

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA



MEJORA AL PROCESO DE PLANEACIÓN PARA INCREMENTAR EL NIVEL DE  
SERVICIO DE UNA EMPRESA DE REPUESTOS AUTOMOTRICES: CASO DE  
ESTUDIO.

TRABAJO TERMINAL DE GRADO

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN INGENIERÍA DE LA CADENA DE SUMINISTRO

PRESENTA:

Ing. RUBÉN VÁZQUEZ CARBAJAL

DIRECTORA: DRA. EN I.I. LOURDES LOZA HERNÁNDEZ

CO-DIRECTOR: M. EN I. SERGIO VÁZQUEZ ARANDA

TUTOR ADJUNTO: DR. EN I.I. JAVIER GARCÍA GUTIÉRREZ

TOLUCA, ESTADO DE MÉXICO, DICIEMBRE 2020

## CONTENIDO

GLOSARIO.....	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x
INTRODUCCIÓN.....	1
Definición del problema.....	3
Pregunta de trabajo.....	4
Objetivo general.....	4
Objetivos particulares.....	4
Hipótesis.....	5
Justificación y alcances.....	5
CAPITULO 1. ANTECEDENTES.....	7
1.1. Descripción del problema.....	7
1.2. Proceso de liberación de órdenes de producción.....	9
CAPITULO 2. MARCO TEORICO.....	13
2.1. Clasificación ABC para diseñar modelos de decisión.....	13
2.2. Determinación de la Demanda.....	15
2.3. Pronósticos.....	16
2.3.1. Tipos de Pronóstico.....	16
2.3.2. Características de los pronósticos.....	17
2.3.3. Métodos de pronóstico.....	18
2.3.4. Medidas de precisión de pronósticos.....	22
2.3.5. Transformaciones y ajustes.....	24
2.4. Metodología MRP.....	27
CAPITULO 3. METODOLOGÍA.....	29
3.1. Revisión de la literatura.....	30
3.2. Factores críticos del proceso de producción.....	32
3.3. Clasificación ABC.....	33

3.3.1. Clasificación ABC de productos finales.....	33
3.3.2. Clasificación ABC de componentes .....	35
3.4. Pronóstico de la demanda.....	39
3.4.1. Análisis estadístico de datos.....	39
3.4.2. Determinación del pronóstico de la demanda .....	41
<b>CAPITULO 4. PLAN DE PRODUCCIÓN - MRP.....</b>	<b>45</b>
4.1. Lista de materiales (BOM) .....	45
4.2. Plan Maestro de Producción (MPS).....	46
4.3. Registro de inventario inicial .....	47
4.4. Desarrollo del MRP .....	48
<b>CAPITULO 5. COMPARACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL CON EL PLAN DE PRODUCCIÓN PROPUESTO .....</b>	<b>51</b>
5.1. Nivel de servicio al cliente actual para clientes nacionales.....	51
5.2. Nivel de servicio al cliente con el plan de producción propuesto .....	53
5.3. Comparación de los resultados del plan de producción propuesto con el nivel de servicio actual .....	55
5.4. ¿Es significativa la mejora ofrecida por el plan de producción? .....	57
5.5. Nuevo proceso de planeación de las ordenes de producción.....	61
5.6. Análisis de medición del error en el pronósticos de demanda .....	62
<b>CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS .....</b>	<b>63</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>67</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>69</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Proceso actual de planeación de las órdenes de producción.....	10
Figura 2. Representación gráfica del análisis ABC.....	14
Figura 3. Metodología para la elaboración del Trabajo Terminal de Grado.....	29
Figura 4. Comportamiento de la demanda para C-001. ....	40
Figura 5. Comportamiento de la demanda para B-033. ....	41
Figura 6. Comportamiento de la demanda para R-001. ....	41
Figura 7. Pronóstico de demanda utilizando promedio móvil. ....	43
Figura 8. Pronóstico de demanda con transformación Box-Cox y promedio móvil.....	43
Figura 9. Nuevo proceso de planeación de ordenes de producción. ....	61

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación ABC de productos finales de julio 2018 a junio 2019. ....	34
Tabla 2. Clasificación ABC de componentes para productos finales. ....	37
Tabla 3. Subdivisión por 1 <sup>er</sup> criterio para la selección de números de parte a analizar. ...	38
Tabla 4. Subdivisión por 2 <sup>o</sup> criterio para la selección de números de parte a analizar. ...	38
Tabla 5. Subdivisión por 3 <sup>er</sup> criterio para la selección de números de parte a analizar. ...	38
Tabla 6. Medidas de tendencia central. ....	39
Tabla 7. Método de transformación por producto. ....	42
Tabla 8. Valor MAPE de las diferentes técnicas de Series de Tiempo. ....	44
Tabla 9. Pronóstico de demanda en piezas por mes para los siguientes doce meses. ....	44
Tabla 10. Lista de materiales. ....	46
Tabla 11. Requerimientos brutos por producto en cantidad de piezas por mes. ....	47
Tabla 12. Inventario inicial para producto terminado y componentes. ....	48
Tabla 13. MRP para el producto B-001. ....	49
Tabla 14. Ventas de julio 2019 a abril 2020. ....	52
Tabla 15. Entregas a tiempo de julio 2019 a abril 2020. ....	52
Tabla 16. Entregas de julio 2019 a abril 2020 con el plan de producción propuesto. ....	54
Tabla 17. Nivel de servicio al cliente 2018. ....	58
Tabla 18. Medición del error en pronósticos de demanda. ....	62

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Clasificación ABC de productos finales. ....	34
Gráfica 2. Clasificación ABC de componentes por piezas. ....	35
Gráfica 3. Clasificación ABC de componentes por monto de venta. ....	36
Gráfica 4. Actual Nivel de servicio al cliente de julio 2019 a abril 2020. ....	53
Gráfica 5. Nivel de Servicio con el plan de producción propuesto. ....	54
Gráfica 6. Concentrado de entregas a tiempo .....	55
Gráfica 7. Concentrado de valor neto entregado. ....	56
Gráfica 8. % de Nivel de Servicio al cliente. ....	56
Gráfica 9. % de Nivel de Servicio al cliente enero 2018. ....	58
Gráfica 10. % de Nivel de Servicio al cliente febrero 2018. ....	58
Gráfica 11. % de Nivel de Servicio al cliente marzo 2018. ....	59
Gráfica 12. % de Nivel de Servicio al cliente abril 2018. ....	59
Gráfica 13. % de Nivel de Servicio al cliente mayo 2018. ....	59
Gráfica 14. % de Nivel de Servicio al cliente junio 2018. ....	59
Gráfica 15. % de Nivel de Servicio al cliente julio 2018. ....	59
Gráfica 16. % de Nivel de Servicio al cliente agosto 2018. ....	59
Gráfica 17. % de Nivel de Servicio al cliente septiembre 2018. ....	60
Gráfica 18. % de Nivel de Servicio al cliente octubre 2018. ....	60
Gráfica 19. % de Nivel de Servicio al cliente noviembre 2018. ....	60
Gráfica 20. % de Nivel de Servicio al cliente diciembre 2018. ....	60

## GLOSARIO

**Aftermarket:** es el nombre que reciben los productos y servicios que ofrecen distintas empresas posteriores a la compra de algún producto.

**Cantidad mínima de pedido (MOQ - Minimum Order Quantity):** es la cantidad más pequeña de un producto que un proveedor está dispuesto a suministrar a la empresa.

**Lista de Materiales (BOM - Bill of Material):** es un concentrado de componentes, sub-ensambles, conjuntos, y cantidades que son necesarios para la fabricación de un producto final.

**Pedido atrasado (Back Order):** se conoce como la diferencia entre la cantidad ordenada por el cliente y la cantidad entregada por la empresa de un producto en particular.

**Plan maestro de producción (MPS - Master Production Schedule):** es un programa para la producción de productos finales, mostrando en cada periodo, la cantidad por producir de cada producto final,

**Planeación de requerimiento de material (MRP - Material Requirement Planning):** es una metodología utilizada para la administración de la producción y los inventarios. Su objetivo es que se tengan todos los materiales requeridos en el momento oportuno para cumplir con las necesidades de los clientes.

**Tiempo de entrega (LT - Lead Time):** lapso que transcurre desde que se recibe una orden de compra por parte del cliente hasta que se entrega el producto.

## **RESUMEN**

El presente Trabajo Terminal de Grado se desarrolla en una empresa de refacciones automotrices comercializadora de productos para motor tales como: anillos, pistones, cojinetes, juntas, turbo-cargadores, filtros, etc. quien da respuesta a un mercado altamente competitivo y dinámico, en el cual las necesidades de los clientes han evolucionado, obligando a que la empresa tenga un mejor control sobre sus procesos de producción. Debido a lo anterior, es importante mejorar el desempeño en dichos procesos y contar con un plan de producción que satisfaga las necesidades del mercado, buscando también, la gestión eficaz de los recursos humanos, materiales y capacidad instalada.

El objetivo de este proyecto es desarrollar un plan de producción, que permita satisfacer la demanda de los productos que equivalen al 80% de las ventas totales, considerando algunos criterios propios de la empresa para la selección de los productos. El plan de producción propuesto incorpora la metodología MRP, modelo que apoya en la toma de decisiones durante el proceso de planeación, así como métodos cuantitativos para la determinación de la demanda, oportunidad identificada durante el reconocimiento de la empresa caso de estudio.

## **ABSTRACT**

This research work is carried out in an spare parts company that markets motor products such as: rings, pistons, bearings, gaskets, turbo-chargers, filters, etc. who responds to a highly competitive and dynamic market, in which customer needs have evolved, forcing company to have better control over their production processes; Due to the above, it is important to improve the performance in said processes and have a production plan that meets the needs of the market, also looking for the effective management of human resources, materials and installed capacity.

The objective of this project is to develop a production plan that allows satisfying the demand for products that are equivalent to 80% of total sales, considering some of the company's own criteria for the selection of products. The proposed production plan incorporates the MRP methodology, a model that supports decision-making during the planning process, also quantitative methods for determining demand, an opportunity identified during the recognition of the company case study.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la planeación y administración eficiente de los recursos y de los procesos de las empresas, permite mantener los niveles de competitividad en un mercado global. La importancia de la planeación de la producción juega un papel fundamental para la gestión de los recursos, dado que esta planeación involucra aspectos tales como: órdenes de producción, órdenes de compra con los proveedores, niveles de stock de materia prima, así como de producto terminado, capacidad instalada de los equipos y la cantidad de mano de obra, entre otros.

Básicamente esta planeación de la producción debe responder a tres preguntas importantes: qué debemos producir, cuándo producir y cuánto producir. Por otro lado, el no contar con una adecuada planeación de producción, ocasiona la falta de producto terminado disponible para su venta en el momento en que el cliente lo requiere. La escasa coordinación y cooperación entre las diferentes áreas de la empresa, provoca un ambiente de producción fuera de sincronía, sin objetivos claros que perseguir y hacia a donde enfocar los esfuerzos y recursos de la empresa.

Una de las principales herramientas, al alcance de la empresa para planificar con anticipación las necesidades de reabastecimiento de producto terminado y de suministro de materia prima con eficacia es el MRP (Planeación de Requerimiento de Materiales). Conocer las características de este sistema, y sus funciones permite tener una herramienta de control que apoya la toma de decisiones para los planeadores y despliegue por anticipado para el área de producción, lo que se estará trabajando para cada periodo de tiempo, permitiendo adaptar de forma proactiva la capacidad de producción a lo requerido, dejando de lado el actuar de forma reactiva como actualmente trabaja la empresa.

El presente Trabajo Terminal de Grado se contextualiza en una empresa de repuestos del sector automotriz, para la cual, la no disponibilidad de producto terminado en el momento en que es solicitado, tiene resultados negativos en la imagen y confianza que la empresa proyecta para sus clientes, así como para las finanzas de la empresa.

La recuperación de la imagen, confianza y finanzas no es fácil, debido a habría que identificar el momento exacto en el que una venta perdida se recupera y cuantificar el monto al que asciende este impacto negativo.

Por tanto, aborda la problemática de desarrollar un plan de producción que permita satisfacer la demanda que la empresa tiene del mercado nacional, que apoye en la toma de decisiones a las diferentes áreas de la empresa, y que permita enfocar y dirigir los esfuerzos y recursos de la empresa hacia un objetivo único: satisfacer las necesidades de los clientes del mercado nacional, considerado parte del objetivo general de la empresa.

Dicho Trabajo Terminal de Grado, se estructura de la siguiente manera: en el Capítulo 1, se realiza un análisis de la problemática actual que vive la empresa, con la finalidad de identificar los factores críticos del problema, y así, determinar la metodología a utilizar mejorar el nivel de servicio al cliente. Posteriormente para el Capítulo 2, se efectúa una revisión a la literatura, que apoya el desarrollo de la metodología seleccionada, también se revisaron publicaciones de revistas científicas que abordan casos similares a la problemática aquí planteada. Dentro del Capítulo 3, se desarrolla en cuatro pasos la metodología propuesta, que servirá como base para el desarrollo del Capítulo 4. Para el Capítulo 4 se elabora el MRP para cada uno de los productos seleccionados, con lo cual se obtendrá la propuesta del plan de producción. A continuación, en el Capítulo 5 se determinará el nivel de servicio al cliente del método actual, comparándolo con el nivel de servicio alcanzado por la empresa si se utilizara el plan de producción propuesto. Por último, se presentan las conclusiones y trabajos futuros de este Trabajo Terminal de Grado, concluyendo que existe una mejora en el nivel de servicio al cliente utilizando el plan de producción propuesto.

## **Definición del problema**

El Trabajo Terminal de Grado se desarrolla en una empresa de refacciones automotrices ubicada en la ciudad de Toluca, que tiene como giro principal el ensamble de productos automotrices tales como: pistones, anillos de pistón, cojinetes para motor, juntas de cabeza de motor, válvulas, termostatos, turbo-cargadores, entre otros. Esta empresa actualmente destina el 40% de su producción para el mercado de repuestos nacional y el 60% para venta de exportación a Estados Unidos. Uno de los principales objetivos de esta empresa es el proveer al cliente final productos de calidad a costos accesibles en el menor tiempo posible, por lo cual, ha hecho alianza con proveedores tanto nacionales, así como extranjeros.

Un paso importante en este Trabajo Terminal de Grado es conocer el proceso de planeación de la producción actual, a partir del cual, se identifica que el problema del objeto de estudio es la mala planeación de producto terminado en almacén, lo cual ocasiona faltantes cuando una orden de venta ingresa en el sistema. Lo anterior debido al uso de métodos de planeación de producción intuitiva en los que se desconoce el comportamiento de la demanda en ciertos periodos de tiempo, es decir, conforme la experiencia del planeador de producción y siguiendo los niveles de inventario, se decide generar o no la orden de producción. La consecuencia de esta falta de disponibilidad del producto, se ve reflejada en un bajo nivel de servicio al cliente. Por lo tanto, se aprecia que el planeador de la producción no cuenta con una metodología de planeación fundamentada en modelos matemáticos, tales como políticas de niveles de inventario, puntos de re-orden, determinación de la demanda, por citar algunos ejemplos, que fundamente sus decisiones. Considerando lo antes mencionado, el mostrar una propuesta de plan de producción con el uso de métodos cuantitativos que ayude a cumplir con los requerimientos del mercado nacional principalmente, para los tomadores de decisiones del área de planeación de la producción es de gran utilidad para incrementar el servicio al cliente que la empresa tiene.

## **Pregunta de trabajo**

En un entorno de planeación de producción que utiliza métodos empíricos en la toma de decisiones ¿Un plan de producción con base en la metodología MRP logra incrementar el nivel de servicio al cliente que la empresa ofrece?

## **Objetivo general**

El objetivo general es:

Incrementar el nivel de servicio al cliente de los productos que representan el 80% de las ventas en el mercado nacional, a través de la propuesta de un plan de producción que incorpora la metodología de planeación de requerimiento de materiales. Dicho incremento se evalúa mediante la comparación del plan de producción propuesto con el comportamiento de las ventas reales.

## **Objetivos particulares**

Los objetivos particulares son:

- Revisar la literatura relacionada con la determinación de la demanda, métodos de pronóstico y planeación de requerimiento de materiales para abordar el problema.
- Identificar los factores críticos durante el proceso de planeación de la producción e identificar como es que influyen en la toma de decisión.
- Identificar los productos que representan el 20% del producto terminado, los cuales representan el 80% de ventas de la empresa.
- Determinar la demanda de los productos previamente seleccionados.
- Diseñar, modelar y desarrollar un plan de producción que cumpla con la demanda pronosticada.

- Determinar el actual nivel de servicio para clientes nacionales, de los productos seleccionados, tomando en cuenta las órdenes que han ingresado al sistema y la fecha en que estos tuvieron que haber sido entregados.
- Comparar los resultados del plan de producción propuesto con el nivel de servicio actual.

### **Hipótesis**

Un plan de producción basado en la metodología MRP que considera los factores críticos propios del caso de estudio, incrementa el nivel de servicio al cliente nacional.

