiene un comportamiento algo similar a la serie, sin embargo luego se mantiene constante. Se analizará un modelo SARIMA que se ajuste mejor a los datos.

Se trabajará con una transformación logarítmica para hacer que la serie sea más estable y con una tendencia algo lineal.

Con la función ndiff se había determinado que la serie debe ser diferenciada una vez en la parte ordinaria y se diferenciará la parte estacionaria para eliminar el patrón del comportamiento mensual de los datos. Se analiza el ACF y PACF de la serie transformada logarítmicamente y diferenciada tanto en la parte ordinaria como estacional.

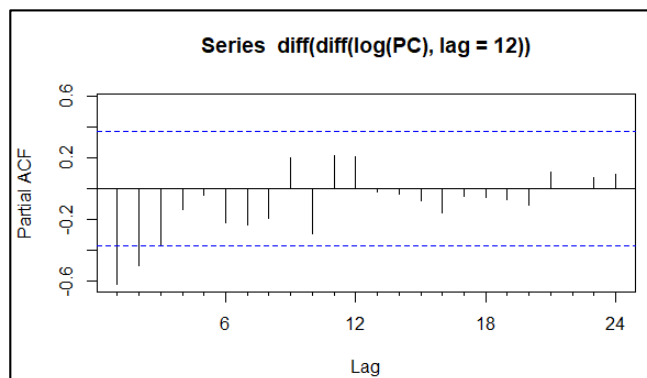
Cuadro 69. ACF Serie Transformada y Diferenciada 2 Veces Producto C



Elaborado por: Carlos Eduardo Bracho Ibarra

En el ACF se observa que en el primer año un autocorrelación es distinta de cero lo que sugiere un modelo SMA(1)

Cuadro 70. PACF Serie Transformada y Diferenciada 2 Veces Producto C

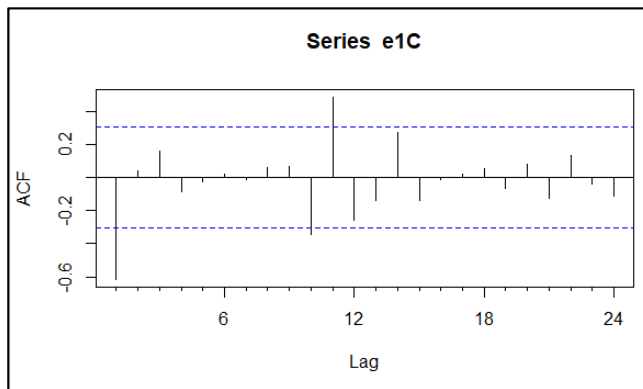


Elaborado por: Carlos Eduardo Bracho Ibarra

En el PACF las autocorrelaciones tanto el primer y segundo año son cero, y se observa decaimiento exponencial, esto confirma el comportamiento del SMA(1) determinado en el ACF.

El modelo por la parte estacional queda como un ARIMA(0,1,0):(0,1,1), se grafican los ACF y PACF de los residuos para analizar la parte ordinaria.

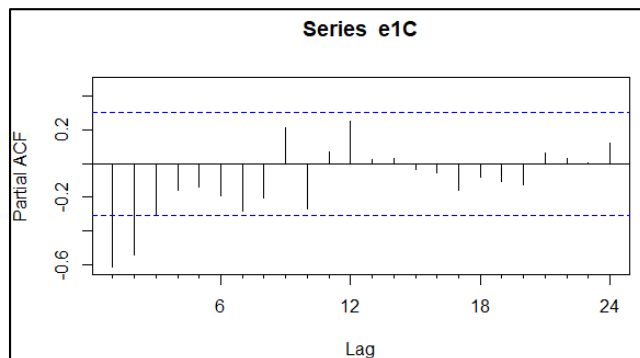
Cuadro 71. ACF del Residuo del Modelo ARIMA(0,1,0):(0,1,1) Producto C



Elaborado por: Carlos Eduardo Bracho Ibarra

En el ACF se observa que el primer año una autocorrelación es diferente de cero, para el mes 12 y 24 todas están dentro del margen de uno, en el PACF se observa decaimiento exponencial en el primer año, y cero para el resto de años, este comportamiento sugiere un modelo MA(1).

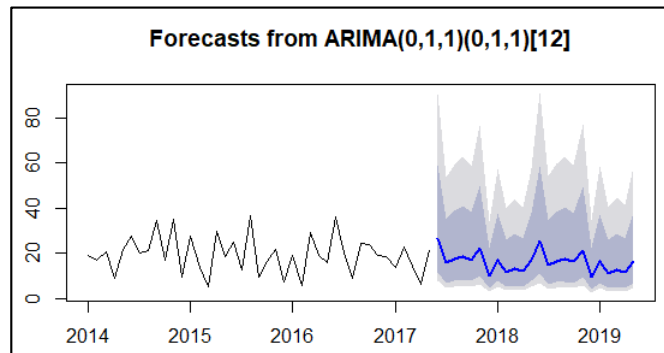
Cuadro 72. PACF del Residuo del Modelo ARIMA(0,1,0):(0,1,1) Producto C



Elaborado por: Carlos Eduardo Bracho Ibarra

El modelo que se selecciona para el Producto C es ARIMA (0,1,1):(0,1,1).

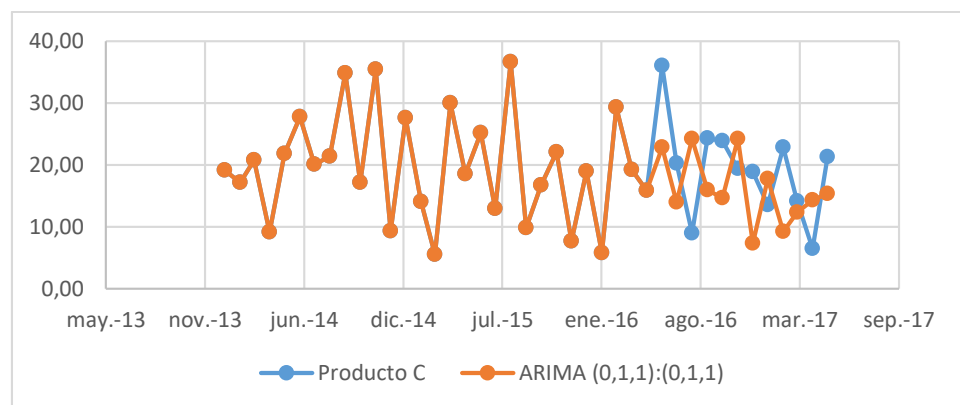
Cuadro 73. Comparación Serie de Tiempo del Producto C vs Modelo ARIMA (0,1,1):(0,1,1)



Elaborado por: Carlos Eduardo Bracho Ibarra

Al comparar el modelo seleccionado contra la venta real desde junio 2016 a mayo 2017 se obtiene:

Cuadro 74. Comparación Serie de Tiempo de Tiempo del Producto C vs Pronóstico del Modelo ARIMA (0,1,1):(0,1,1) de un Año atrás



Elaborado por: Carlos Eduardo Bracho Ibarra

El modelo seleccionado ARIMA (0,1,1):(0,1,1) presenta un buen ajuste a la variación de altos y bajos que tiene la venta real, hay un punto en la venta real que está muy por encima del pronóstico, sin embargo el resto de datos pronosticados se encuentran muy cercanos a la venta, también hay que considerar que se le quito un año de datos al pronóstico para poder ajustar y comparar.