### **Justificación y alcances**

Como resultado del análisis de la situación actual de la empresa, la cual muestra que no existe una adecuada planeación de la producción, debido a que el personal responsable de la planeación hace uso de métodos de planeación intuitiva, el Trabajo Terminal de Grado propone un plan de producción con base en la metodología MRP, que se enfoca a satisfacer la demanda del 20% de los productos que sus clientes nacionales requieren, los cuales representan el 80% de las ventas de la empresa para este mercado, al mismo tiempo que se mejora el uso de los recursos con los que cuenta.

Para cumplir con ello, como se mencionó anteriormente, habrá que desarrollar un plan de producción basado en la metodología MRP como herramienta para los tomadores de decisiones del área de producción, considerando factores críticos propios del caso de estudio. Esta herramienta apoyará al planeador para determinar cuánto y cuándo producir cada uno de los productos seleccionados (20% de las autopartes), con el fin de aumentar la disponibilidad del producto y mejorar las ventajas competitivas de la empresa en el mercado nacional.

El plan de producción es fácil de entender, manejar e implementar para el personal de las áreas involucradas en este proceso (áreas de Compras, Producción y Control de Producción), además de que un plan de producción brindará a los colaboradores del área de Producción, una herramienta de control al conocer los niveles de producción e inventario a cumplir en un periodo de tiempo previamente definido, al mismo tiempo que se incrementa el nivel de servicio al cliente.

## **CAPITULO 1. ANTECEDENTES**

El mercado de refacciones automotrices automotriz se refiere a los servicios posventa que esta industria ofrece a sus clientes; servicios que incluyen la venta de autopartes, accesorios para el vehículo y servicios de reparación. De acuerdo a [Automotiveaftermarket.org](http://Automotiveaftermarket.org) (2019), en México la industria de refacciones automotrices es uno de los segmentos más grandes de la economía, genera el 3% del PIB anual, 17% del PIB manufacturero y un tercio de las exportaciones totales de México.

A nivel mundial México se ha convertido en el quinto mayor productor y el sexto mayor exportador de autopartes del mundo, así como el mayor proveedor de autopartes para los Estados Unidos. En nuestro país existen alrededor de 1 mil 100 fabricantes de refacciones, poco más de 100 mayoristas con presencia nacional, regional, local y por especialidades, así como 39 mil refaccionarias y 322 mil talleres mecánicos.

### **1.1. Descripción del problema**

El presente Trabajo Terminal de Grado está contextualizado en una empresa refacciones automotrices del sector automotriz, la cual ofrece una extensa gama de productos tales como: pistones, camisas, válvulas, juntas, cojinetes, anillos para pistón, filtros y turbocompresores con calidad de equipo original. La empresa ofrece estos productos bajo sus diferentes marcas, que le permite cubrir ampliamente el mercado y se actualiza según las oportunidades de venta de éste, manteniendo una atención permanente al cliente.

La empresa busca en todo momento estar cerca del cliente (mayoristas, minoristas, talleres de reparación y reconstructores de motores), con el fin de asegurar que los tiempos de entrega del producto se cumplan. La confiabilidad, flexibilidad y el cumplimiento de los plazos de entrega son aspectos que la empresa incluye en su filosofía, por lo que, tanto los clientes de equipo original y los socios del mercado de repuesto reciben el mismo trato.

Se ha establecido una estructura con una clara orientación hacia el servicio al cliente, respaldado con programas de capacitación, asesorías y materiales de marketing que la empresa proporciona a sus clientes a través de sus empleados.

La gestión de la cadena de suministro del sector de refacciones automotrices se caracteriza por ser compleja, debido a que cientos o incluso miles de productos activos presentan demanda variable. El reto que representa determinar el comportamiento de la demanda en este mercado, está dado principalmente por el nivel de posicionamiento de los productos en el mercado, las diferentes fuentes de proveedores y el aprovisionamiento incierto, además de bajos volúmenes de compra en comparación con las armadoras automotrices.

Dada la complejidad de la cadena de suministro en la empresa, actualmente el proceso de liberación de órdenes de producción, es administrado de dos maneras, administración proactiva y reactiva:

1. La liberación de órdenes de producción de manera reactiva, en la cual se libera la orden de producción cuando existe faltante de material, puede ser más costoso en muchas ocasiones. Este tipo de administración busca resolver el problema de falta de material luego de que este se hace presente. Es decir, se caracteriza por una falta de planeación.
2. La liberación de órdenes proactiva se caracteriza por una prevención y anticipación a la falta de materiales, de manera que se puedan tomar decisiones y acciones antes de que la falta de material ocurra. Desde este punto de vista, las acciones más eficaces y con una mayor eficiencia son características de una administración proactiva, que para lograrla se requiere una de una herramienta que permita planear por adelantado los requerimientos que se tendrán, de manera que sea posible actuar de forma anticipada.

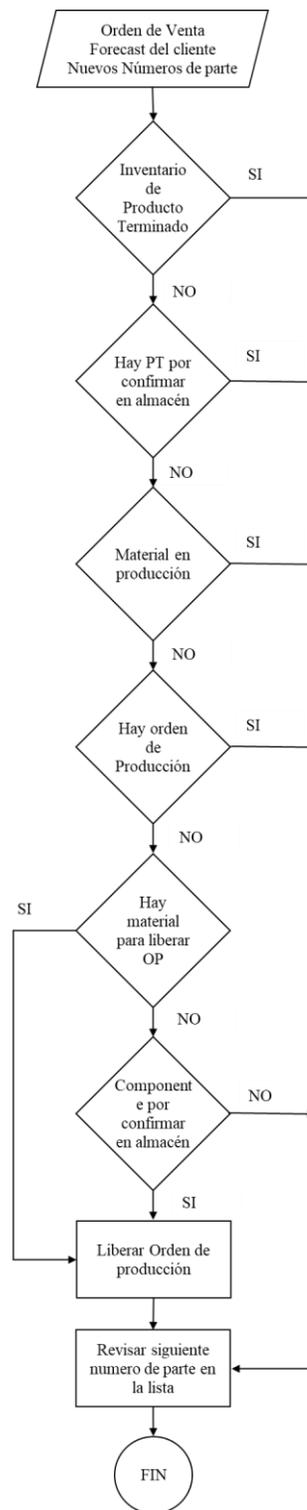
## **1.2. Proceso de liberación de órdenes de producción**

El proceso actual de planeación de las órdenes de producción en la planta proviene de tres fuentes diferentes:

- El cliente tiene un requerimiento y se pone en contacto con el área de Ventas, siendo ellos quienes transforman ese requerimiento en una orden de venta interna. Una vez que el área de Ventas registra la orden de venta, puede notificar al cliente sobre el nivel de cumplimiento de la orden de venta (fill rate alcanzado).
- Un cliente entrega un pedido de manera anticipada, Control de Producción y al área de Compras, deben asegurar la disponibilidad inmediata del material solicitado, para confirmar la entrega futura bajo las expectativas del cliente.
- El área de Product Management informa a Control de Producción sobre la incorporación de nuevos números de parte al portafolio de productos, para que se genere una orden de producción, a fin de tener un inventario inicial.

Lo anterior, es el detonante para que el área de Control de Producción, manualmente ejecute una serie de reportes en los que se puede visualizar un estatus general de cada producto activo: cantidad disponible para venta, cantidad reservada por órdenes de venta, cantidad en orden de compra u orden de producción y la cantidad de faltantes (conocidos por el personal como backorder).

Con esta información, se comienza el análisis de los productos uno a uno, analizando en primera instancia aquellos productos que tienen faltantes, seguido de los productos que su existencia es cero y posteriormente los productos con inventario mayores a cero, los cuales son ordenados de forma ascendente de acuerdo a los días de inventario en el almacén, para determinar si es necesario o no liberar una orden de producción. En la Figura 1 se muestra el proceso actual que la empresa sigue para determinar la necesidad de liberar una orden de producción.



**Figura 1. Proceso actual de planeación de las órdenes de producción.**

Fuente: Elaboración propia.

Una vez que la orden de venta ingresa al sistema, el primer caso es que exista la disponibilidad del producto requerido por el cliente y este pueda ser enviado. De no haber disponibilidad de producto, se valida si existe producto pendiente de confirmarse como disponible para venta en el almacén, y expedir la confirmación. Si no se cumple el punto anterior, habrá que validar si existe producto en proceso de producción y trabajar en conjunto con el área de Empaque para tenerlo lo antes posible. Si los pasos anteriores no se cumplen, se valida que exista al menos una orden de producción liberada para el producto solicitado y que este sea incluido dentro de las prioridades para producción. Si no la hay, se revisa si existe cantidad suficiente de los componentes para que una orden de producción sea liberada. Si se detectan componentes faltantes, habrá que revisar si los componentes faltantes están pendientes de ser confirmados como disponible para producción, es decir, estos se encuentran en el área de Recibo, se notifica al almacén con el fin de que éstos se confirmen como disponibles. Si no hay material en el almacén, validar si existe orden de compra con el proveedor y si aún no hay orden de compra, notificar al área de Compras sobre el faltante de este material para que se tomen las acciones necesarias.

La Figura 1 muestra que mientras se avanza en el proceso de la cadena de suministro interna, el tiempo de respuesta se prolonga, derivado del tiempo que cada uno de los niveles anteriores confirman para finalizar su actividad, lo cual sirve para que el área de Control de Producción sea capaz de definir una fecha de disponibilidad del producto, notificando esta fecha al área de Servicio al Cliente cuando lo requiere.

Actualmente se tienen los siguientes supuestos que el área de Control de Producción debe considerar al momento de liberar una orden para producción:

1. La demanda mensual del producto final se calcula a través del promedio simple de ventas de los últimos 12 meses.
2. No liberar una orden de producción si se tiene faltantes de alguno de los componentes.

3. Al generar una orden de producción, no se debe consumir todo el material si es que uno o más componentes son utilizados para ensamblar otros productos finales.
4. Se liberan órdenes de producción que ayuden a cumplir con una parcialidad de lo requerido por el cliente, por lo tanto, los clientes aceptan la entrega de faltante.
5. El área de surtido y empaque cuentan con capacidad suficiente para procesar todas las órdenes que se liberen.
6. Existen dos fuentes de abastecimiento para el almacén de producto terminado: los productos ensamblados dentro del almacén y que requieren de la compra de componentes para su producción, y aquellos productos, que una vez que son entregados por el proveedor al almacén, son considerados producto terminado listos para la venta.

El servicio al cliente está sujeto al tiempo de respuesta de varias áreas de la empresa, lo que obstaculiza la rápida toma de decisiones para el planeador de producción. La propuesta de un plan de producción como herramienta que apoye en la toma de decisiones del planeador de producción, incrementaría las ventajas competitivas de la organización en el mercado nacional, ya que el plan de producción propuesto, mostrará por adelantado los materiales requeridos para las órdenes de producción, así como cuándo y cuánto producir para mejorar el servicio al cliente y lograr los objetivos de la empresa.

## **CAPITULO 2. MARCO TEORICO**

En este capítulo se presentan algunos conceptos básicos para el mejor entendimiento del desarrollo del Trabajo Terminal de Grado, conceptos tales como: clasificación de productos ABC, determinación de la demanda, métodos de pronósticos, transformación Box-Cox y Logarítmica en pronósticos y MRP (planeación de requerimiento de materiales), así como una revisión de literatura sobre los temas mencionados anteriormente.

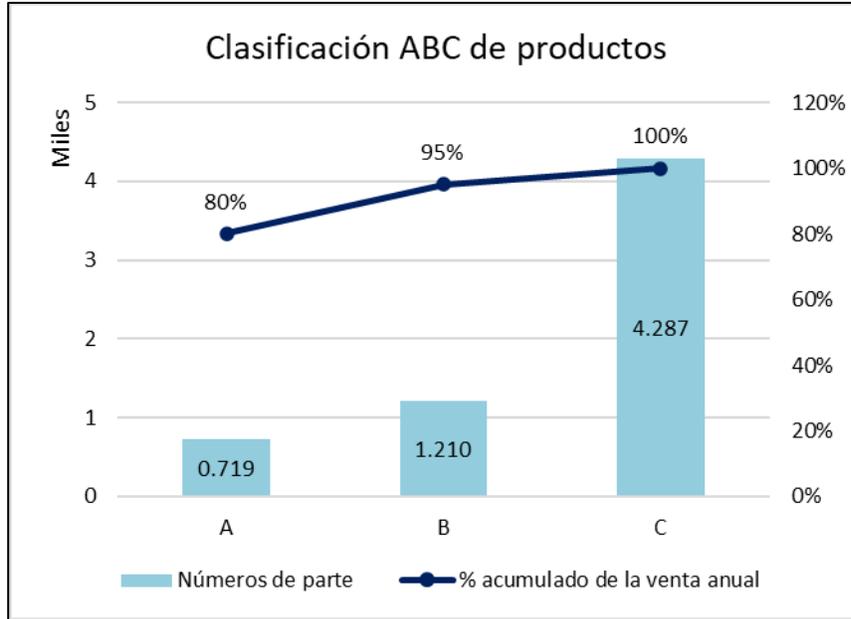
### **2.1. Clasificación ABC para diseñar modelos de decisión**

La clasificación de productos es importante para sugerir estrategias logísticas en cada una de las áreas de las empresas, y en muchos casos para comprender por qué los productos se suministran y se distribuyen de cierta manera.

El análisis ABC aplica el principio de Pareto (80-20) como base para la administración de los inventarios, principio que establece, que entre todos los productos activos de una empresa, existen pocos productos cruciales y muchos productos triviales, por lo que se deben proponer políticas de inventarios para que la empresa enfoque sus recursos y esfuerzos en los pocas productos cruciales y no en los productos triviales (Heizer y Render, 2009)

Para determinar la venta neta de cada producto, se calcula la demanda que cada producto tuvo durante un periodo de tiempo previamente definido, el cual se multiplica por su costo unitario. Se ordenan de forma descendente con base en el total de las ventas netas. Para cada producto se calcula el porcentaje que representa éste con respecto a las ventas totales. Los artículos A representan el 80% del volumen de ventas y aproximadamente el 20% del número total de artículos. Los artículos B comprenden aproximadamente el 15% del volumen de ventas totales y el 30 % de los artículos, y los

artículos C comprenden solo el 5% del volumen de ventas y el 50% de los artículos. Estos porcentajes pueden ser graficados como se muestra en la Figura 2.



**Figura 2. Representación gráfica del análisis ABC.**

Fuente: Elaboración propia

Es posible cambiar algunos artículos entre categorías (Silver, Pike y Thomas, 2017):

- Artículos de bajo costo se clasifican como "A" debido a que éstos son cruciales para el funcionamiento de la empresa.
- Materiales grandes y voluminosos, lo cual genera que algunas empresas determinen la asignación del espacio de almacenamiento en función de la tasa de uso y los pies cúbicos por unidad que estos ocupan.
- Materiales sujetos a robo, que a la larga representen grandes pérdidas económicas para la empresa. Por lo que habrá que definir controles adicionales para estos.
- Los artículos al final de la curva A – B – C se convierten en candidatos para ser descontinuados.

## 2.2. Determinación de la Demanda

La determinación de la demanda es vital para cualquier empresa, ya que proporciona los datos de entrada para la planeación y control de todas sus áreas (Logística, Marketing, Producción, Finanzas, Almacén, Ventas, Compras, etcétera). Los niveles de demanda y su programación afectan en gran medida la definición de la capacidad y la estructura general del negocio.

El Consejo de Gestión Profesional de la Cadena de Suministro (2013) define a la Demanda como lo que realmente quieren los clientes o usuarios, típicamente asociado con el consumo de productos o servicios. Para un adecuado análisis de la demanda debemos tener en cuenta su naturaleza espacial, temporal, el grado de variabilidad y su aleatoriedad, tomando en cuenta estas características, Ballou (2004) clasifica la demanda de la siguiente forma:

- Demanda espacial: el poder determinar donde ocurre la demanda, apoya la toma de decisiones tales como la ubicación de nuevos almacenes, niveles de inventario a almacenar en cada punto logístico, así como los medios de transporte se deben utilizar a lo largo de la red logística.
- Demanda temporal: es de suma importancia identificar el momento en que la demanda ocurre, ya que esta, tiende a variar a través del tiempo, presentando crecimiento o declinación dependiendo del periodo de tiempo que se analiza.
- Demanda irregular: cuando la demanda presenta variabilidad y un alto grado de incertidumbre, tenemos una demanda irregular, y se dice que la serie de tiempo es desproporcionada o irregular.
- Demanda regular: se dice que la demanda es "regular", cuando es posible representarla por alguno patrón general, es decir, los patrones de demanda comúnmente podrán descomponerse en componentes de tendencia, estacionales y aleatorios.

- Demanda dependiente: se conoce como dependiente ya que su demanda depende de la demanda de otro u otros productos, por tanto, no está determinada solamente por su mercado, sino también por la demanda de los productos con que guarda relación. Un claro ejemplo de demanda dependiente es el de componentes y subensambles, ya que la demanda de estos, depende de la demanda del producto final,
- Demanda independiente: es determinada por las condiciones del mercado, por lo tanto, no se encuentra bajo control de la empresa. Ejemplos de demanda independiente son los productos terminados disponibles para venta al cliente.

### **2.3. Pronósticos**

El éxito de una cadena de suministro depende de su capacidad para pronosticar con precisión la demanda de los clientes y producir a tiempo para satisfacer dicha demanda (Ravindran y Warsing, 2018). Pronosticar es anunciar eventos futuros en situaciones de incertidumbre, a partir de criterios lógicos o científicos; haciendo uso de datos históricos y proyectándolos hacia el futuro mediante algún tipo de modelo matemático (Heizer y Render, 2009). El Consejo de Gestión Profesional de la Cadena de Suministro (2013) define Pronóstico como una estimación de la demanda futura del cliente. Los pronósticos generalmente se realizan utilizando técnicas científicas basadas en el uso de datos histórico y ajustados para incluir diversos factores, como el ciclo de vida, los patrones de uso cíclicos, las promociones y las acciones de fijación de precios.

#### **2.3.1. Tipos de Pronóstico**

Los pronósticos de la demanda forman la base de toda planeación de la cadena de suministro. Chase, Jacobs, y Aquilano (2014) presentan una clasificación de éstos de acuerdo al horizonte de planeación:

Corto Plazo: pronósticos de menos de un mes, estos suelen ejecutarse de manera diaria o semanal dando la oportunidad de realizar ajustes para que las variaciones que se presentan en el día a día no afecten a la producción y así alcanzar los objetivos propuestos. Con él, se evalúan alternativas de trabajar tiempo extra, reubicar personal en otras operaciones para balancear las operaciones, etc.

Mediano Plazo: son pronósticos mensuales o trimestrales de los próximos 6 a 18 meses. Con ellos se evalúan alternativas como la contratación, recorte de personal, la adquisición de equipamiento y nuevas herramientas.

Largo plazo: se refieren a pronósticos importantes en un futuro relativamente lejano (más de dieciocho meses). Una organización necesitará pronosticar el comportamiento del consumidor a largo plazo para planificar adquirir o deshacerse de los recursos para la empresa (como edificios, equipamiento o instalaciones).

### **2.3.2. Características de los pronósticos**

Chopra y Meindl (2013) mencionan cuatro características principales de los pronósticos:

- Los pronósticos siempre son imprecisos, por lo que se recomienda incluir una medida de error del pronóstico, que determinara la precisión del método utilizado para su obtención. Evaluando dicha precisión como el grado de cercanía entre el valor pronosticado y el valor real obtenido.
- Los pronósticos a largo plazo son menos precisos que los pronósticos de corto plazo; ya que los pronósticos a largo plazo trabajan sobre la base de datos históricos de años atrás. Mientras que los pronósticos a corto plazo surgen de información reciente, de un día, una semana o del mes anterior.
- Los pronósticos agregados suelen ser más precisos que los desagregados, por ejemplo, resultaría sencillo pronosticar el ingreso bruto de una compañía para un

año en particular. Mientras que, es más difícil pronosticar el ingreso anual para una familia de productos, y aún más difícil pronosticar el ingreso por producto.

- El efecto látigo distorsiona la información para los eslabones de la cadena de suministros más lejos del consumidor final.

### **2.3.3. Métodos de pronóstico**

Se dispone de varios métodos de pronóstico y modelos comunes dispuestos en los siguientes grupos: cualitativo, análisis de series de tiempo, relaciones causales y simulación (Chase et al., 2014).

I. Métodos Cualitativos: hay poca o ninguna información cuantitativa disponible, pero existe un conocimiento cualitativo suficiente (Makridakis, Wheelwright y Hyndman, 2008). Subjetivos y de juicio, basados en estimados y opiniones. Chase et al. (2014) menciona los siguientes métodos considerados dentro de esta clasificación:

- Técnicas acumulativas: utiliza el juicio de un grupo de personas expertas en la materia, que les permite dar su opinión y pronosticar el futuro en relación a un producto determinado.
- Investigación de mercados: tiene como objetivo identificar las necesidades de los clientes mediante encuestas, entrevistas, etc. para, de esta manera, diseñar estrategias enfocadas en ellos.
- Grupos de consenso: son un grupo de personas que expresan su punto de vista de un tema en particular para tomar una decisión.
- Método Delfos: Un grupo de expertos se encarga de dar respuesta al problema planteado, un moderador sintetiza las respuestas de cada uno, y formula un cuestionario nuevo que se presenta al grupo.

II. Métodos Causales: Trata de entender el sistema subyacente que rodea al elemento a pronosticar.

- Análisis de regresión: proceso estadístico para estimar las relaciones entre una variable dependiente y una o más variables independientes (o predictoras).
- Modelos econométricos: es una representación de la relación que existe entre variables que pueden llegar a explicar la forma de operar la economía.
- Modelos de entrada/salida: utilizados para demostrar cómo los cambios en una industria afectan las economías de las industrias ligadas a ella.

III. Modelos de simulación: modelos dinámicos por computadora que describen el comportamiento de un sistema, en el que se diseñan y realizar experimentos con el modelo para obtener conclusiones y que apoyen a la toma de decisiones.

IV. Análisis de series de tiempo: se dispone de información cuantitativa suficiente. Utiliza series de tiempo (secuencia de observaciones sobre intervalos de tiempo separados de manera regular), que predicen la continuación de patrones, donde la idea básica es el uso de datos históricos de los eventos a través del tiempo para proyectar el futuro (Makridakis et al., 2008).

### **2.3.3.1. Series de tiempo**

Una serie de tiempo es una secuencia de datos u observaciones, medidos en determinados momentos y ordenados cronológicamente. Los modelos de pronósticos de series de tiempo tratan de predecir el futuro con base en la información pasada (Chase et al., 2014). En un análisis de series de tiempo, el primer acercamiento al análisis de los datos es determinar el tipo de patrón que los datos observados muestran en el tiempo, para aplicar el método de pronósticos más adecuado. Los patrones de datos más conocidos son (Makridakis et al., 2008):

- Patrón horizontal: cuando los valores de los datos fluctúan horizontalmente alrededor de una media constante. Por ejemplo, Un producto cuyas ventas no aumentan o disminuyen mostraría un patrón horizontal.

- Patrón estacional: cuando una serie está influenciada por factores estacionales (por ejemplo, el trimestre del año, el mes o el día de la semana). Las series estacionales a veces también se denominan "periódicas", aunque no se repiten exactamente a lo largo de cada período.
- Patrón cíclico: cuando los datos exhiben aumentos y caídas cíclicas que no son de un período fijo. La principal distinción entre un patrón estacional y cíclico es que el primero tiene una longitud constante y se repite periódicamente, mientras que el segundo varía en longitud. Además, la duración promedio de un ciclo suele ser más larga que la de la estacionalidad y la magnitud de un ciclo suele ser más variable que la de la estacionalidad.
- Patrón de tendencia: cuando hay un aumento a largo plazo o una disminución en el comportamiento de los datos.

### 2.3.3.2. Métodos de pronósticos para series de tiempo

Algunos métodos de pronósticos comunes para series de tiempo son:

- a. Promedio móvil simple: a partir de datos históricos, se calcula el promedio de un periodo que contiene varios puntos de datos, dividiendo la suma de los valores de los puntos entre el número de éstos (Chase et al., 2014). La fórmula de un promedio móvil simple es:

$$F_t = \frac{A_{t-1} + A_{t-2} + A_{t-3} + \dots + A_{t-n}}{n} \quad (1)$$

donde:

$F_t$  = Pronóstico para el siguiente periodo

$n$  = Número de periodos para promediar

$A_{t-1}$  = Ocurrencia real en el periodo pasado

$A_{t-2}$ ,  $A_{t-3}$  y  $A_{t-n}$  = Ocurrencias reales hace dos periodos, hace tres periodos, y así sucesivamente, hasta hace  $n$  periodos.

- b. Promedio móvil ponderado: mientras que el promedio móvil simple da igual importancia a cada uno de los componentes de la base de datos del promedio móvil, un promedio móvil ponderado permite asignar cualquier importancia a cada elemento, siempre y cuando la suma de todas las ponderaciones sea igual a uno (Chase et al., 2014). La fórmula para un promedio móvil ponderado es:

$$F_t = w_1 A_{t-1} + w_2 A_{t-2} + \dots + w_n A_{t-n} \quad (2)$$

donde

$w_1$  = Ponderación dada a la ocurrencia real para el periodo  $t - 1$

$w_2$  = Ponderación dada a la ocurrencia real para el periodo  $t - 2$

$w_n$  = Ponderación dada a la ocurrencia real para el periodo  $t - n$

$n$  = Número total de periodos en el pronóstico

- c. Suavización exponencial: los puntos de datos recientes se ponderan con mayor valor, y la ponderación sufre una reducción exponencial conforme los datos se vuelven más antiguos (Chase et al., 2014). La ecuación para un solo pronóstico de uniformidad exponencial es:

$$F_t = F_{t-1} + \alpha (A_{t-1} - F_{t-1}) \quad (3)$$

donde

$F_t$  = El pronóstico suavizado exponencialmente para el periodo  $t$

$F_{t-1}$  = El pronóstico suavizado exponencialmente para el periodo anterior

$A_{t-1}$  = La demanda real para el periodo anterior

$\alpha$  = El índice de respuesta deseado, o la constante de suavización

La Ecuación (3) establece que el nuevo pronóstico es igual al pronóstico anterior más una porción del error (la diferencia entre el pronóstico anterior y lo que ocurrió realmente).

- d. Análisis de regresión: la regresión se define como una relación funcional entre dos o más variables correlacionadas, se utiliza para pronosticar una variable con base en la otra. Primero es necesario graficar los datos para ver si aparecen lineales. La regresión lineal se refiere a la clase de regresión especial en la que la relación entre las variables forma una recta. La recta de la regresión lineal tiene la forma:

$$Y = a + bX \quad (4)$$

donde  $Y$  es el valor de la variable dependiente que se despeja,  $a$  es la coordenada  $Y$  de la intersección en  $Y$ ,  $b$  es la pendiente y  $X$  es la variable independiente (en el análisis de serie de tiempo, las  $X$  son las unidades de tiempo) (Chase et al., 2014).

#### **2.3.4. Medidas de precisión de pronósticos**

La precisión de un pronóstico se trata como el criterio principal para seleccionar un método de pronóstico adecuado, esto desde el punto de vista matemático, aunque no así para los tomadores de decisión del mundo real, ya que, desde el punto de vista práctico, la facilidad de implementación de las técnicas es otro factor de decisión. En muchos casos, la palabra "precisión" se refiere a "bondad del ajuste", que a su vez se refiere a qué tan bien el modelo de pronóstico es capaz de reproducir los datos que ya se conocen (Makridakis et al., 2008).

##### **2.3.4.1. Medidas estadísticas estándar**

De acuerdo con Makridakis et al. (2008) si  $Y_t$  es la observación real para el período de tiempo  $t$  y  $F_t$  es el pronóstico para el mismo período, entonces el error se define como:

$$e_t = Y_t - F_t \quad (5)$$

Por lo general,  $F_t$  se calcula utilizando los datos  $Y_1, \dots, Y_{t-1}$ . Es un pronóstico de un solo paso porque pronostica un período antes de la última observación utilizada en el cálculo. Por lo tanto, describimos  $e_t$  como un error de pronóstico de un paso. Es la diferencia entre la observación  $Y_t$  y el pronóstico realizado utilizando todas las observaciones, pero sin incluir  $Y_t$ . Si hay observaciones y pronósticos para  $n$  períodos de tiempo, entonces habrá  $n$  términos de error, y se pueden definir las siguientes medidas estadísticas estándar:

$$ME = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t \quad \text{Error medio} \quad (6)$$

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |e_t| \quad \text{Error absoluto medio} \quad (7)$$

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t^2 \quad \text{Error medio cuadrado} \quad (8)$$

La ecuación (5) se usa para calcular el error para cada período. Estos se promedian como en la ecuación (6) para dar el error medio. Sin embargo, es probable que el error medio (ME) sea pequeño ya que los errores positivos y negativos tienden a diferenciarse entre sí. El ME solo informará si hay un pronóstico insuficiente o excesivo, denominado sesgo de pronóstico. No da mucha indicación sobre el tamaño de los errores típicos. Por lo tanto, el error absoluto medio (MAE) se define haciendo primero que cada error sea positivo tomando su valor absoluto y luego promediando los resultados. Una idea similar está detrás de la definición del error medio cuadrado (MSE). Aquí los errores se vuelven positivos al cuadrar cada uno, luego se promedian los errores al cuadrado. Para hacer comparaciones adecuadas, se debe trabajar con medidas de error relativas o porcentuales. Primero habrá que definir un error relativo o de porcentaje como:

$$PE_t = \left( \frac{Y_t - F_t}{Y_t} \right) \times 100 \quad (9)$$

Luego, se utilizan con frecuencia las siguientes dos medidas relativas:

$$MPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n PE_t \quad \text{error porcentual medio} \quad (10)$$

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |PE_t| \quad \text{error porcentual absoluto medio} \quad (11)$$

La ecuación (9) se usa para calcular el porcentaje de error para cualquier período de tiempo. Estos se promedian como en la ecuación (10) para dar el porcentaje de error medio. Sin embargo, al igual que con el ME, es probable que el error porcentual medio (MPE) sea pequeño ya que los errores porcentuales (PE's) positivos y negativos tienden a diferenciarse entre sí. Por lo tanto, el error porcentual absoluto medio (MAPE) se define utilizando valores absolutos de PE en la ecuación (11). Valores del MAPE entre el 10% y el 20% son considerados como un "buen" pronóstico (Fretchling, 1996). Un MAPE entre el 20% y el 30% es aceptable.

### 2.3.5. Transformaciones y ajustes

¿Por qué se deben ajustar los datos? Ajustar los datos históricos conducen a un modelo de pronóstico más simple e interpretable. Mejorar las suposiciones de algunas técnicas estadísticas: normalidad, linealidad, homocedasticidad (característica de un modelo de regresión lineal que implica que la varianza de los errores es constante a lo largo del tiempo), etc.

Cuando el análisis de los residuos muestra una violación de los supuestos del modelo, podemos optar por otro tipo de estudio, adecuar nuestros datos al modelo de regresión lineal mediante transformaciones de las variables.

La aplicación de métodos de Transformación Box-Cox o Ln, los cuales son una familia de transformaciones potenciales usadas en estadística para corregir sesgos en la distribución de errores, para corregir varianzas desiguales (para diferentes valores de la variable predictora) y principalmente para corregir la no linealidad en la relación (mejorar correlación entre las variables), permite mejorar la precisión en el pronóstico.

### 2.3.5.1. Método de Box-Cox

Método de Box-Cox: este procedimiento es utilizado ampliamente con el objetivo de obtener una transformación de la variable de respuesta que se ajuste a una distribución normal o simétrica (Montanero, 2008). Este método se basa en dos supuestos:

- Una potencia con exponente  $>1$  dispersa los datos elevados, eliminando un sesgo negativo.
- Una potencia con exponente  $<1$  o el logaritmo neperiano dispersan lo datos próximos a cero, eliminando un sesgo positivo.

Así la función  $\varphi$ , de  $\mathbb{R} \times \mathbb{R}^+$  en  $\mathbb{R}$  que asocia a cada  $\lambda$  en  $\mathbb{R}$  y cada  $x > 0$  el valor

$$\varphi(\lambda, x) = \begin{cases} \frac{x^\lambda - 1}{\lambda} & \text{si } \lambda \neq 0 \\ \ln x & \text{si } \lambda = 0 \end{cases} \quad (12)$$

El procedimiento Box-Cox identifica automáticamente una transformación de la familia de transformaciones de potencia en  $Y$ . La familia de las transmisiones de potencia:

$$Y' = Y^\lambda \quad (13)$$

donde  $\lambda$  es un parámetro que se determinará a partir de los datos. Tenga en cuenta que esta familia abarca las siguientes transformaciones simples:

$$A = 2 \quad Y' = Y^2 \quad (14)$$

$$A = .5 \quad Y' = \sqrt{Y} \quad (15)$$

$$A = 0 \quad Y' = \text{Log}_e Y \quad (16)$$

$$A = -.5 \quad Y' = 1/\sqrt{Y} \quad (17)$$

$$A = -1.0 \quad Y' = 1/Y \quad (18)$$

Una vez que se han obtenido las observaciones estandarizadas  $W_i$  para un valor  $\lambda$  dado, se regresan a la variable predictora  $X$  y se obtiene la suma de los cuadrados del error (SSE). Se puede demostrar que la estimación de probabilidad máxima  $\lambda$  es el valor de  $\lambda$  para el cual SSE es un mínimo. El procedimiento Box-Cox normalmente se usa para proporcionar una guía para seleccionar una transformación de potencia. En otros casos, se utilizan gráficos de dispersión y residuales para examinar la idoneidad de la transformación identificada por el procedimiento Box-Cox.

### 2.3.5.2 Transformación logarítmica normal (Ln)

Es posible emplear diferentes transformaciones, pero en la práctica el logaritmo natural es más útil, ya que se aplica para eliminar el crecimiento exponencial en una serie de datos (Makridakis et al., 2008). En la práctica, los parámetros de los modelos conocidos como exponencial y potencial se estiman de manera habitual mediante una transformación logarítmica, que los reduce a modelos lineales y se regresa al modelo original aplicando la función exponencial a la estimación (Ortiz y Gil, 2014). Los cambios en un valor de registro son cambios relativos (porcentaje) en la escala original.

$$W_t = \ln(Y_t) \quad (19)$$

Los pronósticos se calculan sobre los datos transformados en lugar de los datos originales. Pero dado que se está interesado en los pronósticos de los datos originales, no en los datos transformados, habrá que revertir la transformación (o la transformación inversa) para obtener pronósticos en la escala original.