Para los Productos D, se obtiene del software R, la siguiente suma cuadrática de errores de cada modelo.

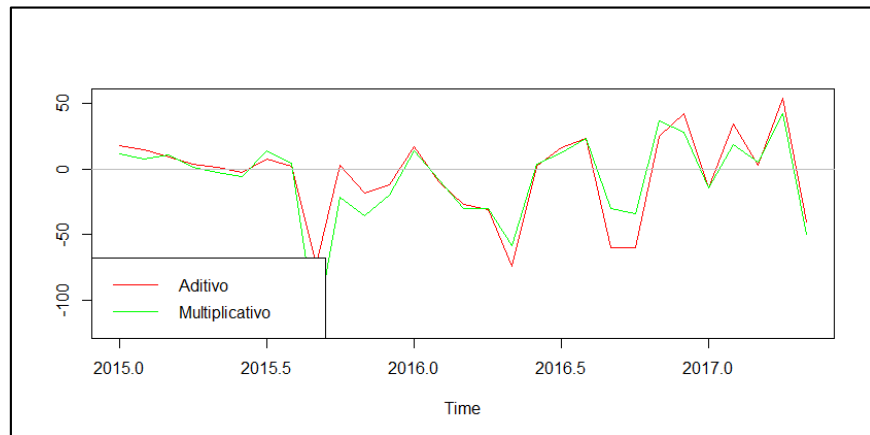
Cuadro 75. SSE Producto D

PRODUCTO D		SSE
Suavización Exponencial Simple	Modelo 1	48.097,87
Suavización Exponencial Doble	Modelo 2	47.461,89
Holt Winters Aditivo	Modelo 3	30.373,76
Holt Winters Multiplicativo	Modelo 4	32.740,64

Elaborado por: Carlos Eduardo Bracho Ibarra

El modelo que presenta menores errores es Holt Winters Aditivo, graficando sus errores se observa que tiene errores cercanos a cero.

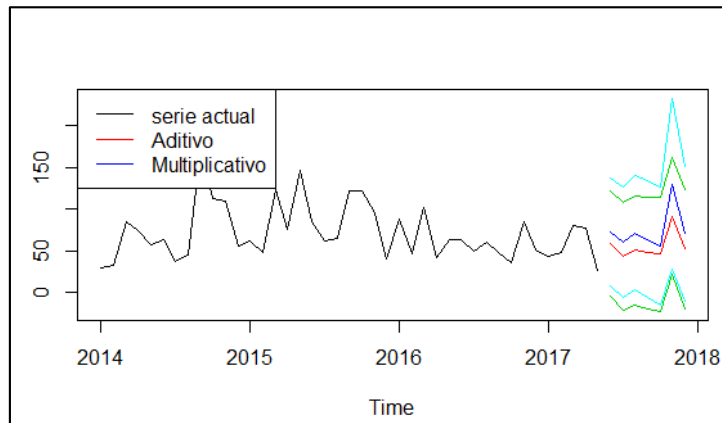
Cuadro 76. Errores del Producto D Modelos de Holt Winters Aditivo y Multiplicativo



Elaborado por: Carlos Eduardo Bracho Ibarra

Se grafican los modelos Holt Winters aditivos y multiplicativos para compararlos con el pronóstico y se obtiene:

Cuadro 77. Comparación Serie de Tiempo del Producto D vs Modelo Holt Winters Aditivo y Multiplicativo



Elaborado por: Carlos Eduardo Bracho Ibarra

Al graficar la serie versus los pronósticos, estos no se ajustan a los datos, se utiliza la función `auto.arima` de R para determinar el modelo sugerido.

Cuadro 78. Resultados de Función Auto.Arma Producto D

```
> auto.arima(PD)
Series: PD
ARIMA(1,0,0)(0,0,1)[12] with non-zero mean

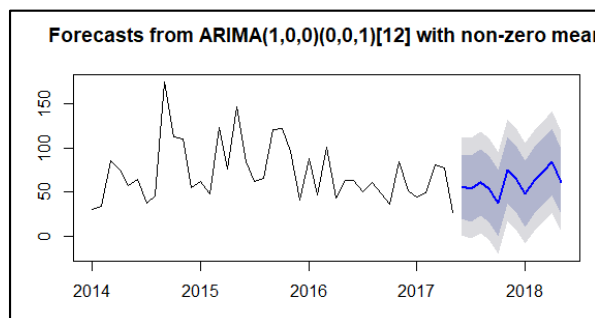
Coefficients:
      ar1      sma1      mean
      0.2567  0.6267  67.9388
s.e.    0.1526  0.3070  8.6859

sigma^2 estimated as 853.4: log likelihood=-197.9
AIC=403.79  AICC=404.91  BIC=410.65
>
```

Elaborado por: Carlos Eduardo Bracho Ibarra

El modelo sugerido por R es ARIMA (1,0,0):(0,0,1); se grafica la serie versus los datos del pronóstico.

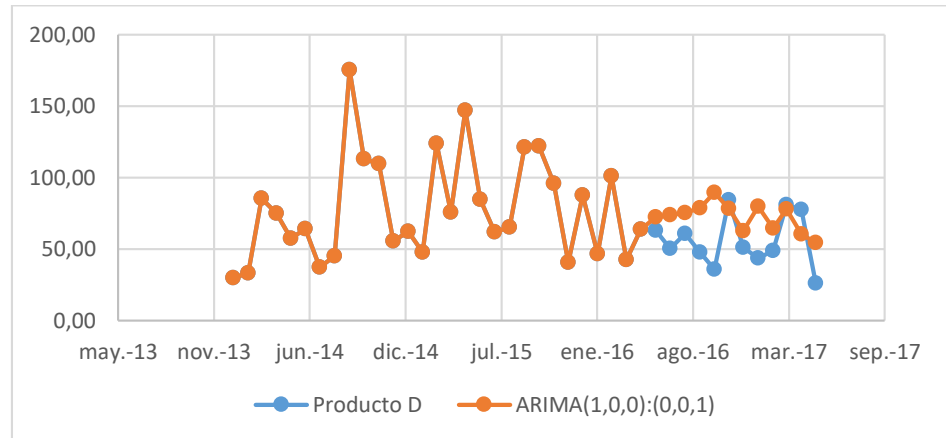
Cuadro 79. Comparación Serie de Tiempo del Producto D vs Modelo ARIMA (1,0,0):(0,0,1)



Elaborado por: Carlos Eduardo Bracho Ibarra

Para comprobar el comportamiento de este modelo versus la venta, se realiza el pronóstico de junio 2016 a mayo 2017 para compararlo con la venta real de ese periodo con el pronóstico.

Cuadro 80. Comparación Serie de Tiempo de Tiempo del Producto D vs Pronóstico del Modelo ARIMA (1,0,0):(0,0,1) de un Año atrás



Elaborado por: Carlos Eduardo Bracho Ibarra

Dado que los productos D son ventas generales, de máquinas o proyectos de etiquetado, el pronóstico se lo llevará bajo este modelo como mecanismo de control para crear una expectativa de venta, o venta objetivo del mes dado que el pronóstico esta levemente por encima de la venta real y sigue el patrón de comportamiento de la serie; esta demanda no se utilizará para calcular EOQ puesto que el tipo de producto es un servicio.

Finalmente, los modelos escogidos para el pronóstico de la demanda son:

Cuadro 81. Modelos Seleccionados

Modelo Seleccionado	
Producto A	ARIMA (2,0,0):(0,0,1)
Producto B	ARIMA (0,1,1):(0,1,1)
Producto C	ARIMA (0,1,1):(0,1,1)
Producto D	ARIMA (1,0,0):(0,0,1)

Elaborado por: Carlos Eduardo Bracho Ibarra

3.3.4. RESULTADOS DEL PRONÓSTICO

Una vez seleccionado los Modelos de Pronóstico, se procede a obtener los resultados para cada producto en el Software R. Se va a pronosticar la demanda para los meses de Junio a Diciembre 2017.

Para el Producto A con el Modelo ARIMA (2,0,0):(0,0,1) el pronóstico que se obtiene para los meses de Junio a Diciembre 2017 es:

Cuadro 82. Resultados del Pronóstico para Producto A

```
> modeloarimaPA=arima(PA,c(2,0,0),c(0,1,1))
> farimaPA=forecast(modeloarimaPA,7)
> farimaPA
```

	Point Forecast	Lo 80	Hi 80	Lo 95	Hi 95
Jun 2017	708.8266	593.7458	823.9075	532.8256	884.8276
Jul 2017	683.9099	560.7119	807.1078	495.4948	872.3249
Aug 2017	656.0434	524.3607	787.7261	454.6521	857.4347
Sep 2017	584.2618	449.4130	719.1106	378.0284	790.4952
Oct 2017	616.9693	480.1810	753.7575	407.7697	826.1688
Nov 2017	630.7492	493.0711	768.4274	420.1886	841.3099
Dec 2017	621.6553	483.5137	759.7969	410.3859	832.9246

Elaborado por: Carlos Eduardo Bracho Ibarra

Como dato adicional, el programa proporciona rangos superior e inferior en el que podría caer la venta con una probabilidad del 80% y del 95% respectivamente.

La demanda pronosticada será utilizada en el cálculo de EOQ en el plan de abastecimiento.

Cuadro 83. Demanda Pronosticada del Producto A

Mes de Pronóstico	Demanda Pronosticada
Junio 2017	\$708,83
Julio 2017	\$683,90
Agosto 2017	\$656,04
Septiembre 2017	\$584,26
Octubre 2017	\$616,93
Noviembre 2017	\$630,74
Diciembre 2017	\$621,65

Elaborado por: Carlos Eduardo Bracho Ibarra

Para el producto B se seleccionó el Modelo ARIMA (0,1,1): (0,1,1), los resultados de pronóstico son:

Cuadro 84. Resultados del Pronóstico para Producto B

```
> mod1PB=Arima(PB,c(0,1,0),c(0,1,1),lambda = 0)
> forecast(mod1PB,7)
```

	Point Forecast	Lo 80	Hi 80	Lo 95	Hi 95
Jun 2017	514.1577	412.3271	641.1370	366.8594	720.5981
Jul 2017	486.5602	356.1049	664.8064	301.8683	784.2519
Aug 2017	510.1097	348.0478	747.6327	284.2829	915.3274
Sep 2017	500.8606	322.1129	778.7994	254.9903	983.8074
Oct 2017	513.9041	313.7222	841.8193	241.5918	1093.1555
Nov 2017	487.6510	283.9978	837.3427	213.3155	1114.7969
Dec 2017	473.3058	263.9583	848.6886	193.7689	1156.1111

Elaborado por: Carlos Eduardo Bracho Ibarra

La demanda del producto B que se utilizará para el cálculo del EOQ es:

Cuadro 85. Demanda Pronosticada del Producto B

Mes de Pronóstico	Demanda Pronosticada
Junio 2017	\$514,15
Julio 2017	\$486,56
Agosto 2017	\$510,10
Septiembre 2017	\$500,86
Octubre 2017	\$513,90
Noviembre 2017	\$487,65
Diciembre 2017	\$473,30

Elaborado por: Carlos Eduardo Bracho Ibarra

Para el Producto C, el modelo seleccionado fue ARIMA (0,1,1): (0,1,1), los resultados del pronóstico son:

Cuadro 86. Resultados del Pronóstico para Producto C

```
> mod2PC=Ar1ma(PC,c(0,1,1),c(0,1,1),lambda = 0)
> forecast(mod2PC,7)
      Point Forecast      Lo 80      Hi 80      Lo 95      Hi 95
Jun 2017      26.62801  11.955694  59.30655  7.824916  90.61452
Jul 2017      15.82023   7.103114  35.23519  4.648937  53.83587
Aug 2017      17.39180   7.808735  38.73544  5.110761  59.18391
Sep 2017      18.39314   8.258323  40.96564  5.405013  62.59143
Oct 2017      17.27184   7.754871  38.46825  5.075507  58.77567
Nov 2017      22.50353  10.103844  50.12040  6.612894  76.57899
Dec 2017      10.05865   4.516227  22.40287  2.955838  34.22936
```

Elaborado por: Carlos Eduardo Bracho Ibarra

Cuadro 87. Demanda Pronosticada del Producto C

Mes de Pronóstico	Demanda Pronosticada
Junio 2017	\$26.62
Julio 2017	\$15,82
Agosto 2017	\$17,39
Septiembre 2017	\$18,39
Octubre 2017	\$17,27
Noviembre 2017	\$22,50
Diciembre 2017	\$10,05