El reverso de la función logaritmo es la función exponencial. En general, las transformaciones de potencia inversa está dada por (Makridakis et al., 2008):

$$Y_t = \{\exp(w_t)\} \quad (20)$$

#### **2.4. Metodología MRP**

Las compañías deben tomar decisiones con respecto a niveles de capacidad de almacenamiento, niveles de producción y fuerza de trabajo, una vez que se ha determinado el comportamiento de la demanda. Nahmias y Lennon (2015) refieren que la Planeación de Requerimiento de Materiales (MRP) utiliza el sistema básico “push”, basado en pronósticos de productos finales en un horizonte de planeación específico, determina las cantidades de producción para cada nivel del sistema y requiere el conocimiento del factor Gozinto, es decir, cuántas unidades de la parte A se requieren para la parte B, así como los plazos de producción y entrega de los materiales.

El MRP es un sistema de control de materiales que busca mantener niveles de inventario adecuados, para asegurar que los materiales requeridos estén disponibles cuando sea necesario. Vollmann, Berry y Whybark (1992) mencionan que los objetivos principales de un sistema MRP son simultáneamente: garantizar la disponibilidad de materiales, componentes y productos para la producción y para la entrega al cliente; y mantener el nivel más bajo posible de inventario y planear las actividades de fabricación, los horarios de entrega y las actividades de compra. Un sistema MRP es adecuado para entornos de fabricación donde la demanda de los componentes y subensambles depende de la demanda de productos finales que tienen demanda independiente. Las tres entradas principales de un sistema MRP son: el programa maestro de producción (MPS), lista de materiales (BOM) y el registro inicial del estado del inventario.

Chase et al. (2014) sugieren que la demanda de productos finales se planea durante varios períodos de tiempo y se registra en un plan maestro de producción (MPS), el cual expresa la cantidad de cada artículo finales requeridos para cada periodo. La información que alimenta al MPS incluye: pedidos de clientes, pronósticos de la demanda por producto final, niveles de stock de seguridad y órdenes internas para otros productos finales. El MRP toma este plan maestro de producción y lo traduce en requerimientos individuales de componentes para cada periodo de tiempo.

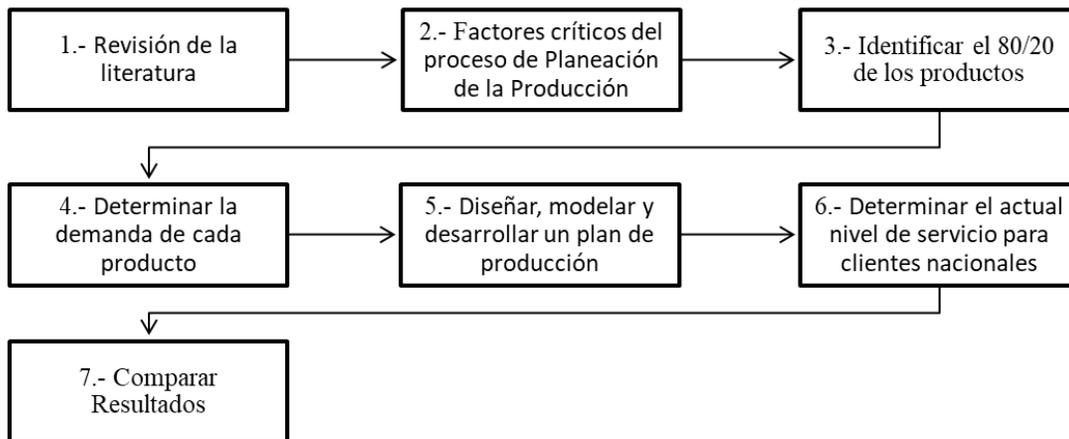
La lista de materiales (BOM), conocida también como archivo de estructura del producto o árbol del producto, muestra cómo se arma o constituye un producto, contiene información sobre cada artículo o conjunto de productos (componentes requeridos) para producir productos finales. Para cada artículo se determina el número o clave de la pieza, descripción, cantidad por ensamblaje, próximo ensamblaje superior, plazo de entrega y cantidad por producto final.

El registro inicial del inventario contiene el estado (cantidad disponible) de todos los productos en el inventario, incluido inventario disponible y recibos programados. El registro del inventario debe mantenerse actualizado en todo momento, de ser posible en línea, para mantener la integridad del registro.

El MRP determinará, a partir del MPS y la lista de materiales, los requisitos brutos de cada componente; los requerimientos de componentes brutos se reducirán con base en el inventario disponible, como se indica en el registro de estado del inventario.

### CAPITULO 3. METODOLOGÍA

El Trabajo Terminal de Grado se enfoca en proponer un plan de producción, que satisfaga la demanda del 20% de los productos que representan el 80% de las ventas para el mercado nacional de la empresa caso de estudio, a través de la metodología MRP. Para alcanzar el objetivo propuesto se desarrollaron una serie de pasos que permiten facilitar el entendimiento del desarrollo del trabajo.



**Figura 3. Metodología para la elaboración del Trabajo Terminal de Grado.**

Fuente: Elaboración propia.

- Revisar la literatura relacionada con la determinación de la demanda, métodos de pronóstico, planeación de requerimiento de materiales para abordar el problema descrito.
- Identificar los factores críticos encontrados durante el proceso de planeación de la producción e identificar como es que influyen en la toma de decisión.
- Identificar los productos que representan el 20 % del producto terminado, los cuales representan el 80% de ventas de la empresa.
- Determinar la demanda de los productos previamente seleccionados.
- Diseñar, modelar y desarrollar un plan de producción que cumpla con la demanda pronosticada.

- Determinar el actual nivel de servicio para clientes nacionales de productos seleccionados, tomando en cuenta las órdenes que han ingresado al sistema y la fecha en que estos tuvieron que haber sido entregados.
- Comparar los resultados del plan de producción propuesto con el nivel de servicio actual.

### **3.1. Revisión de la literatura**

Para fundamentar esta investigación con elementos teóricos y metodológicos que permitan sustentar los resultados obtenidos, inicialmente se realizó una búsqueda de literatura que permitiera un acercamiento y reconocimiento al estado del arte en el campo del conocimiento del problema a resolver, así como revisar los planteamientos teóricos y algunos criterios sobre métodos de pronóstico para determinar la demanda específicamente para las empresas del giro de refacciones automotrices.

Actualmente en la literatura se pueden encontrar autores que han desarrollado metodologías y herramientas para minimizar los niveles de error en los pronósticos de la demanda, tal es el caso de Chen, Zhao, y Yu (2010), quienes sugieren el método ARMA (modelos autorregresivos de media móvil) para pronosticar las piezas del mercado de repuestos de automóviles y facilita el proceso de toma de decisiones durante la gestión del inventario y el transporte; el método consta de cuatro etapas: análisis gráfico, tendencias y ajuste estacional, pronóstico con el modelo ARMA seleccionado, ruido blanco y prueba óptima. Chen (2010) propone el método de Regresión Bayesiana BPNN (RBBPNN) para pronosticar la demanda de una tienda de repuestos ubicada en Shangai y demostrar que el método propuesto puede lograr una mayor precisión y una mayor robustez que el modelo ARMA; este método consta de cuatro procesos: regresión multivariable, creación e iniciación de RBBPNN, capacitación de RBBPNN y pronóstico de RBBPNN (2017). González y Cortés (2017) hacen una comparativa entre métodos tradicionales de series de tiempo y ARIMA-ANNs (modelo híbrido entre media móvil integrada autorregresiva -

redes neuronales artificiales) y concluye que, en términos de implementación, los modelos clásicos son los más fáciles y rápidos para comenzar a trabajar, además de que proporcionan buenos resultados cuando se enfrentan a una demanda constante y sin alta variabilidad; los modelos ANN (redes neuronales artificiales) se encontraron muy prometedores durante la revisión de la literatura y presentaron un buen ajuste para el período de muestra, pero comenzaron a fallar en los períodos erráticos posteriores a la muestra. Gansterer (2015) presenta un marco integral denominado HPP (Planificación Jerárquica de Producción), que utiliza para investigar el impacto de la planificación agregada en un ambiente de fabricación por orden (make to order). El marco integral de Gansterer (2015) considera como entradas básicas para los planes agregados, los pronósticos del mercado, planteando el problema de planificación agregada como un modelo matemático lineal y se resuelve de manera óptima mediante un motor de optimización estándar (software), se observa que la utilización de técnicas de pronóstico de series de tiempo, parece ser una buena estrategia, si la demanda es muy volátil o los recursos son escasos. Günther (1996) en su trabajo concluyó que, los datos exactos para productos individuales se pueden determinar para el período actual, pero no para los períodos restantes. Para los períodos restantes, solo se pueden predecir con certeza los límites superior e inferior de la demanda de productos individuales. Esto significa que la planeación de la producción debe seguir un concepto de planificación jerárquica: en primer lugar, la planificación de la producción debe realizarse a nivel agregado sobre el horizonte de planificación, para determinar simultáneamente los requisitos de recursos (capacidad regular y horas extra) y las cantidades de los grupos de productos para satisfacer la demanda agregada; en segundo lugar, para el período de programación inmediato, el nivel de planificación detallado debe determinar cómo los recursos de producción disponibles deben asignarse a los productos individuales sujetos a restricciones impuestas por el plan agregado. Grubbström, y Molinder (1996) estudiaron las relaciones entre el análisis de entrada y salida, la planeación de requerimiento de material (MRP) y los sistemas de inventario de producción multinivel. La reprogramación inmediata debido a perturbaciones aleatorias, hace que un sistema MRP se comporte de

manera inestable. Por lo tanto, los inventarios de seguridad correctos son esenciales como amortiguador al crear programas maestros factibles. Andersson y Jonsson (2018) exploran y proponen cómo se pueden usar los datos de productos en uso y mejorar el proceso de planeación de la demanda del mercado de refacciones automotrices para un fabricante europeo de vehículos pesados. Haciendo uso de la información proporcionada por los vehículos producidos desde 2014 que transfieren datos a la empresa y se almacenan en una base de datos común, actualmente alrededor de 800.000 vehículos tienen esta capacidad y la tasa de crecimiento es de aproximadamente 15.000 vehículos/mes. Propusieron ocho intervenciones diferentes (intervalo de servicio, tasa de fallo, código de error, etc.), para tener un resultado positivo para el proceso de planeación de la demanda. Identificaron cinco categorías de tipos de datos como importantes para la planificación de la demanda basada en la causal propuesta (datos operativos, códigos de falla, datos del sensor, base de instalación y uso del elemento). Las ocho diferentes intervenciones pueden ser aplicadas por otras compañías que operan en el mercado de posventa.

### **3.2. Factores críticos del proceso de producción**

Dentro del diagnóstico inicial del nivel de servicio que actualmente la empresa ofrece a sus clientes, este tiene una considerable oportunidad de mejora, con base en información proporcionada por personal de la empresa, para el mes de abril de 2019 el nivel de servicio fue de 79%, para el mes de mayo de 2019 fue de 76% mientras que para el mes de junio de 2019 el nivel de servicio alcanzado fue de 81%. Por otro lado, en un análisis detallado de las actividades desarrolladas en el proceso de planeación y producción de la empresa, se identificó que el personal no cuenta con una metodología para su proceso de planeación de la producción, además de que actualmente el proceso de liberación de ordenes de producción conlleva la ejecución de múltiples validaciones del estatus de los materiales, actividades que se detallan en la Figura 1. El área de Producción no cuenta con un plan específico que les guíe respecto a qué debe producirse diaria, semanal o mensualmente. También existen múltiples fuentes de información, que influyen

en la toma de decisión del planeador, y cada una de ellas con sus propias prioridades. Respecto a la mano de obra, maquinaria y equipo, la empresa cuenta con la capacidad instalada necesaria para procesar todas las órdenes de producción que sean liberadas. En cuanto al abastecimiento de materiales que permita asegurar obtener los beneficios que el MRP ofrece, se asume que la empresa determinara las estrategias necesarias para reducir o eliminar la variabilidad en los suministros, estrategias tales como apearse a los tiempos de entrega y a los mínimos de compra establecidos, transparencia en la información, definir múltiples proveedores para componentes críticos y con mayor variabilidad en las entregas, etc. Para realizar el ensamble de cada producto terminado, se considera dos días una vez que se tienen los componentes disponibles en el almacén.

### **3.3. Clasificación ABC**

Con el objetivo de mostrar a la empresa los productos que son cruciales (artículos A), y así enfatizar sus recursos y esfuerzos a aquellos productos que le dan mayor competitividad a la empresa y al mismo tiempo que facilita el manejo de la cantidad de productos en el desarrollo del plan de producción, se realiza una categorización de productos a través de la aplicación del método de clasificación ABC de productos finales, así como una clasificación ABC de componentes.

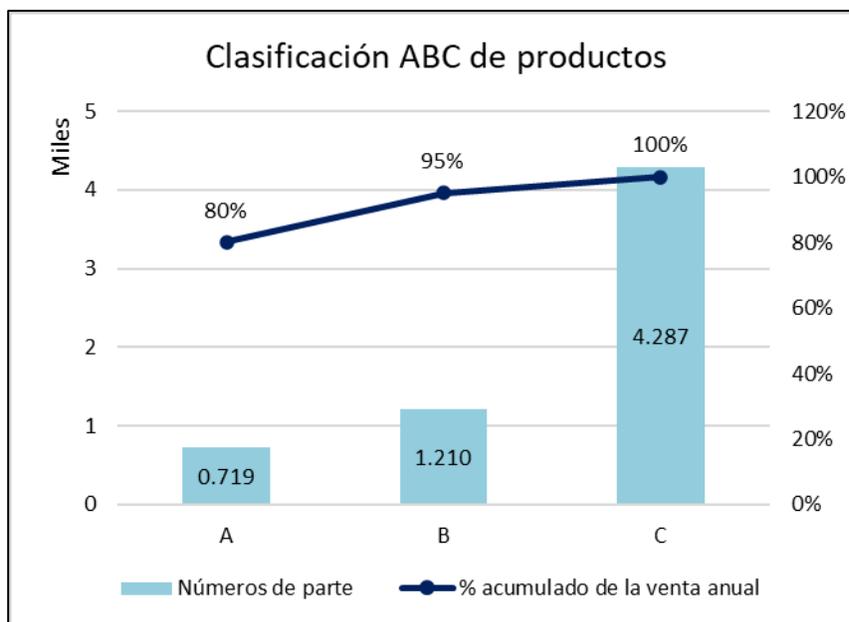
#### **3.3.1. Clasificación ABC de productos finales**

Con base en datos proporcionados por personal de la empresa y considerando las ventas de julio de 2018 a junio de 2019, se realizaron los cálculos necesarios para identificar el 20% de los productos que representan el 80% de las ventas de la empresa durante ese periodo, permitiendo con ello seleccionar aquellos de mayor contribución a las ventas. La Tabla 1 muestra los resultados obtenidos.

Clase	Números de parte	% de la venta anual	% acumulado de la venta anual
A	719	80%	80%
B	1,210	15%	95%
C	4,287	5%	100%

**Tabla 1. Clasificación ABC de productos finales de julio 2018 a junio 2019.**  
Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 1 suma un total de 6,216 números de parte diferentes que tuvieron al menos una venta durante el periodo seleccionado, donde la clasificación A contiene 719 números de parte que representan el 80 % de las ventas totales; la clasificación B incluye 1,210 números de parte que son el 15 % de las ventas totales, y finalmente la clasificación C con 4,287 números de parte equivalentes al 5 % de las ventas totales.