Elaborado por: Carlos Eduardo Bracho Ibarra

Para el Producto D, el modelo seleccionado fue ARIMA (1,0,0): (0,0,1), los resultados del pronóstico son:

Cuadro 88. Resultados del Pronóstico para Producto D

```
> farimaPD=forecast(modeloarimaPD,7)
> farimaPD
```

	Point Forecast	Lo 80	Hi 80	Lo 95	Hi 95
Jun 2017	55.73454	19.4265257	92.04256	0.2062237	111.26286
Jul 2017	53.96109	16.4755567	91.44662	-3.3680839	111.29026
Aug 2017	60.74650	23.1846509	98.30835	3.3006099	118.19239
Sep 2017	53.91876	16.3518859	91.48563	-3.5348136	111.37232
Oct 2017	36.95563	-0.6115226	74.52279	-20.4983737	94.40964
Nov 2017	74.85297	37.2864720	112.41946	17.3999703	132.30597
Dec 2017	65.57259	28.0164358	103.12874	8.1354093	123.00977

Elaborado por: Carlos Eduardo Bracho Ibarra

Los Productos D al ser ventas generales de equipos para proyectos puntuales no se calcularán EOQ pero si se dará seguimiento a la venta real que se vaya obteniendo y tratar de que mensualmente se cumpla o se sobrepase el valor pronosticado.

Cuadro 89. Demanda Pronosticada del Producto D

Mes de Pronóstico	Demanda Pronosticada
Junio 2017	\$55,73
Julio 2017	\$53,96
Agosto 2017	\$60,74
Septiembre 2017	\$53,91
Octubre 2017	\$36,95
Noviembre 2017	\$74,85
Diciembre 2017	\$65,57

Elaborado por: Carlos Eduardo Bracho Ibarra

3.4. PROCESO DE PLANIFICACIÓN DE SUMINISTROS

Una vez realizados los pronósticos de las demandas de cada producto, el Departamento Comercial carga la información de las demandas en el Módulo de Presupuestos del sistema informático de la empresa, este sistema transforma los dólares que se esperan vender de cada producto en cantidades de materias primas necesarias para el proceso productivo, este cálculo se lo realiza considerando los parámetros del tipo de materia prima,

gramaje, espesor del material, proceso productivo y tolerancia de desperdicio propio del proceso.

Para el Producto A se obtuvo la demanda en Kg de Láminas de PVC Termoencogibles a necesitar en función de la demanda pronosticada.

Cuadro 90. Demanda en Kg de Materia Prima para Producto A

Producto A	Láminas de PVC Termoencogibles	
Mes de Pronóstico	Demanda US\$	Demanda en Kg
Junio 2017	\$708,83	57.434,83
Julio 2017	\$683,90	60.767,39
Agosto 2017	\$656,04	58.548,08
Septiembre 2017	\$584,26	49.811,96
Octubre 2017	\$616,93	54.853,74
Noviembre 2017	\$630,74	55.774,73
Diciembre 2017	\$621,65	54.458,41

Fuente: Empresa en estudio

Para el Producto B, la demanda en metros cuadrados de Papel Adhesivo es:

Cuadro 91. Demanda en m² de Materia Prima para Producto B

Producto B	Papel Autoadhesivo	
Mes de Pronóstico	Demanda US\$	Demanda en M²
Junio 2017	\$514,15	228.301,46
Julio 2017	\$486,56	247.783,34
Agosto 2017	\$510,10	243.194,78
Septiembre 2017	\$500,86	240.350,76
Octubre 2017	\$513,90	262.017,96
Noviembre 2017	\$487,65	241.665,04
Diciembre 2017	\$473,30	241.391,46

Fuente: Empresa en estudio

Para el Producto C, la demanda en Kg de Compuesto de PVC necesarios para cumplir con los pedidos pronosticados fue:

Cuadro 92. Demanda en Kg de Materia Prima para Producto C

Producto C	Compuesto de PVC Pellet	
Mes de Pronóstico	Demanda US\$	Demanda en Kg
Junio 2017	\$26,62	4.104,39
Julio 2017	\$15,82	3.104,44
Agosto 2017	\$17,39	3.412,52
Septiembre 2017	\$18,39	3.608,76
Octubre 2017	\$17,27	3.631,05
Noviembre 2017	\$22,50	3.784,53
Diciembre 2017	\$10,05	2.253,90

Fuente: Empresa en estudio

Para decidir la manera de calcular el EOQ, se determina el coeficiente de variación de la demanda, si este es menor a 0.20, la demanda se considera homogénea y se puede utilizar la ecuación (2.16) presentada en el capítulo 2.

Para el cálculo del coeficiente de variación, se utilizó la fórmula (2.17); para lo cual se debe calcular la desviación estándar y la media de los datos.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(\mu - X_i)^2}{n - 1}} \quad (3.1)$$

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (3.2)$$

Donde:

σ : La desviación estándar

μ : La media de los datos

X_i : La demanda en el periodo i

n: Número de periodos

Para el Producto A se obtuvo una media de 55,949.88 Kg.

$$\mu = \frac{57,434.83 + 60,767.39 + 58,548.08 + 49,811.96 + 54,853.74 + 55,774.73 + 54,458.41}{7}$$

$$\mu = 55,949.88$$

La desviación estándar de la demanda del Producto A fue de 3,495.11

Cuadro 93. Desviación Estándar de la Demanda del Producto A

Xi	μ	(μ-Xi)2
57.434,83	55.949,88	2.205.078,77
60.767,39	55.949,88	23.208.420,68
58.548,08	55.949,88	6.750.667,27
49.811,96	55.949,88	37.673.981,15
54.853,74	55.949,88	1.201.516,80
55.774,73	55.949,88	30.676,09
54.458,41	55.949,88	2.224.484,89
	$\sum(\mu - Xi)^2$	73.294.825,65
	$\frac{\sum(\mu - Xi)^2}{n-1}$	12.215.804,28
	$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(\mu - Xi)^2}{n-1}}$	3.495,11
	$CV = \frac{\sigma}{\mu}$	0,062

Elaborado por: Carlos Eduardo Bracho Ibarra

Con las ecuaciones (3.1) y (3.2) se calculó la media y la desviación estándar de la demanda de cada producto para determinar el coeficiente de variación de cada uno.

Cuadro 94. Coeficiente de Variación de la Demanda

	Producto A	Producto B	Producto C
Varianza	12.215.804,28	101.679.213,26	356.773,91
Desv. Estandar	3.495,11	10.083,61	597,31
CV	0,062	0,041	0,175

Elaborado por: Carlos Eduardo Bracho Ibarra

Para los 3 Productos, el Coeficiente de Variación de la demanda es menor a 0.20, por lo tanto se puede aplicar la ecuación **(2.16)** para el cálculo del EOQ de cada producto.