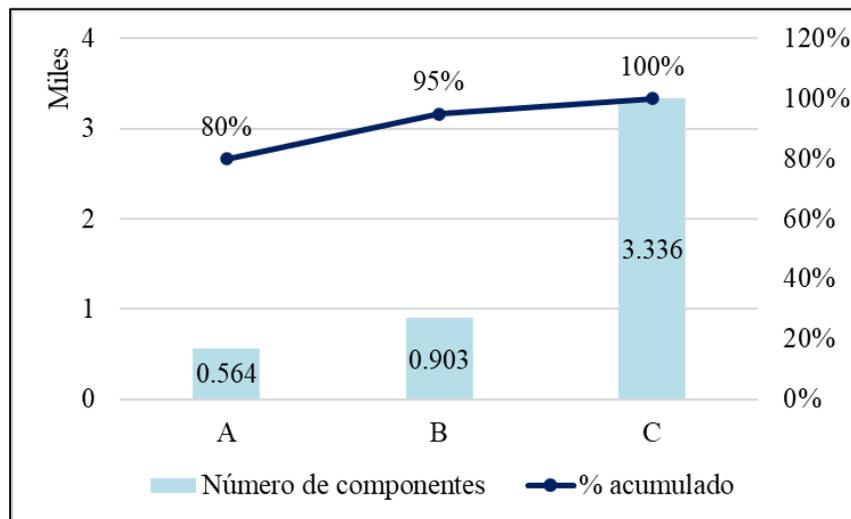


**Gráfica 1. Clasificación ABC de productos finales.**  
Fuente: Elaboración propia.

### 3.3.2. Clasificación ABC de componentes

Tomando como base la información previa, hubo que identificar de los 6,216 números de parte que tuvieron al menos una venta en el periodo seleccionado, cuantos de ellos están clasificados como manufacturados y cuantos, como comprados, por lo que 3,120 productos caen en la clasificación de manufacturados y 3,096 están en la clasificación de productos comprados. Posteriormente obteniendo la lista de materiales de los 3,120 productos manufacturados, procedemos a realizar la clasificación ABC considerando dos casos:

- a) El primero caso considera el requerimiento total en piezas que tuvo cada componente para satisfacer la demanda de productos terminados del periodo seleccionado, es decir, primeramente se definió el volumen total en piezas que tuvo cada producto terminado, posteriormente se hizo el cálculo del total requerido en piezas de cada uno de sus componentes para cubrir la demanda, se realizó la sumatoria para aquellos componentes que son utilizados en más de un producto terminado, obteniendo los resultados que se muestran en la Gráfica 2:



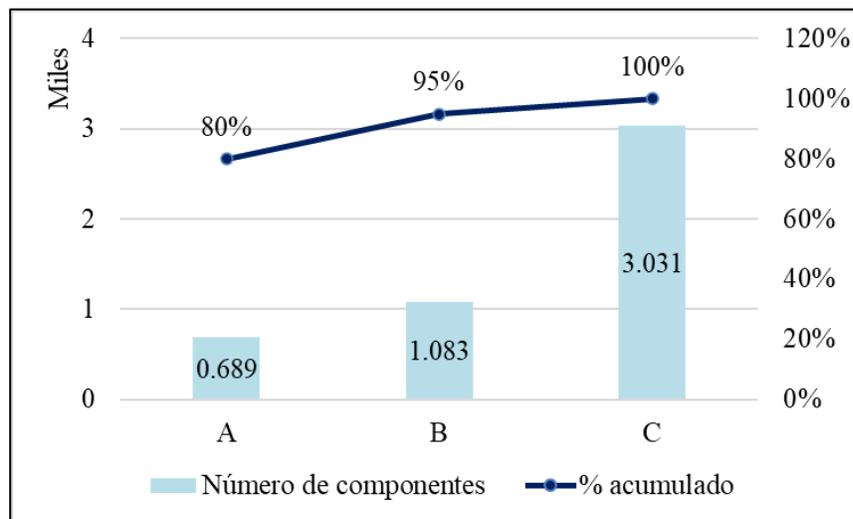
Gráfica 2. Clasificación ABC de componentes por piezas requeridas.

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la Gráfica 2, se muestra que 564 componentes conformarían la clase A (80% del total de piezas requeridas para satisfacer la demanda), 903 componentes para la

clase B (15% del total de piezas requeridas para satisfacer la demanda) y 3,336 componentes conforman la clase C (5% del total de piezas requeridas para satisfacer la demanda)

- b) El segundo caso toma en cuenta el monto total de participación que tuvo cada uno de los componentes para el periodo seleccionado, es decir, habiendo determinado el monto total de venta que tuvo cada producto terminado, se hizo el cálculo del total de participación que cada uno de los componentes tuvo en esta venta, se realizó la sumatoria para aquellos componentes que son utilizados en más de un producto terminado, obteniendo así los resultados que se muestran la Gráfica 3:



**Gráfica 3. Clasificación ABC de componentes por monto de venta.**

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la Gráfica 3, se aprecia que 689 componentes conformarían la clase A (80% de participación en las ventas totales), 1,083 componentes para la clase B (15% de participación en las ventas totales) y 3,031 componentes conforman la clase C (5% de participación en las ventas totales)

Una vez hecha la clasificación ABC tanto para producto terminado, así como para componentes, surge la interrogante ¿Qué clasificación utilizar? Ambas parecieran ser buenas opciones, pero se debe seleccionar una, y dado que el interés de este Trabajo Terminal de Grado es asegurar el abasto de producto terminado requerido por el cliente

que incremente el nivel de servicio ofrecido por la empresa, se hará uso de la clasificación ABC por producto terminado, debido a que al tomar la clasificación ABC por componentes, se corre el riesgo de no tener suficiente material en inventario de todos los componentes que conforman un producto terminado en particular, por ejemplo en la Tabla 2 se puede observar que los componentes de tres productos terminados no tienen la misma clasificación, por lo que el utilizar la clasificación ABC por componentes para realizar la planeación de producción, no garantizaría para todos los casos el abasto de todos los componentes necesarios para armar un producto terminado, debido a que el enfocarnos en los componentes clasificados como A, dejamos de lado los componentes clasificados como B o C:

Producto	Componente	ABC por componentes
B-020	B-020-2-1	A
B-020	B-020-2-2	A
B-020	B-020-2-3	B
B-016	B-016-2-1	A
B-016	B-016-2-2	B
B-016	B-016-2-3	C
R-027	R-027-2-1	B
R-027	R-027-2-2	B
R-027	R-027-2-3	A
R-027	R-027-2-4	B

**Tabla 2. Clasificación ABC de componentes para productos finales.**  
Fuente: Elaboración propia.

Con los resultados obtenidos de la clasificación ABC de productos finales, aun habrá que considerar tres criterios más para la selección de productos para los cuales se desarrolla el plan de producción, ya que, de no hacerlo, el plan de producción que se generaría para los productos, no cumpliría su objetivo, que es el de desarrollar un plan de producción robusto para el área de control de producción, las consideraciones son:

1. Descartar del análisis aquellos productos finales que comparten componentes con productos que no integran el 80% de las ventas totales.

2. Seleccionar únicamente los productos clasificados como manufacturados dentro de la empresa, descartando aquellos identificados como producto terminado desde que son entregados al almacén por el proveedor.
3. Seleccionar aquellos números que satisfacen la condición de haber obtenido un error porcentual absoluto medio  $MAPE \leq 15$ . Debido a que el MAPE es un porcentaje, puede ser más fácil de entender que otros estadísticos de medición de exactitud. Por ejemplo, si el MAPE es 5, en promedio, el pronóstico está errado en un 5%.

La Tabla 3, Tabla 4 y Tabla 5 muestran los números de parte seleccionados tomando como base los tres criterios previamente señalados, recordando que esta delimitación se hace con el objetivo de enfocarse en aquellos números de parte para generar el plan de producción.

Números de parte	Subdivisión 1 <sup>er</sup> criterio	Descripción
719	257	Comparten componentes con productos que forman parte del 80% de ventas
	462	Comparten componentes con productos que no forman parte del 80% de ventas

**Tabla 3. Subdivisión por 1<sup>er</sup> criterio para la selección de números de parte a analizar.**

Fuente: Elaboración propia.

Números de parte a analizar según el 1 <sup>er</sup> criterio	Subdivisión 2 <sup>o</sup> criterio	Descripción
257	32	Productos definidos como comprados
	225	Productos definidos como Manufacturados

**Tabla 4. Subdivisión por 2<sup>o</sup> criterio para la selección de números de parte a analizar.**

Fuente: Elaboración propia.

Números de parte a analizar según el 2 <sup>o</sup> criterio	Subdivisión 3 <sup>er</sup> criterio	Descripción
225	49	Productos con error porcentual absoluto medio $MAPE \geq 15$
	176	Productos con error porcentual absoluto medio $MAPE \leq 15$

**Tabla 5. Subdivisión por 3<sup>er</sup> criterio para la selección de números de parte a analizar.**

Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto, después de haber hecho una subdivisión de los artículos Clase A, considerando los tres diferentes criterios mencionados previamente, se desarrolla el plan de producción únicamente para 176 productos de los 719 que conforman esta clase.

### 3.4. Pronóstico de la demanda

Del análisis realizado de la situación actual de la empresa, se asocia la escasez de producto en almacén, a la falta de técnicas de pronósticos que determinen la cantidad de producto a producir en el momento adecuado, causando costos extremadamente altos.

Para los productos seleccionados a través del análisis ABC y bajo los criterios de selección descritos, se determinan los pronósticos de su demanda a través de la aplicación de métodos cuantitativos adecuados a su comportamiento.

#### 3.4.1. Análisis estadístico de datos

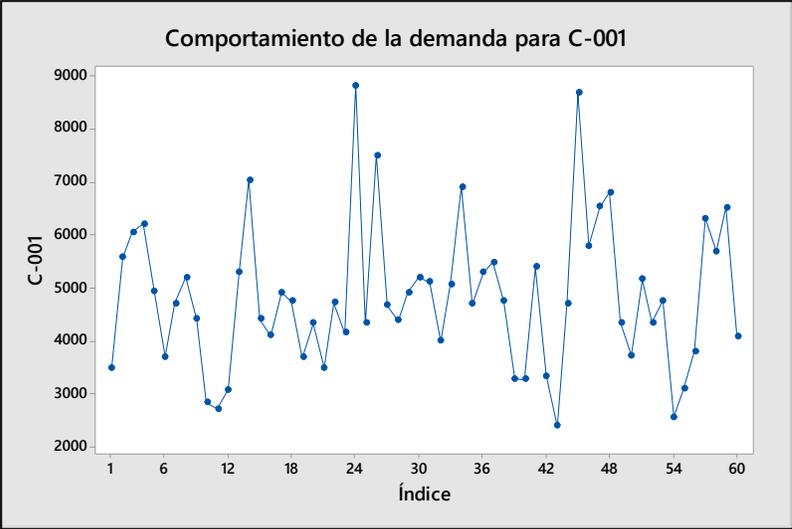
La determinación de la demanda en la cadena de suministro para la industria de repuestos es compleja, debido a la alta variabilidad que existe en la demanda. Las piezas de repuesto presentan una gran variación en la demanda de acuerdo a su precio y criticidad. Otras razones de estas variaciones son las actividades de marketing y el comportamiento de la competencia, así como la gran cantidad de números de parte activos. Debido a lo anterior es de suma importancia describir el comportamiento de la demanda para los artículos seleccionados ver los ejemplos que se muestran en la Tabla 6.

Variable	N	Media	Mediana	Moda	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo
C-001	60	4,815	4,709	3,481	1,373	2,388	8,809
B-003	60	1,141	691	111	1,162	87	5,195
R-001	60	2,671	2,502	2,914	871	1,235	4,956

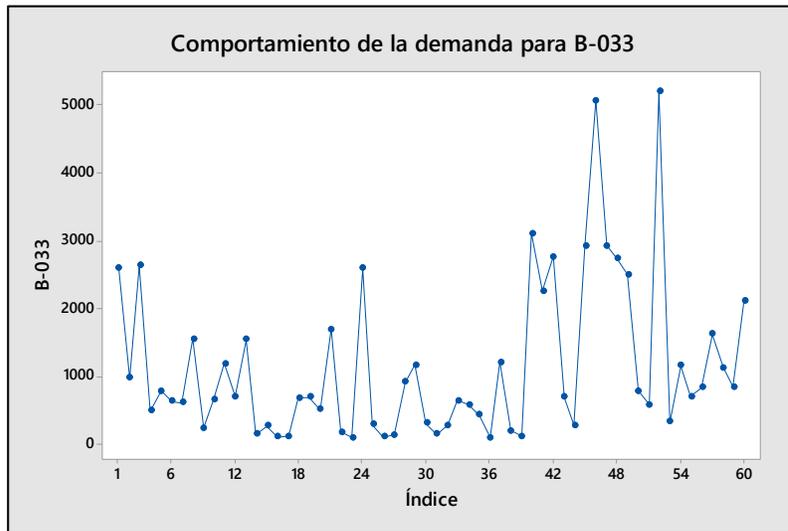
**Tabla 6. Medidas de tendencia central.**

Fuente: Elaboración propia.

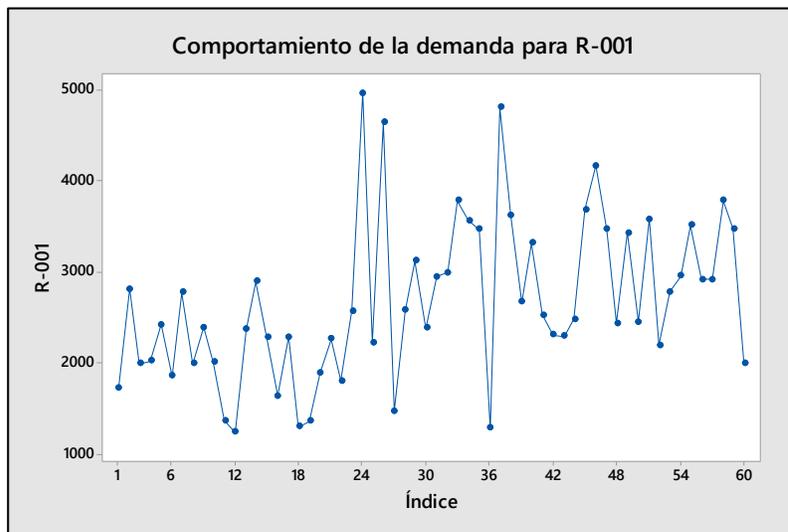
La Tabla 6, muestra los parámetros básicos sobre el conjunto de datos de la información de la demanda con la que se cuenta, se refiere a los cálculos de medidas de tendencia central (media, mediana, moda y desviación estándar). Se observa para todos los productos valores altos para la desviación estándar, también se identificó que para algunos casos no se puede definir la Moda, ya que la demanda no se repite para al menos dos periodos. Por otro lado, el rango entre la demanda mínima y máxima que se puede esperar es muy amplio. Se puede observar en la Figura 4, 5 y 6 que la demanda de estos productos, no siguen una tendencia positiva o negativa, así como tampoco presentan estacionalidad aun cuando es información de cinco años y se esperaría ver un comportamiento similar de un año a otro.



**Figura 4. Comportamiento de la demanda para C-001.**  
Fuente: Elaboración propia.



**Figura 5. Comportamiento de la demanda para B-033.**  
Fuente: Elaboración propia.



**Figura 6. Comportamiento de la demanda para R-001.**  
Fuente: Elaboración propia.

### 3.4.2. Determinación del pronóstico de la demanda

En el desarrollo del presente trabajo y con el apoyo de software estadístico Minitab versión 18 (Minitab Inc., 2018), se aplican técnicas de pronósticos cuantitativos basadas en el análisis de datos históricos del comportamiento de ventas de los productos

seleccionados, divididos en 60 periodos (meses), correspondientes a datos históricos proporcionados por la empresa. A partir del análisis se aplican las siguientes técnicas de series de tiempo con el fin de elaborar un comparativo e identificar la técnica que proporciona el mejor resultado: promedio móvil simple, promedio móvil ponderado, suavización exponencial y suavización exponencial doble y método de Winters para el pronóstico de la demanda, obteniendo valores de Error Porcentual Absoluto Medio fuera de un nivel aceptable ( $MAPE < 15$ ), por lo que fue necesario buscar otros métodos que permitieran mejorar el valor MAPE. La aplicación de promedio móvil simple en conjunto con los métodos de Transformación Box-Cox o Ln, mejoran la precisión en el pronóstico a un valor MAPE aceptable.

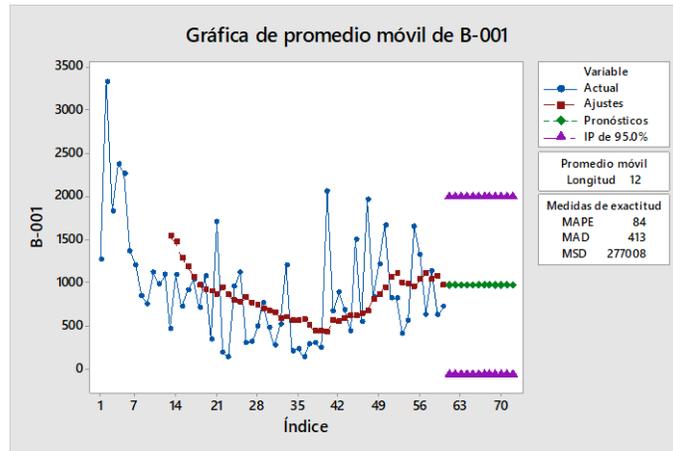
La Tabla 7 muestra un ejemplo de 5 números de parte y los métodos de transformación aplicados en cada caso, solo como ejemplo del análisis realizado para los 176 números de parte seleccionados. Por política de confidencialidad de la empresa sobre el nombre de los productos seleccionados, se les asignaron etiquetas que identifican a cada producto. El Anexo 1 muestra los materiales seleccionados de la categoría A y el método de transformación aplicado para cada uno de ellos.

Producto	Transformación a aplicar
B-001	Box Cox
C-001	Ln
G-001	Ln
R-001	Box Cox
V-001	Box Cox

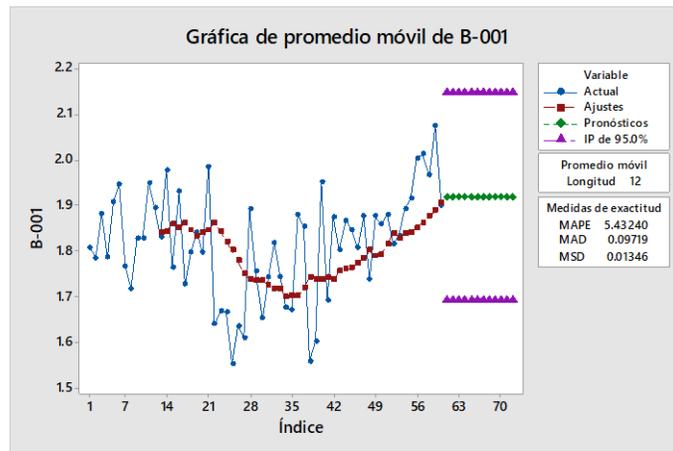
**Tabla 7. Método de transformación por producto.**

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 7 muestra los resultados obtenidos del análisis de la demanda del producto B-001 utilizando la técnica de promedio móvil, en la que se nota que el valor MAPE, esta fuera del valor aceptable ( $MAPE = 84$ ). La Figura 8 muestra los resultados del análisis de la demanda a través del método de transformación Box-Cox y promedio móvil simple, obteniendo un valor MAPE de 5.4324, lo cual muestra que el estimador es más preciso que el método de promedio móvil por sí solo.



**Figura 7. Pronóstico de demanda utilizando promedio móvil.  
MAPE >15 (Minitab Ver. 18)**



**Figura 8. Pronóstico de demanda con transformación Box-Cox y promedio móvil.  
MAPE <15 (Minitab Ver. 18)**

A continuación, en la Tabla 8 se integran los valores MAPE como resultado de aplicar las diferentes técnicas de series de tiempo antes de ajustes, tomando el valor MAPE como indicador de precisión del pronóstico. En primera instancia, este se encuentra muy por arriba del valor que se definió como aceptable  $MAPE \leq 15$ . La última columna muestra los valores MAPE después de aplicar la transformación determinada para cada producto, y aplicando la técnica de promedio móvil, por lo que este se encuentra dentro de un valor aceptable ( $MAPE \leq 15$ ).

Producto	Promedio móvil	Suavización exponencial simple	Suavización exponencial doble	Método winters	Promedio móvil y transformación
B-001	84	72	69	65	5.4324
C-001	23	24	26	26	2.79308
G-001	37.96	37.62	44.01	42.28	7.16176
R-001	24	24	32	24	2.09404
V-001	48.8	45.2	47.3	41.7	4.63996

**Tabla 8. Valor MAPE de las diferentes técnicas de Series de Tiempo.**

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 9 muestra los pronósticos de la demanda obtenidos para los siguientes doce meses, de los 5 productos tomados como ejemplo, donde el pronóstico mensual obtenido se deriva de la des-transformación del pronóstico a la escala original. El Anexo 2 muestra en forma tabular el pronóstico obtenido para los 176 productos seleccionados, para el desarrollo del MRP.

Ítem	Pronóstico mensual (piezas X mes)
B-001	1,400
C-001	4,235
G-001	68
R-001	1,996
V-001	523

**Tabla 9. Pronóstico de demanda en piezas por mes para los siguientes doce meses.**

Fuente: Elaboración propia.

Se hace mención que aun cuando se considera un valor teórico MAPE <15 como indicador de precisión del pronóstico, esto no necesariamente implica que este será el valor del error del pronóstico cuando se compare con los valores no transformados, debido a que, para muchas series, la precisión en el pronóstico para series transformadas dependerá de que tan rápido cambie la variación en la serie lo que haría que los pronósticos sean más exactos. Por lo que un análisis más detallado que determine el error real en el pronóstico se realizara más adelante.

## **CAPITULO 4. PLAN DE PRODUCCIÓN - MRP**

Una vez que se realizó la clasificación ABC, se seleccionaron los productos que representan un mayor valor competitivo para la empresa, y que, además, cumplen con ciertos criterios de clasificación determinados por la empresa, con el fin de facilitar el manejo de los mismos para el área de Control de Producción; se pronosticó la demanda correspondiente para cada uno de estos productos, para iniciar el desarrollo de la propuesta del plan de producción.

La metodología seleccionada para elaborar el plan de producción es el MRP, la cual consta de cuatro pasos:

1. Definir lista de materiales (BOM)
2. Elaborar el MPS (Plan Maestro de Producción) que determina qué, cuándo y cuánto producir de cada producto
3. Registro del inventario inicial de componentes y producto terminado.
4. Desarrollo del MRP

### **4.1. Lista de materiales (BOM)**

La lista de materiales o BOM es una lista de componentes, sub-ensambles y materiales de empaque con sus cantidades necesarios para la fabricación de un producto final. La lista de materiales se conforma de la siguiente manera: en la primera columna se enlistan los productos padres. En la columna Componente se enlistan los materiales que forman el producto terminado; para su fácil identificación, se asignó una etiqueta de acuerdo a su nivel jerárquico, por ejemplo: B-001-2-1 reconoce al producto B-001 como producto padre, nivel jerárquico 2 y el siguiente valor es el número de componente del producto final, para el ejemplo nivel 2 componente 1, esto muestra que este nivel puede tener más componentes como se muestra en la Tabla 10. En la tercera columna tiempo de entrega, se especifica el tiempo de entrega en meses que se tiene definido con los

proveedores. Por último, en la cuarta columna o requerido especifica la cantidad necesaria por cada componente para ensamblar un producto terminado. La Tabla 10 muestra la lista de materiales descrita, para cinco de los productos seleccionados.

Producto	Componente	Tiempo de entrega (meses)	Requerido (piezas X mes)
G-001	G-001-2-1	2	1
B-001	B-001-2-1	4	4
B-001	B-001-2-2	4	4
B-001	B-001-2-3	4	1
B-001	B-001-2-4	4	1
V-001	V-001-2-1	3	1
C-001	C-001-2-1	1	1
R-001	R-001-2-1	2	4
R-001	R-001-2-2	2	4
R-001	R-001-2-3	2	8
R-001	R-001-2-4	2	4

**Tabla 10. Lista de materiales.**

Fuente: Elaboración propia.

Un problema fuera del alcance de la empresa son los largos periodos de entrega (LT) de algunos proveedores, así como su alto nivel de inseguridad en el tiempo de entrega, principalmente los proveedores de origen asiático, lo que mantiene en incertidumbre al área de compras. El área de Compras debido a esta situación no cuenta con la información sobre los requerimientos netos de los componentes de manera oportuna y con la anticipación planeada, causando desabasto o sobre inventario para algunos productos.

#### **4.2. Plan Maestro de Producción (MPS)**

El plan maestro de producción o MPS, consiste en la planificación de los requerimientos de producto terminado a nivel operativo.

Con el análisis de demanda obtenido, se calcula el MPS que indica la cantidad de unidades a producir por horizonte de planeación, trazado en meses.

Haciendo una explosión del MPS, se definirá la cantidad de componentes, sub-ensambles y materiales de empaque que hay que adquirir o manufacturar para cumplir con la cantidad demanda de cada producto.

La Tabla 11 muestra de forma detallada los requerimientos brutos por mes a satisfacer para los cinco artículos que han servido de ejemplo. Esta información proviene del pronóstico obtenido en el capítulo anterior.

Producto	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
B-001	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400
C-001	4,235	4,235	4,235	4,235	4,235	4,235	4,235	4,235	4,235	4,235	4,235	4,235
G-001	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68
R-001	1,996	1,996	1,996	1,996	1,996	1,996	1,996	1,996	1,996	1,996	1,996	1,996
V-001	523	523	523	523	523	523	523	523	523	523	523	523

**Tabla 11. Requerimientos brutos por producto en cantidad de piezas por mes.**

Fuente: Elaboración propia.

De esta forma, se conoce cuándo y en qué cantidades se requiere cada producto, para continuar con el desarrollo de la planeación para la adquisición de los componentes de cada uno de ellos.

### 4.3. Registro de inventario inicial

El inventario inicial en un MRP considera el inventario actual de materiales, inventario de seguridad y recibos programados de cada componente y producto terminado disponible para realizar la planeación de producción por el área a cargo. La Tabla 12 muestra un ejemplo del inventario inicial de cinco de los productos seleccionados y sus componentes, en el que se muestra solo el inventario actual de materiales en almacén.

<b>Producto o componente</b>	<b>Inventario inicial (piezas)</b>
B-001	1,156
B-001-2-1	3,187
B-001-2-2	3
B-001-2-3	5,274
B-001-2-4	1,225
C-001	0
C-001-2-1	3,000
G-001	322
G-001-2-1	0
R-001	3,702
R-001-2-1	25,708
R-001-2-2	32,996
R-001-2-3	32,971
R-001-2-4	15,974
V-001	394
V-001-2-1	1,000

**Tabla 12. Inventario inicial para producto terminado y componentes.**

Fuente: Elaboración propia.

#### **4.4. Desarrollo del MRP**

Una vez que se tiene todos los datos necesarios para iniciar el desarrollo del plan de producción, se inicia el proceso de tiempo-fase para organizar y registrar los materiales que se ingresan, materiales disponibles y los requerimientos que deben cumplirse. Para cumplir estos requerimientos de producto final, se necesita desarrollar un programa de producto que muestre el momento en el que debe estar concluida la producción, así como el momento y la cantidad en que deberán estar disponibles los componentes en el área de Producción. Los pasos para realizar este proceso son los siguientes:

1. Comenzar con el mes de Julio y restar los requerimientos para este mes del inventario disponible y registre la cantidad disponible.
2. Este procedimiento se repite para cada mes hasta que la cantidad proyectada disponible cae por debajo de cero.

- Si la cantidad proyectada está por debajo de cero, entonces, en ese momento, se necesita una recepción programada. Debido a que se requiere un tiempo de entrega, ésta debe ser programada con anticipación.
- La recepción programada se añade a la cantidad disponible, de forma que se encuentre disponible suficiente inventario para cubrir los requerimientos.
- Continuar hasta el final del horizonte de planeación.

Los resultados de este proceso se expresan en la Tabla 13, la cual se muestra como ejemplo uno de los productos seleccionados, el resto se integra en el Anexo 3

		Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
<b>B-001</b>		<b>1,400</b>											
B-001-2-1 Requerido: 4 piezas/producto LT/ meses: 4 Inv. Inicial: 3187 piezas MOQ: 5000 piezas	Requerimiento Bruto	976	5,600	5,600	5,600	5,600	5,600	5,600	5,600	5,600	5,600	5,600	5,600
	Recibos programados	5,000	5,000	5,000	5,189	5,600	5,600	5,600	5,600	5,600	5,600	5,600	0
	Inventario	2,211	1,611	1,011	411	0	0	0	0	0	0	0	0
	Requerimiento Neto	0	3,989	4,589	5,189	5,600	5,600	5,600	5,600	5,600	5,600	5,600	5,600
		5,600	5,600	5,600	5,600	5,600	5,600	5,600	0	0	0	0	0
B-001-2-2 Requerido: 4 piezas/producto LT/ meses: 4 Inv. Inicial: 3 piezas MOQ: 5000 piezas	Requerimiento Bruto	976	5,600	5,600	5,600	5,600	5,600	5,600	5,600	5,600	5,600	5,600	5,600
	Recibos programados	6,573	5,600	5,600	5,600	5,600	5,600	5,600	5,600	5,600	5,600	5,600	0
	Inventario	-973	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Requerimiento Neto	1,949	5,600	5,600	5,600	5,600	5,600	5,600	5,600	5,600	5,600	5,600	5,600
		5,600	5,600	5,600	5,600	5,600	5,600	5,600	0	0	0	0	0
B-001-2-3 Requerido: 1 piezas/producto LT/ meses: 4 Inv. Inicial: 5274 piezas MOQ: 2500 piezas	Requerimiento Bruto	244	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400
	Recibos programados	0	0	0	2,500	0	2,500	0	2,500	2,500	0	2,500	0
	Inventario	5,030	3,630	2,230	830	1,930	530	1,630	230	1,330	2,430	1,030	2,130
	Requerimiento Neto	0	0	0	570	0	870	0	1,170	70	0	370	0
		0	2,500	0	2,500	2,500	0	2,500	0	0	0	0	0
B-001-2-4 Requerido: 1 piezas/producto LT/ meses: 4 Inv. Inicial: 1225 piezas MOQ: 2500 piezas	Requerimiento Bruto	244	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400	1,400
	Recibos programados	2,500	0	2,500	0	2,500	0	2,500	2,500	0	2,500	0	0
	Inventario	981	2,081	681	1,781	381	1,481	81	1,181	2,281	881	1,981	581
	Requerimiento Neto	0	0	719	0	1,019	0	1,319	219	0	519	0	819
		2,500	0	2,500	2,500	0	2,500	0	0	0	0	0	0

**Tabla 13. MRP para el producto B-001.**

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se detalla el desarrollo del MRP tomando como ejemplo el producto B-001 y su componente B-001-2-1:

El Plan Maestro de Producción indica que para el producto B00-1 se pronostica una demanda mensual de 1,400 unidades para cada uno de los siguientes doce meses. Considerando el inventario inicial de este producto (1,156 piezas), habrá un requerimiento de producción para el mes de julio es de 244 piezas y 1,400 piezas para los siguientes once meses.

Con la información anterior y sabiendo la cantidad requerida del componente B-001-2-1 para ensamblar un producto B-001 (4 piezas/producto), determinar el requerimiento bruto para los siguientes meses, por lo tanto, 976 piezas en Julio y 5,600 piezas para los siguientes once meses.

Al inicio del periodo de planeación hay inventario disponible de 3,187 piezas del componente B-001-2-1. Por lo que hay que restar el requerimiento bruto del primer mes y determinar el requerimiento neto de este mes ( $3,187-976=2,211$  piezas disponibles). Por lo que no es necesario tener recibo programado para un periodo anterior.

Continuando con la misma mecánica, se identifica que para el mes de agosto se tendrá un inventario inicial de 2,211 piezas, muy por debajo de las 5,600 piezas requeridas para este mes por lo que es necesario contar con un recibo programado un periodo antes. Se debe programar un recibo para el mes de Julio por 5,000 piezas que es el mínimo de compra con el proveedor, que se requieren para satisfacer la demanda del mes de agosto.

Una vez cubierta la demanda del mes de agosto, el inventario disponible para el mes de septiembre es de 1,611, por lo que habrá que planear un recibo en el mes de agosto por 5,000 piezas y así cumplir con la demanda pronosticada. Esta misma secuencia se aplica para los siguientes meses.

## **CAPITULO 5. COMPARACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL CON EL PLAN DE PRODUCCIÓN PROPUESTO**

Ofrecer altos niveles de servicio al cliente es fundamental para conseguir y mantener la fidelidad de los clientes a través del tiempo. El nivel de servicio al cliente se define como el porcentaje de pedidos que la empresa es capaz de atender dentro de un plazo determinado, esto representa el grado de satisfacción de los clientes. Con los resultados obtenidos en el capítulo anterior, a continuación, se presenta el análisis de los resultados en forma comparativa entre el nivel de servicio actual que ofrece la empresa y el plan de producción propuesto. Este tipo de análisis permite determinar si existe diferencia significativa entre la manera en que actualmente se trabaja en la empresa y el plan de producción propuesto, que conduzcan a conclusiones objetivas.

### **5.1. Nivel de servicio al cliente actual para clientes nacionales**

Un alto nivel de servicio representa un gran esfuerzo logístico en todos los eslabones de la cadena. Por ejemplo, un nivel de servicio de 97% significa que de 100 órdenes demandas por el cliente, 97 de ellas se entregan al cliente dentro del plazo establecido. Para ello, debe haber inventario suficiente para cumplir el pedido, lo que supone también tener los insumos necesarios por parte de los proveedores y la capacidad suficiente de producción, surtido y despacho en la empresa. La forma de calcular el nivel de servicio al cliente se calcula a través de la ecuación 19.

$$Nivel\ de\ Servicio\ (\%) = \frac{Total\ de\ articulos\ vendidos}{Total\ de\ articulos\ ordenados} \times 100 \quad (19)$$

En este apartado, el objetivo es determinar el actual nivel de servicio al cliente para los productos seleccionados, tomando en cuenta las órdenes que han ingresado al sistema de julio de 2019 a abril de 2020. La Tabla 14 muestra el acumulado mensual de lo

ordenado por los clientes para los 176 productos seleccionados en piezas y en pesos mexicanos.

<b>Año</b>	<b>Mes</b>	<b>Cantidad ordenada (piezas)</b>	<b>Valor neto ordenado (\$ MXN)</b>
2019	Julio	50,790	\$ 5,837,166
	Agosto	41,146	\$ 5,987,837
	Septiembre	47,398	\$ 7,133,140
	Octubre	36,862	\$ 4,585,679
	Noviembre	38,579	\$ 5,004,291
	Diciembre	39,336	\$ 5,546,800
2020	Enero	46,695	\$ 6,502,590
	Febrero	45,929	\$ 5,737,702
	Marzo	41,801	\$ 5,203,481
	Abril	36,657	\$ 5,613,944

**Tabla 14. Ventas de julio 2019 a abril 2020.**

Fuente: Elaboración propia.