Para el cálculo de EOQ se necesita determinar el Costo de Pedido y el Costo de Almacenamiento, ambos costos fueron proporcionados por el Departamento de Logística de la empresa en estudio.

El Costo de Pedido es de US\$ 21.26 y considera la mano de obra del departamento de compras, recursos como papelería, suministros y alquiler de vehículo asignado a este departamento. El Departamento de Compra procesa en promedio 1,750 pedidos al año.

Cuadro 95. Costo de Pedido

Costo Departamento de Compras	Costo/mes	Costo Anual
Mano de Obra	\$2.800,00	\$33.600,00
Papelería y Suministros	\$150,00	\$1.800,00
Alquiler Vehículo / Movilización	\$150,00	\$1.800,00
TOTAL	\$3.100,00	\$37.200,00
Número de Ordenes Procesadas/año	1750	
Costo Pedido	\$21,26	

Fuente: Empresa en estudio

Para el costo de almacenamiento, la empresa considera todos los rubros detallados en el Cuadro 75, El costo pallet posición es de US\$ 21.95. La empresa cuenta con una capacidad de 797 posiciones

Cuadro 96. Costo Pallet Posición

Descripción	Valor total	Unidad	Cantidad	Valor Asignado
Alquiler	\$ 23.156	M ²	32%	\$ 7.517
Recurso Humano de Bodegas	\$ 6.128	Personas	6	\$ 6.128
Seguridad	\$ 3.500	M ²	32%	\$ 1.136
Electricidad	\$ 17.122	KWH	7%	\$ 1.136
Insumos de Bodegas	\$ 548	Mensual	1	\$ 548
Mantenimientos	\$ 448	Mensual	1	\$ 448
Depreciación	\$ 406	Mensual	1	\$ 406
Agua	\$ 1.404	Personas	5%	\$ 65
Seguros	\$ 48	Mensual	1	\$ 48
Internet	\$ 450	Equipos	8%	\$ 38
Teléfono	\$ 296	Líneas	10%	\$ 30
				\$17.497,51

Costo de Almacenamiento	\$17.497,51
Posiciones Actuales	797
COSTO PALLET POSICION	\$21,95

Fuente: Empresa en estudio

El costo pallet posición es calculado en base a:

- Alquiler: El alquiler mensual del galpón donde opera la empresa es de US\$ 23,156; el área de bodegas representa en metros cuadrados el 32% del área total de la compañía, por lo tanto el costo de alquiler asignado a bodega es de US\$ 7,517.
- Recurso Humano: Este rubro es el valor de la nómina del personal que labora en bodegas.
- Seguridad: El valor mensual por servicios de seguridad de toda la compañía es de US\$ 3,500; de los cuales se le carga a bodega el 32% en base a los metros cuadrados de ocupación física.
- Electricidad: El costo total de electricidad mensual de la empresa es de US\$ 17,122 en promedio, de los cuales en base al consumo de kilovatios-hora de los equipos de bodegas como central de aires acondicionados y equipos de oficina, se le asigna un consumo de energía del 7% del total mensual de la compañía.

- Insumos de Bodegas: Este rubro de gastos es el asignado para compra de gas industrial para el montacargas y suministros de oficinas.
- Mantenimientos: Rubro mensual asignado para mantenimiento de montacargas, transpaletas manuales y estanterías.
- Depreciación: Valor que asigna finanzas a los equipos con los que cuenta la bodega como montacargas, aires acondicionados, computadoras.
- Servicios Básicos: Gastos mensuales de luz, agua y teléfono de la operación de bodegas.
- Seguros: Valor del seguro contra incendios mensual asignado al área de bodegas.

Con el Costo Pallet Posición, la empresa tiene estandarizada la capacidad de carga para las Materias Primas que se almacenan en kilogramos o en metros cuadrados. En el Cuadro 76 se muestra el costo de almacenamiento según la unidad de carga.

Cuadro 97. Costo de Almacenamiento por Unidad de Carga

Costo Pallet Posición	\$21,95
Capacidad Kg	1.500,00
Capacidad M ²	3.000,00
Costo Kg	\$0,0146
Costo M²	\$0,0073

Fuente: Empresa en estudio

Luego de obtener los datos de la demanda, costo de almacenamiento y costo de pedido, se calcula el EOQ para cada Producto según la ecuación (2.16)

El cálculo del EOQ para el Producto A fue de:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2(55,949.88)(21.26)}{0.0146}}$$

$$EOQ = 12,749.57$$

Con la misma fórmula se calculó el EOQ para los productos B y C.

Cuadro 98. Cálculo del EOQ

	Unidades	Demanda Promedio	Costo Pedido	Costo Inventario	EOQ	# Pedidos
Producto A	Kg	55.949,88	\$21,26	\$0,0146	12.749,57	4,4
Producto B	m ²	243.529,26	\$21,26	\$0,0073	37.617,19	6,5
Producto C	Kg	3.414,23	\$21,26	\$0,0146	3.149,50	1,1

Elaborado por: Carlos Eduardo Bracho Ibarra

La empresa manejaba un sistema de revisión periódica con inventarios de seguridad definidos, el EOQ determina la cantidad óptima a pedir cuando el inventario sea menor o igual al stock de seguridad. La revisión de estos inventarios se realizó dentro de la Semana 2 del Ciclo S&OP como parte del Plan de Suministros.

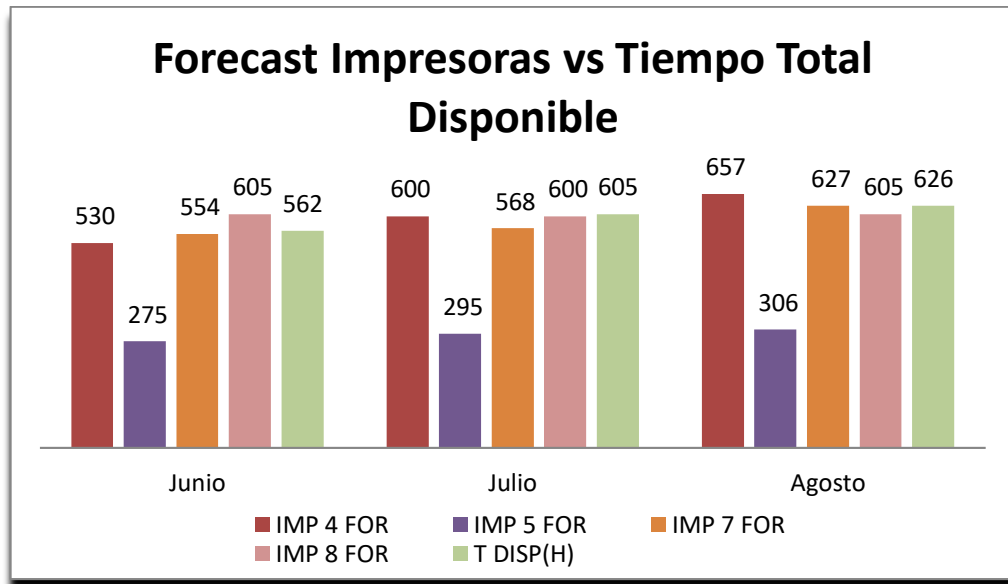
3.5. CAPACIDAD DISPONIBLE DE PRODUCCIÓN EN HORAS

Con la actualización de presupuesto de ventas, el departamento de producción determinó la capacidad en horas disponibles para satisfacer la demanda presupuestada. Este cálculo se realizó en base al módulo de planificación de la producción del sistema de la empresa en estudio, en este sistema se ingresaron los parámetros de velocidad de impresión y eficiencia del equipo. Se tomó como referencia para el análisis el proceso de impresión ya que este proceso es el más crítico en cuanto a ocupación

y todos los productos que la empresa comercializa pasan por las impresoras; la empresa cuenta con 4 impresoras flexográficas.

Los resultados de la planificación para los meses de junio, julio y agosto 2017 en base a lo presupuestado se detalla en el Cuadro 78.

Cuadro 99. Horas Disponibles de Producción



Fuente: Departamento de Planificación de la Producción

Las horas disponibles por mes las determinó el departamento de planificación considerando los turnos actuales disponibles operando las 24 horas del día con una eficiencia del 80%. Para el mes de Junio se consideró trabajar 23 días en el mes, mientras que en Julio 25 días y en Agosto 26 días. Por otro lado, el sistema determinó las horas que se requieren para producir la demanda cargada al sistema por cada impresora.

En el gráfico de horas disponibles de producción se observó que la impresora 5 tiene una ocupación muy baja respecto a las demás. Las otras impresoras 4, 7 y 8 están siempre al límite de las horas disponibles, incluso para el mes de junio la impresora 8 no abastecerá la demanda asignada.

El alcance de este proyecto no es mejorar el sistema actual de planificación de la producción, sin embargo con la implementación de S&OP se logra

visualizar un horizonte trimestral de la ocupación de las impresoras. En la reunión ejecutiva se planteó levantar un proyecto para optimizar la asignación de órdenes de fabricación a las impresoras y balancear la ocupación de las mismas.

3.6. RENTABILIDAD PROYECTADA SEGÚN PRESUPUESTO

Con la demanda presupuestada para los meses de Junio a Diciembre, el departamento financiero realizó la proyección de la rentabilidad esperada para estos meses en base al nivel de venta que se presupuestó. Por temas de confidencialidad, la empresa no proporcionó la información de la rentabilidad, el alcance de este proyecto no incluye el análisis de rentabilidad, sin embargo dentro del proceso de implementación S&OP se revisará mensualmente la rentabilidad y el objetivo principal será realizar planes para inversión de equipos, dar de baja a productos obsoletos en bodega, pago de liquidaciones por despidos, en los meses que el nivel de venta genera una rentabilidad superior al objetivo de la organización y que permita soportar estos gastos adicionales que se pudieran generar.

3.7. REUNIONES S&OP

3.7.1. REUNIÓN PRE-S&OP

La reunión Pre-S&OP se llevó a cabo en la Semana 3 según el Ciclo S&OP definido en el Cuadro 15 y participó solo el equipo S&OP; el objetivo principal de esta reunión fue:

- Actualización del Plan de Demanda en caso de ingresar nuevos pedidos que no fueron considerados o quitar pedidos que fueron cancelados.

- Revisión del Plan de Suministro para asegurar el abastecimiento de materias primas para el periodo $n+1$.
- Reprogramar pedidos en caso de falta de materias primas.
- Preparar información a presentar en la Reunión Ejecutiva.

3.7.2. REUNIÓN EJECUTIVA S&OP

La reunión Ejecutiva S&OP se realizó en la Semana 4 y se llevó a cabo con las Gerencias General, Comercial, Financiera, Producción más el equipo S&OP. En esta reunión se revisó:

- Indicadores
- Explicación del Plan de Demanda, comportamiento de los datos y pronóstico.
- Explicación de Proyectos o Productos nuevos,
- Explicación de Pérdida de Ventas en caso de presentarse
- Explicación del Proceso de Abastecimiento de Materias Primas para los siguientes meses.
- Revisión de la rentabilidad esperada para los siguientes meses.
- Levantamiento de planes de acciones a posibles contingencias que se pudieran detectar [13].

3.8. INDICADORES

Para controlar la efectividad del Proceso S&OP, se determinaron los siguientes indicadores:

MAPE: Error Porcentual Absoluto Medio del Pronóstico. Este indicador mide el error absoluto porcentual que existe entre la Venta Real vs la Venta Pronosticada. El cálculo del indicador se lo realiza de la siguiente manera:

$$MAPE = \frac{100\%}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|Venta Real i - Venta Pronóstico i|}{(Venta Real i)} \quad (3.3)$$

Con este indicador la empresa podrá conocer y controlar el error del pronóstico y poder levantar planes de acción en caso de necesitarlos (Hyndman & Koehler, 2006) [15].

OTIF: Este indicador On Time in Full se lo obtiene directamente del módulo de pedido comerciales del sistema informático y calcula los pedidos que son atendidos a tiempo y completos en el mes comparando la fecha de entrega prevista versus la fecha de entrega real. Le asigna el valor de 1 si cumple y cero si no. Luego se obtiene el porcentaje de pedidos OTIF del total de pedidos procesados del mes.

Rotación de Inventario de Materia Prima: La empresa lleva este indicador de Rotación de Inventario dividiendo el Inventario Final del mes entre el Costo de Venta de Materias Primas promedio del año.

Capital de Trabajo en Dólares de Inventario de Materia Prima: Este indicador monitorea la cantidad de dólares que se tiene al final del mes en Materias Primas.

En el Cuadro 100 se presenta el resumen de los indicadores y los resultados antes de la implementación.

Cuadro 100. Indicadores Abril y Mayo 2017

	abr-17	may-17	Objetivo
MAPE	No Aplica	No Aplica	10%
OTIF	59%	65%	90%
Rotación de Inventario MP	3,85	3,97	4
Capital de Trabajo MP	\$ 1.281,77	\$ 1.081,47	\$ 990,31

Fuente: Empresa en estudio

La empresa definió como objetivo un MAPE del 10% hasta obtener datos históricos e ir ajustando el indicador y hacerlo cercano a cero.