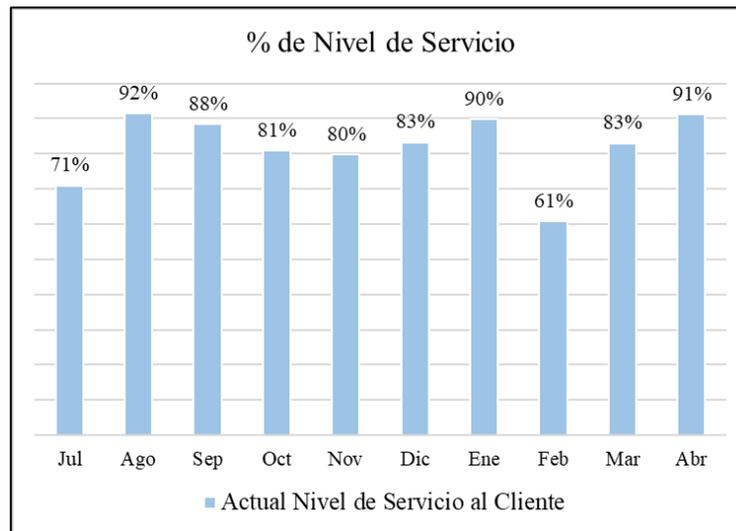
El siguiente paso, es determinar del total ordenado por los clientes, cual fue la cantidad de producto que se entregó en la fecha requerida. Cabe resaltar que puede existir más de una entrega para una orden de venta hasta completar le pedido. La Tabla 15 muestra el acumulado mensual de lo entregado para los 176 productos seleccionados en piezas y en pesos mexicanos.

<b>Año</b>	<b>Mes</b>	<b>Cantidad entregada a tiempo (piezas)</b>	<b>Valor neto entregado (\$MXN)</b>
2019	Julio	36,048	\$ 4,443,084
	Agosto	37,682	\$ 5,392,735
	Septiembre	41,937	\$ 6,292,981
	Octubre	29,849	\$ 3,769,194
	Noviembre	30,787	\$ 3,848,348
	Diciembre	32,749	\$ 4,828,392
2020	Enero	41,949	\$ 6,380,766
	Febrero	27,929	\$ 3,475,849
	Marzo	34,685	\$ 4,437,115
	Abril	33,470	\$ 5,075,921

**Tabla 15. Entregas a tiempo de julio 2019 a abril 2020.**

Fuente: Elaboración propia.

Por los tanto, con la información de las Tablas 14 y 15, considerando la cantidad de piezas ordenada por el cliente y la cantidad de piezas entregada por la empresa, es posible determinar el nivel de servicio alcanzado para cada uno de los meses. Esta información se muestra en la Gráfica 4.



**Gráfica 4. Actual Nivel de servicio al cliente de julio 2019 a abril 2020.**  
Fuente: Elaboración propia.

De la Gráfica 4 se puede apreciar que el nivel de servicio al cliente actual, varía mes a mes, y que representa el 82% en promedio. Si bien, se puede decir que el nivel de servicio ofrecido para los productos seleccionados no es tan malo, aún existe un margen de mejora de un 18% para lograr el 100% de nivel de servicio. El siguiente paso es determinar el nivel de servicio al cliente que se alcanzaría con el plan de producción propuesto.

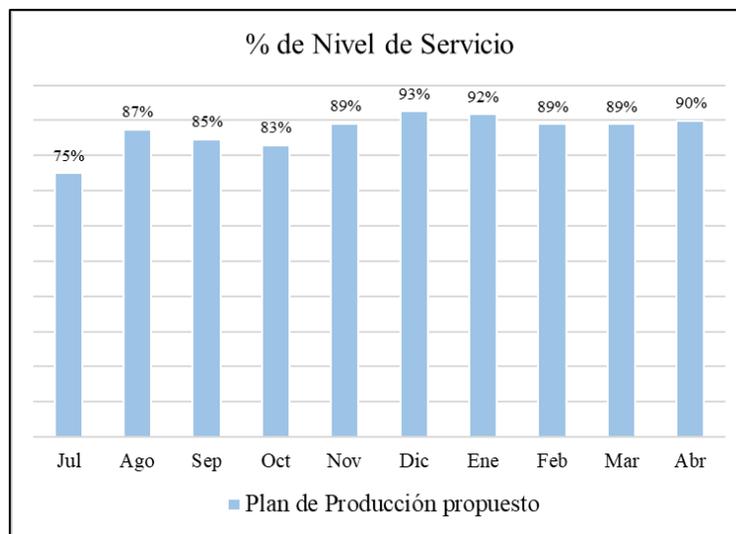
## 5.2. Nivel de servicio al cliente con el plan de producción propuesto

La Tabla 14 fue la base para determinar el objetivo del plan de producción propuesto. El detalle de la cantidad de piezas y monto que serían entregadas en tiempo, si se sigue el plan de producción propuesto para cada mes se muestra en la Tabla 16.

Año	Mes	Cantidad entregada a tiempo (piezas)	Valor neto entregado (\$MXN)
2019	Julio	38,090	\$ 4,377,587
	Agosto	35,983	\$ 5,236,483
	Septiembre	40,142	\$ 6,041,152
	Octubre	30,561	\$ 3,801,827
	Noviembre	34,375	\$ 4,458,968
	Diciembre	36,393	\$ 5,131,805
2020	Enero	42,839	\$ 5,965,617
	Febrero	40,876	\$ 5,106,454
	Marzo	37,175	\$ 4,627,626
	Abril	32,970	\$ 5,049,287

**Tabla 16. Entregas de julio 2019 a abril 2020 con el plan de producción propuesto.**  
Fuente: Elaboración propia.

El resultado de los cálculos realizados a través de la ecuación 19 con la información de las Tablas 14 y 16, es el nivel de servicio al cliente que se estaría alcanzando con la nueva propuesta. La Gráfica 5 muestra los resultados de cada mes.

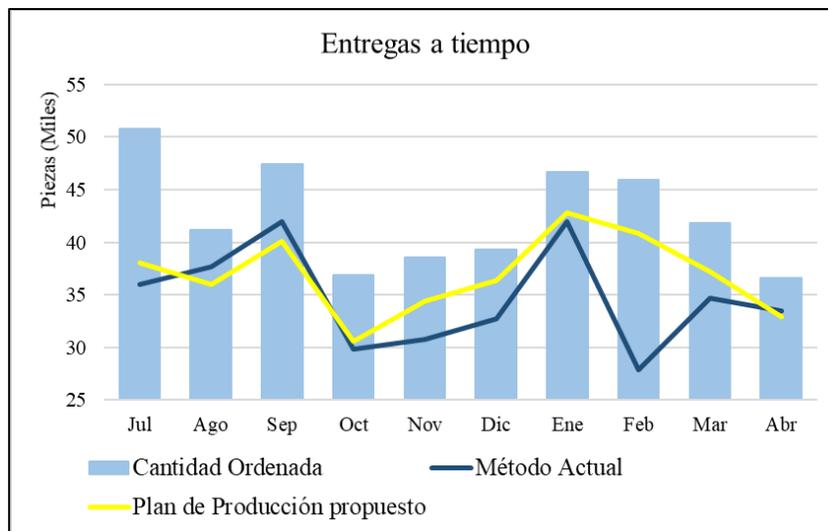


**Gráfica 5. Nivel de Servicio con el plan de producción propuesto.**  
Fuente: Elaboración propia.

En promedio se alcanzaría un 87% de nivel de servicio al cliente con el plan de producción propuesto.

### 5.3. Comparación de los resultados del plan de producción propuesto con el nivel de servicio actual

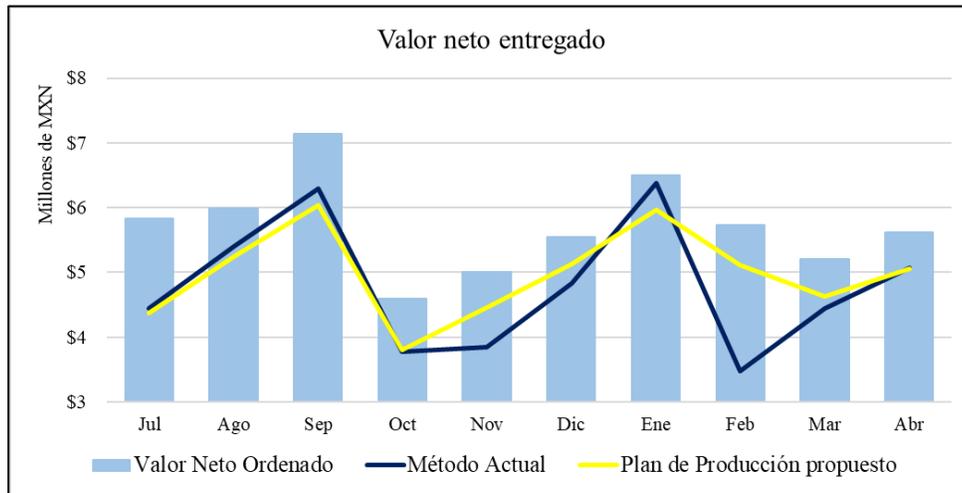
La comparación de resultados se realiza a través de la representación gráfica de datos, ya que ofrece una imagen más clara del contexto y de los datos comparados, facilitando el entendimiento de las conclusiones obtenidas. En la Gráfica 6, se evalúa de forma conjunta lo ordenado por los clientes en piezas, acompañado de la cantidad de piezas entregadas actualmente y con el plan de producción propuesto.



**Gráfica 6. Concentrado de entregas a tiempo**

Fuente: Elaboración propia.

Se observa en la gráfica, que existe una mejora en las entregas siguiendo el plan de producción propuesto, mejora que representa la entrega de 22,319 piezas más según lo requerido por los clientes. El siguiente paso es evaluar de acuerdo al valor neto entregado en tiempo, información que se muestra en la Gráfica 6.

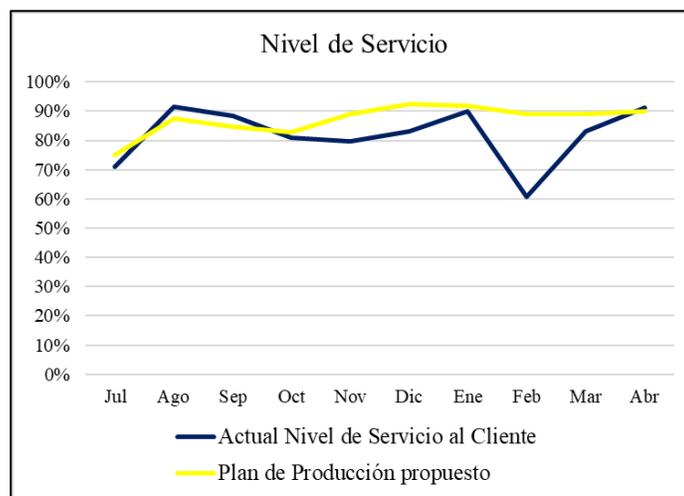


**Gráfica 7. Concentrado de valor neto entregado.**

Fuente: Elaboración propia.

Similar a la Gráfica 6, se observa que existe una mejora en el valor neto entregado siguiendo el plan de producción propuesto, mejora que representa \$ 1,852,422 pesos más que lo entregado actualmente.

Ahora bien, la Gráfica 8 representa la comparativa del nivel de servicio alcanzado en ambos casos, y se aprecia que el plan de producción propuesto se mantiene en promedio en un 87 % comparado con el 82 % actual, por lo tanto, el plan de producción propuesto, ofrece una mejora del 5% al nivel de servicio que la empresa ofrecería al cliente.



**Gráfica 8. % de Nivel de Servicio al cliente.**

Fuente: Elaboración propia.

#### **5.4. ¿Es significativa la mejora ofrecida por el plan de producción?**

Una vez que se obtuvieron resultados favorables entre el plan de producción propuesto y el método actual, 5 % de incremento con respecto al método actual, habrá que concluir finalmente si esta mejora resulta significativa para la empresa o no.

En primera instancia se debe tener en cuenta que el plan de producción propuesto se desarrolló para el 24 % de los artículos clasificados como A, por lo tanto, si se desarrolla la misma metodología para el 76% restante de productos que conforman esta clase, y suponiendo obtener un resultado similar, aun cuando este se mantenga del 5% obtenido, el valor total de la mejora en términos monetarios se incrementaría de \$1,852,422 a \$7,718,425.

Así mismo, haber obtenido un 5% de incremento en el nivel de servicio al cliente, a simple vista podría no resultar muy convincente, la Tabla 17 muestra un concentrado del nivel de servicio al cliente que se tuvo en 2018 (único año en el que esta información se registró de forma diaria), desglosado por mes y por días hábiles, de forma descendente del primer al último día del mes.

Se observa por la Tabla 17 de qué forma se comporta el nivel de servicio, la cual muestra los cambios del porcentaje de cada día, midiendo este hasta en decimales debido a su complejidad logística. Siendo visible que en el trabajo diario es difícil elevar en un punto porcentual y mantenerlo en niveles que el cliente considere aceptables a través del tiempo

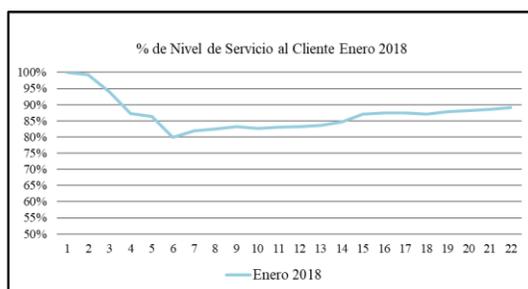
Por otro lado, para el año de 2018 el promedio de nivel de servicio al cliente obtenido fue del 84 %. Por lo que el 87 % obtenido con el plan de producción propuesto, aún se encuentra por encima del pronóstico intuitivo actual.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
100.0%	86.9%	89.3%	88.1%	74.7%	78.0%	21.0%	77.0%	81.9%	85.2%	77.1%	100.0%
99.2%	92.3%	90.1%	90.9%	77.3%	79.1%	55.9%	79.3%	85.8%	88.2%	89.5%	90.1%
93.9%	92.6%	90.5%	86.5%	66.0%	81.0%	61.7%	81.6%	86.1%	89.4%	89.3%	95.0%
87.2%	92.0%	91.1%	86.6%	71.1%	86.3%	64.6%	82.4%	85.2%	88.6%	90.9%	95.4%
86.4%	91.8%	91.4%	76.1%	74.5%	86.0%	66.0%	81.6%	84.6%	89.1%	91.5%	95.0%
79.8%	90.7%	92.6%	78.6%	73.6%	86.0%	68.4%	81.7%	83.3%	90.0%	92.1%	95.2%
82.0%	90.8%	93.1%	77.1%	75.3%	84.6%	75.8%	81.2%	83.9%	90.8%	91.4%	95.0%
82.4%	92.0%	93.8%	78.1%	76.1%	83.7%	75.4%	80.3%	84.4%	89.1%	90.2%	94.4%
83.3%	91.7%	93.7%	78.1%	75.7%	83.4%	75.6%	82.6%	83.2%	92.0%	81.6%	94.0%
82.7%	92.6%	93.1%	79.2%	77.7%	82.9%	76.1%	83.9%	84.1%	92.2%	83.3%	92.8%
83.1%	92.6%	92.6%	79.2%	81.9%	82.7%	75.6%	83.5%	82.8%	91.8%	84.9%	91.8%
83.2%	92.7%	92.3%	81.1%	81.8%	82.0%	75.8%	82.9%	82.8%	91.1%	85.0%	91.4%
83.5%	92.0%	92.3%	79.6%	81.8%	81.8%	76.0%	82.3%	83.2%	91.0%	85.2%	
84.7%	92.6%	91.7%	78.6%	80.5%	81.9%	75.8%	82.3%	83.3%	90.8%	86.4%	
87.1%	91.8%	90.8%	79.8%	80.4%	81.7%	76.0%	82.3%	83.0%	90.7%	86.5%	
87.5%	91.9%	88.4%	78.7%	80.4%	81.0%	76.1%	82.4%	83.9%	90.8%	86.5%	
87.5%	91.1%	87.8%	78.7%	79.1%	80.8%	75.6%	82.3%	84.6%	91.0%	86.5%	
87.1%	91.1%	86.8%	79.1%	79.4%	80.8%	75.7%	82.1%	84.7%	90.9%	86.8%	
87.8%	91.5%	86.5%	79.8%	79.8%	80.2%	76.0%	82.2%	84.9%	90.9%	87.6%	
88.1%			79.4%	80.0%	77.9%	77.4%	82.1%	86.0%	91.0%	88.1%	
88.5%			78.2%	80.4%	77.4%	77.9%	82.1%		90.9%		
89.1%				79.8%			82.3%		91.0%		
									90.3%		

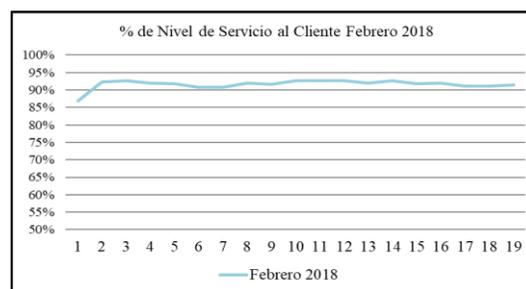
**Tabla 17. Nivel de servicio al cliente 2018.**

Fuente: Elaboración propia.