Al implementar S&OP y tener visión del presupuesto de ventas y la capacidad de horas requeridas para cumplir con la demanda, se espera que las entregas a tiempo y completas sean el 90% de los pedidos ingresados en el mes.

Respecto a la rotación, la política de la empresa es no tener inventario mayor a 90 días, para ello debe rotar 4 veces en el año. Esto va de la mano con la cantidad de inventario de materia prima máxima que se debe tener a fin de mes, por ello se definió mantener hasta \$990,33 de producto que cubrirá 3 meses, esto por el tiempo de entrega de los productos que está en el rango de 1 a 2 meses.

3.9. RESULTADOS LUEGO DE LA IMPLEMENTACIÓN

La implementación de S&OP se efectuó en el mes de mayo, y para el presente proyecto se evaluaron los resultados de los indicadores para los meses de junio, julio y agosto del 2017.

MAPE: Error porcentual absoluto medio del pronóstico

Para calcular el MAPE, se tomó la venta real de los Productos A, B, C y D de los meses de Junio, Julio y Agosto para compararlos con el Pronóstico. La información de Venta Real fue proporcionada por el Departamento Comercial.

El MAPE obtenido en el mes de Junio fue de 10.1%. El mayor error porcentual se obtuvo en el producto A y fue el que afectó a este indicador. La venta real estuvo por debajo de la demanda pronosticada en \$ 89,37. El departamento comercial indicó que la baja en ventas en el mes de junio

del Producto A, que son los termoencogibles, se dio por el bajo consumo del mercado de bebidas y lácteos en la región sierra, dado que el periodo de vacaciones en la sierra estaba por empezar y esto hizo que la demanda de los clientes de este sector de etiquetas se vea afectada.

Cuadro 101. MAPE Junio

Junio 2017	Demanda Pronosticada	Venta Real	 Venta Real - Pronostico 	 Venta Real - Pronostico / Venta Real
Producto A	\$708,83	\$619,46	\$89,37	14%
Producto B	\$514,15	\$536,39	\$22,24	4%
Producto C	\$26,62	\$28,82	\$2,20	8%
Producto D	\$55,73	\$64,93	\$9,20	14%
			Σ	40%
			n	4
			MAPE	10,1%

Elaborado por: Carlos Eduardo Bracho Ibarra

Para el mes de Julio se logró mejorar el indicador y llegar al 7.9%. El producto que tuvo mayor error fue el Producto D donde la venta real superó en \$ 9,72 al pronóstico. Los productos D son ventas generales y en el mes de Julio ingresó un nuevo cliente de servicio de etiquetado por lo que la venta se incrementó ese mes.

Cuadro 102. MAPE Julio

Julio 2017	Demanda Pronosticada	Venta Real	 Venta Real - Pronostico 	 Venta Real - Pronostico / Venta Real
Producto A	\$683,90	\$666,37	\$17,53	3%
Producto B	\$486,56	\$464,02	\$22,54	5%
Producto C	\$15,82	\$14,51	\$1,31	9%
Producto D	\$53,96	\$63,68	\$9,72	15%
			Σ	32%
			n	4
			MAPE	7,9%

Elaborado por: Carlos Eduardo Bracho Ibarra

En el mes de Agosto se obtuvo un Mape del 1.9% lo cual fue bastante satisfactorio para el equipo comercial alcanzar un Mape tan bajo en apenas 3 meses de la implementación de S&OP.

Cuadro 103. MAPE Agosto

Agosto 2017	Demanda Pronosticada	Venta Real	Venta Real - Pronostico	Venta Real - Pronostico / Venta Real
Producto A	\$656,04	\$664,44	\$8,40	1%
Producto B	\$510,10	\$501,55	\$8,55	2%
Producto C	\$17,39	\$16,97	\$0,42	2%
Producto D	\$60,74	\$61,96	\$1,22	2%
			Σ	7%
			n	4
			MAPE	1,9%

Elaborado por: Carlos Eduardo Bracho Ibarra

OTIF: Con la implementación de S&OP, el ciclo de reuniones y la estimación de la demanda, el Departamento de Producción pudo organizar, planear y contralar de mejor forma el plan maestro de la producción, con menos cambios y optimizando los recursos para la planificación, esto impacto directamente al tiempo de entrega y al cumplimiento de cantidades completas de entrega. Los resultados del cálculo del OTIF se presentan a continuación.

Cuadro 104. OTIF Junio, Julio y Agosto 2017

	Pedidos OTIF	Total Pedidos	OTIF
Junio	1094	1408	77,7%
Julio	1063	1369	77,6%
Agosto	1100	1368	80,4%

Fuente: Empresa en estudio

Rotación de Inventario de Materia Prima y Capital de Trabajo en Dólares de Inventario de Materia Prima: Con la implementación de S&OP y al tener una buena estimación de la demanda, se pudo controlar las compras de Materia Prima para empezar a reducir los niveles de inventarios

y realizar pedidos mediante EOQ calculados para balancear los pedidos de compras a la demanda estimada para los siguientes meses. Los resultados de la rotación y capital de trabajo fueron proporcionados por el Departamento Financiero.

Cuadro 105. Rotación de Inventarios y Capital de Trabajo en Dólares en Materia Prima

	ene-17	feb-17	mar-17	abr-17	may-17	jun-17	jul-17	ago-17
Inventario Materia Prima e Insumos	\$ 1.079,18	\$ 1.106,80	\$ 1.147,43	\$ 1.281,77	\$ 1.081,47	\$ 1.015,14	\$ 1.022,57	\$ 958,56
Costo Venta Materia Prima e Insumos	\$ 4.813,15	\$ 4.825,65	\$ 4.509,41	\$ 4.934,81	\$ 4.293,44	\$ 4.180,87	\$ 4.192,53	\$ 4.145,13
Indicador Rotación Inventarios	4,46	4,36	3,93	3,85	3,97	4,12	4,10	4,32

Fuente: Empresa en estudio

El resumen de los resultados obtenidos de cada indicador es:

Cuadro 106. Resultado de Indicadores

	abr-17	may-17	jun-17	jul-17	ago-17	Objetivo
MAPE	No Aplica	No Aplica	10,1%	7,9%	1,9%	10%
OTIF	59%	65%	77,7%	77,6%	80,4%	90%
Rotación de Inventario MP	3,85	3,97	4,12	4,1	4,32	4
Capital de Trabajo MP	\$1.281,77	\$1.081,47	\$1.015,14	\$1.022,57	\$958,56	\$ 990,31

Elaborado por: Carlos Eduardo Bracho Ibarra

Los resultados obtenidos en los tres primeros meses luego de la implementación de S&OP son bastantes alentadores y muy bien aceptados por la Gerencia General. El MAPE ha permitido monitorear que tan asertivo es el pronóstico de ventas y el compromiso del Departamento Comercial por controlarlo, monitorearlo y tenerlo siempre menor al 10%. Para el OTIF, S&OP ha permitido mejorar el nivel de servicio, pese a que aún no se llega al objetivo del 90% desde el mes de abril hasta agosto, se ha mejorado alrededor del 20% entregando más pedidos a tiempos y completos.

La Rotación de Inventario y Capital de trabajo han alcanzado los niveles deseados para el mes de agosto, cumpliendo con el indicador; S&OP ha permitido la interacción de los procesos de una forma sistematizada y en constante comunicación lo que ha generado planificar y controlar las compras de materias primas y alcanzar los niveles de inventarios esperados.

CAPÍTULO 4

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

Luego de haber transcurridos 3 meses desde la implementación del proceso S&OP se llegó a las siguientes conclusiones:

- La implementación de S&OP permitió a la organización mantener la permanente comunicación entre todas las áreas de la organización, alineados a la estrategia de la alta dirección y con una visión a mediano plazo de los escenarios posibles con los niveles de ventas presupuestados.
- El haber levantado el procedimiento S&OP, con políticas y cronograma mensual de actividades claras, generó disciplina, control y cumplimiento de roles de todas las áreas involucradas, para que la implementación sea estable y continua a lo largo del tiempo.
- Los modelos de pronósticos planteados para los productos que comercializa la empresa tienen un Error Porcentual Absoluto Medio menor al 10%, lo que ha permitido controlar los inventarios de materias primas y mejorar la rotación del inventario.
- Al explorar los modelos arimas y arimas estacionarios, se obtuvieron pronósticos más ajustados a las ventas históricas que los modelos de suavización exponencial y Holt Winters, esto permitió elaborar un mejor plan de suministro al calcular el EOQ no con demandas constantes o máximas.

- Con la estimación de la demanda, se logró planificar el abastecimiento con Lote Económico de Pedido lo cual contribuyó a la reducción del inventario de materia prima; antes de S&OP el inventario final al mes de abril fue de \$1,281.77 y al mes de agosto se logró reducir en un 33% llegando a un nivel de \$ 958.56.
- Los indicadores permitieron evaluar y cuantificar el antes y después de la implementación S&OP evidenciando una considerable mejora de los mismos. Con los indicadores se podrá controlar la efectividad del pronóstico de ventas, entregas a tiempo y completas, rotación de inventario y capital de trabajo invertido en materias primas para la toma de decisiones, buscando siempre llegar al objetivo planteado por la alta dirección.
- El nivel de servicio de la empresa con entregas completas y a tiempo luego de la implementación de S&OP ha aumentado alrededor del 20% lo que ha generado una ventaja competitiva para la compañía y tener mayor aceptación con sus clientes.

4.1. RECOMENDACIONES

Para mantener el proceso S&OP como herramienta clave para la administración del negocio se recomienda:

- Controlar y mantener el cumplimiento del Ciclo Mensual S&OP para que el proceso sea continuo en el tiempo y se lo utilice como una herramienta administrativa que permita crear escenarios en el mediano plazo para la toma de decisiones basados en el pronóstico de ventas.
- Mantener el liderazgo y compromiso del Equipo S&OP para llevar a cabo todas las actividades y reuniones establecidas.
- Revisar frecuentemente las políticas para actualizar el pronóstico de ventas, revisar al menos luego de 3 meses el comportamiento de los datos para confirmar si el modelo seleccionado sigue siendo la mejor opción de pronóstico.
- Levantar un plan de acción para el hallazgo encontrado en el análisis de capacidad de horas disponibles en las impresoras, se evidenció un desbalance en la asignación de horas de producción.
- Llevar el control mensual de los indicadores y levantar planes de acciones cuando estos estén por debajo del objetivo planteado por la alta dirección.

BIBLIOGRAFÍA

- [1]. Grimson, A., & Pyke, D. F. (2007). The International Journal of Logistics Management. *The International Journal of Logistics Management*.
- [2]. Rojas, X., & Hazin, L. (2014). Estructura de Gestión basada en el proceso S & OP : Estudio de caso en una industria cosmética Brasileña. *Enfoque UTE*, 5(1), 1–15.
- [3]. Padilla Nathalia, P. I. (n.d.). *Tesis Nathalia Padilla*. ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL.
- [4]. Chopra, S., & Meindl, P. (2007). *Supply Chain Management: Strategy, planning and operation*. (J. Shelstad, Ed.). New Jersey.
- [5]. Chopra, S., & Peter, M. (2008). Administración de la cadena de suministro, 552.
- [6]. Vidal, G. H. (2014). Análisis de Modelos de Planificación Colaborativa en la Cadena de Suministros : Una Revisión de la Literatura, (2005).
- [7]. Sekine, K. (1993). *Diseño de Células de Fabricación, Productivity*.
- [8]. Torres, V. (2014). *Administracion de Ventas. Igarss 2014*.
<https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>
- [9]. A. Bovas and J. Ledolter. (n.d.). *Statistical Methods for Forecasting*. (Wiley-Interscience, Ed.) (1983rd–2005th ed.). New Jersey.

- [10]. Waters, D. (2003). Logistics, 51–63. <https://doi.org/Waters, C.D.J>
(C.Donald J.), 1949
- [11]. Juan, a. a., & García Martín, R. (2006). Gestión de Stoks: Modelos Deterministas. *Desarrollo Económico*, 5(17/19), 17. Retrieved from www.uoc.edu
- [12]. Flores, C. E. B., & Parra, G. B. C. (2012). Modelos determinísticos de inventarios para demanda independiente Un estudio en Venezuela. *Contaduría Y Administración: Revista Internacional*, 57(3), 239–258. Retrieved from <http://www.revistas.unam.mx/index.php/rca/article/view/32169>
- [13]. Wallace, T. F., & Stahl, R. A. (2008). *SALES & OPERATION PLANNING. The How-To Handbook* (Third Edit).
- [14]. Evans, M. (2003). *Practical Business Forecasting*.
- [15]. Hyndman, R. J., & Koehler, A. B. (2006). Another look at measures of forecast accuracy. *International Journal of Forecasting*, 22(4), 679–688. <https://doi.org/10.1016/j.ijforecast.2006.03.001>
- [16]. Mora García, L. A. (2007). Indicadores de la gestión logística: KPI “Los indicadores claves del desempeño logístico.”
- [17]. Hyndman, Rob J. Razbash, S. (n.d.). Number of differences required for a stationary series.