De forma gráfica, es más sencillo visualizar el comportamiento que el nivel de servicio tiene, ya que este se mueve hacia arriba en intervalos de porcentaje muy pequeños, mientras que cuando este disminuye, este lo puede hacer a pasos agigantados.



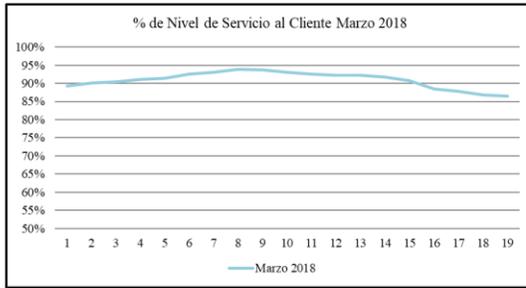
**Gráfica 9. % de Nivel de Servicio al cliente enero 2018.**  
Fuente: Elaboración propia



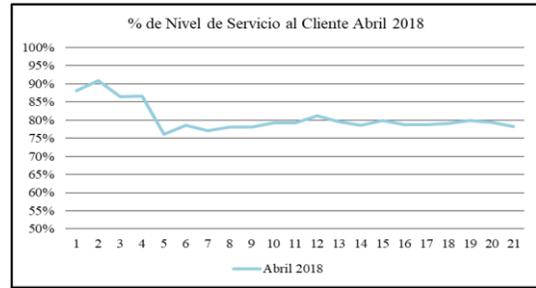
**Gráfica 10. % de Nivel de Servicio al cliente febrero 2018.**  
Fuente: Elaboración propia

Los primeros cinco días hay una tendencia descendente, con el paso de los días se recupera el nivel de servicio hasta 90%.

Se mantuvo un buen nivel de servicio para todo el mes entre 90% y 95%.



**Gráfica 11. % de Nivel de Servicio al cliente marzo 2018.**  
Fuente: Elaboración propia



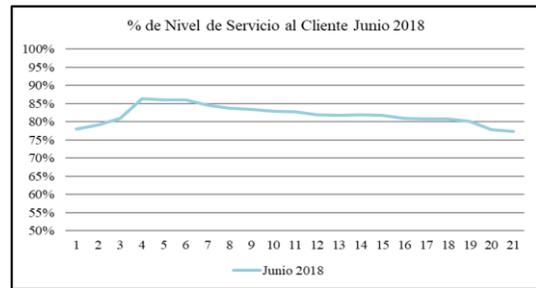
**Gráfica 12. % de Nivel de Servicio al cliente abril 2018.**  
Fuente: Elaboración propia

El nivel de servicio mantiene una tendencia positiva hasta mediados de mes, donde comienza a descender hasta 86%.

Caida en el nivel de servicio al inicio de mes, posteriormente se mantiene estable entre 75% y 80%.



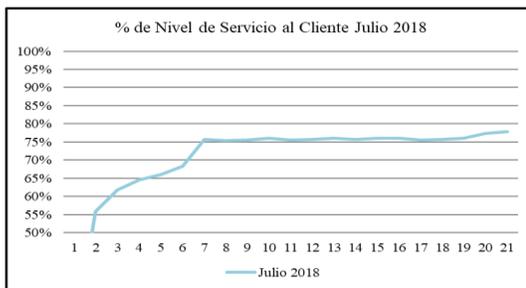
**Gráfica 13. % de Nivel de Servicio al cliente mayo 2018.**  
Fuente: Elaboración propia



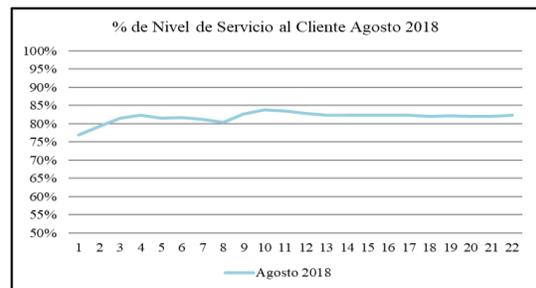
**Gráfica 14. % de Nivel de Servicio al cliente junio 2018.**  
Fuente: Elaboración propia

Hay una caída drástica en el tercer día de 75% a 65%, se logra recuperar y se cierra el mes con un 80%.

Tendencia positiva para los primeros cuatro días, posteriormente hay una tendencia negativa el resto del mes.



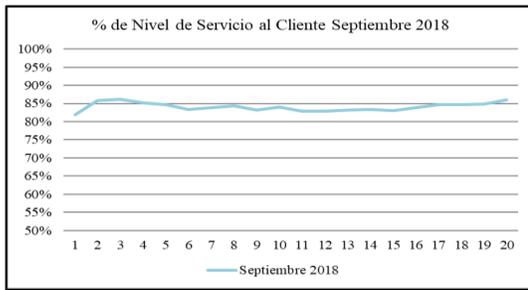
**Gráfica 15. % de Nivel de Servicio al cliente julio 2018.**  
Fuente: Elaboración propia



**Gráfica 16. % de Nivel de Servicio al cliente agosto 2018.**  
Fuente: Elaboración propia

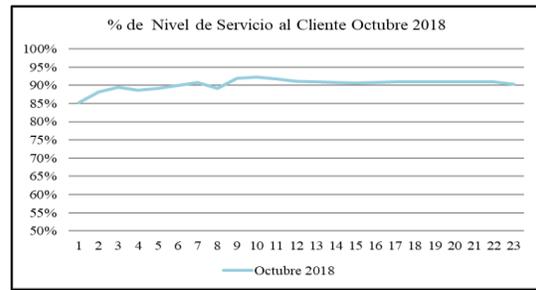
Bajo nivel de servicio de 50%, se recupera en el mes hasta llegar a un 77%.

Se mantiene estable el nivel de servicio entre 80 y 85 %.



**Gráfica 17. % de Nivel de Servicio al cliente septiembre 2018.**

Fuente: Elaboración propia

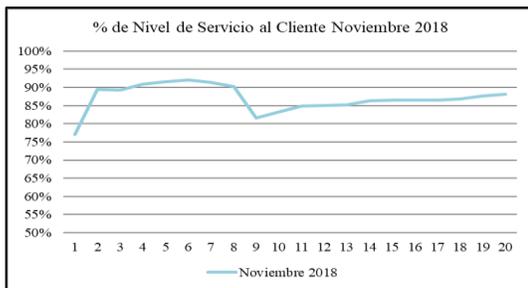


**Gráfica 18. % de Nivel de Servicio al cliente octubre 2018.**

Fuente: Elaboración propia

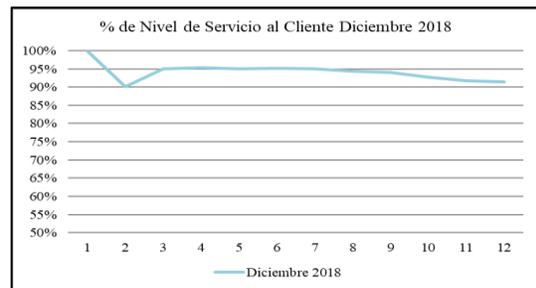
Por segundo mes consecutivo el nivel de servicio se mantuvo estable entre un 80% y 85%.

Se mantuvo el nivel de servicio por arriba del 90%.



**Gráfica 19. % de Nivel de Servicio al cliente noviembre 2018.**

Fuente: Elaboración propia



**Gráfica 20. % de Nivel de Servicio al cliente diciembre 2018.**

Fuente: Elaboración propia

Un mes muy variable, con subidas y bajadas en el nivel de servicio, finalmente se cierra el mes con 88%.

Se tiene un muy buen inicio, seguido de una tendencia negativa hasta llegar al 91%.

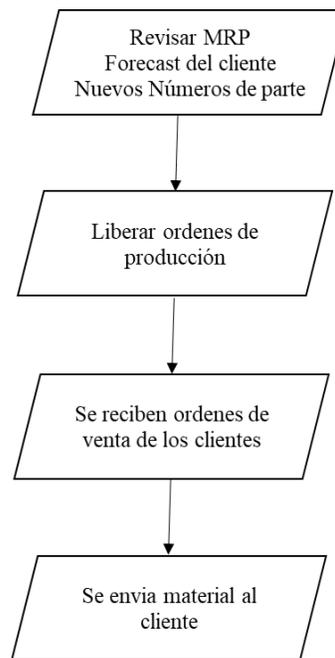
Finalmente haber obtenido una mejora del 5% al nivel de servicio al cliente, representa más que solo un mejor servicio, ya que con ello, indirectamente se logran otros beneficios, por ejemplo, al disminuir la cantidad de faltantes, la recolección, facturación y envío de las órdenes del cliente, se hace en una sola exhibición, por lo tanto hay una disminución de los costos por faltante en lo que actualmente se incurre, ya que hay un mayor aprovechamiento de los recursos (surtidores, empacadores y medios de distribución).

También, no olvidar que esta metodología puede ser complementada con el método actual, en el que se hace una revisión diaria a los productos faltantes, y que, en

conjunto con las demás áreas, se trabajaría para atacar de forma inmediata los faltantes que el plan de producción no alcanzara a cubrir, logrando obtener una mayor mejora.

### 5.5. Nuevo proceso de planeación de las ordenes de producción

Con la implementación del MRP, el proceso de planeación de las ordenes de producción cambia considerablemente, ya que actividades de validación de niveles de inventarios, producto terminado por confirmar, ordenes en producción, ordenes en surtido, etc., son actividades que ya no se ejecutarían de forma cotidiana o como parte del proceso. Ya que se tiene conocimiento por anticipado de que es lo que se requiere en cada uno de los periodos y cuanto es necesario liberarlo. Únicamente se sigue considerando el pronóstico que el cliente entrega y la liberación de ordenes de producción para artículos nuevos. La Figura 9 muestra como seria el proceso de liberación de ordenes de producción.



**Figura 9. Nuevo proceso de planeación de ordenes de producción.**  
Fuente: Elaboración propia.

## 5.6. Análisis de medición del error en el pronóstico de demanda

Un punto importante de interés en el desarrollo de este Trabajo Terminal de Grado, es la determinación de la precisión del pronóstico obtenido para la elaboración del plan de producción propuesto, con la finalidad de tener una idea clara del impacto que este tendría en los niveles de inventario de la empresa, ya que como se hizo mención anteriormente, el hecho de subestimar el pronóstico implica el incurrir en faltantes y no poder satisfacer los requerimientos del cliente en el momento en que es requerido. Otro caso es el hecho de tener pronósticos sobreestimados, si bien se asegura la disponibilidad de producto en todo momento, existiría un sobre inventario para la empresa lo que equivale a incurrir en costos de mantener inventario, riesgos de obsolescencia, costos fijos, etc. La Tabla 18 presenta el análisis de medición del error en el pronóstico de demanda para cinco productos, el resto de los productos se visualizan en el Anexo 4.

MRP	Suma acumulada de errores de pronóstico	Desviación absoluta media MAD	Error cuadrático medio MSE	Error porcentual absoluto medio MAPE	Periodos sobreestimados	Periodos subestimados
B-001	-3,364	854.33	775,923.3	174.3	5	1
C-001	-2,997	763.17	751,944.8	22.7	4	2
G-001	-180	30.00	996.3	91.1	6	0
R-001	-432	572.00	459,350.3	36.9	3	3
V-001	-442	246.67	86,558.3	85.0	5	1

**Tabla 18. Medición del error en pronósticos de demanda.**

Fuente: Elaboración propia.

Como se había previsto, no se logra obtener un  $MAPE < 15$  como sería de esperarse, debido principalmente a la alta variabilidad que la demanda del mercado de repuestos presenta para sus productos. Es también evidente que para los cinco ejemplos que en la Tabla 18 se muestran se sobreestimo para la mayoría de los periodos, lo que asegura la disponibilidad del producto, dejando para trabajos futuros la evaluación del costo total en el que se incurre por el exceso de inventario. Este es un efecto previsible en la industria, cuando se tiene como objetivo incrementar el nivel de servicio ofrecido al cliente, los inventarios tienden a subir, ya que es una de las formas en que se garantizaría tener el producto disponible, caso contrario cuando se pretende disminuir los niveles de inventario, el nivel de servicio puede verse afectado por la no disponibilidad de producto.

## CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

El objetivo de este Trabajo Terminal de Grado es proponer un plan de producción de los productos seleccionados, al incorporar la metodología de planeación de requerimiento de materiales (MRP), que permita incrementar el nivel de servicio al cliente a través de la evaluación de las ventas alcanzadas (indicador de desempeño que la empresa determina en sus KPI's) con el plan de producción propuesto en comparación con el comportamiento de las ventas reales actuales. Dicho objetivo se alcanzó, desarrollando los objetivos particulares planteados al inicio de este Trabajo Terminal de Grado, los cuales se detallan a continuación:

Se realizó un análisis del proceso de planeación de la producción para identificar los factores críticos que influyen en este proceso, a fin de determinar la metodología a utilizar para resolver el problema de planeación de la producción. Se visualiza que, el proceso de toma de decisiones para el planeador de producción, se ve afectado por múltiples áreas que se interrelacionan para hacer funcionar la cadena de suministro interna.

Se efectuó una revisión a la literatura relacionada con la clasificación de productos ABC, determinación de la demanda, métodos de pronósticos, transformación Box-Cox y Logarítmica en pronósticos y planeación de requerimiento de materiales. Se revisaron publicaciones de revistas científicas que abordan casos similares a la problemática aquí planteada.

Se desarrolló una clasificación de productos ABC y se definieron tres diferentes criterios para delimitar los productos para el desarrollo del plan de producción. Posteriormente, se determinó la demanda de los productos previamente seleccionados, aplicando en primera instancia la transformación Box-Cox o transformación logarítmica, según fuera el caso seguido del uso de técnicas de series de tiempo.

Posteriormente se elaboró el MRP para cada uno de los productos seleccionados, el cual representa la propuesta del plan de producción que tiene como objetivo resolver el

problema de planeación de la producción. Visualizando en él los requerimientos netos en cada periodo para cada producto seleccionado, así como las cantidades requeridas para cada uno de sus componentes y las fechas en que estos deben ser ordenados. Convirtiéndose de esta forma en una herramienta que apoya en la toma de decisiones del planeador de producción.

Se procedió a determinar el nivel de servicio al cliente del método actual, para los productos seleccionados considerando lo ordenado por los clientes y comparándolo con lo que la empresa fue capaz de suministrar en la fecha que el cliente requirió el producto. De esta forma se determinó el porcentaje de cumplimiento para cada uno de los periodos seleccionados.

Finalmente se hizo una comparación con los resultados del plan de producción propuesto con el nivel de servicio actual, que evalúa si existe una mejora entre el plan de producción propuesto y el método de trabajo actual.

Por lo anterior, se concluye lo siguiente, la hipótesis propuesta de que un plan de producción basado en la metodología MRP que considera los factores críticos del caso de estudio, incrementa el nivel de servicio al cliente nacional, resulta ser cierta, ya que se concluye que el plan de producción propuesto, si incrementa el nivel de servicio al cliente. Además de que el faltante de producto disminuye, y no se incurre en gastos de operación por hacer una segunda recolección, facturación y envío del producto solicitado que no se tuvo cuando el cliente lo requirió.

El Trabajo Terminal de Grado ofrece una nueva alternativa para los tomadores de decisiones de las diferentes áreas de la empresa. El proyecto MRP enfoca los esfuerzos de la empresa hacia objetivos claros, previamente definidos, en el que cada miembro de la cadena de suministro interna conoce anticipadamente los requerimientos del mercado. Permitiendo una planeación anticipada en cada una de las áreas involucradas.

El proyecto MRP es un proyecto bastante ambicioso por desarrollar, ya que entre sus objetivos busca crear una cultura de trabajo integrada entre las diferentes áreas de la cadena de suministro, con resultados significativos tanto de incremento en el nivel de servicio al cliente así como en los resultados económicos habiendo obtenido un 87 % comparado con el 82 % actual, por lo tanto, el plan de producción propuesto, ofrece una mejora del 5% al nivel de servicio que representa \$ 1,852,422 pesos más que lo entregado actualmente.

Otro beneficio de la aplicación de un MRP es su facilidad de manejo y sus resultados son sencillos de analizar y entender para lograr un buen flujo en la información, entre todos los eslabones de la cadena de suministro que intervienen. Su implementación no requiere de un software especial, por lo que es fácil de calcular con la ayuda de cualquier hoja de cálculo, siempre y cuando se cuente con la información correspondiente.

Para reforzar la implementación del MRP como método de planeación de la producción, se sugiere realizar una revisión periódica posterior a la ejecución del plan de producción, con el cual se identifiquen números de parte que estén requeridos por el cliente de los cuales no se cuente con existencias en el almacén y tomar las acciones necesarias para asegurar el abasto de producto terminado. Esta revisión se realizaría como acción correctiva y preventiva, mas no como parte de las actividades diarias del planeador de producción.

Las limitantes que se encontraron durante el desarrollo de este trabajo fue la gran cantidad de productos activos que la empresa ofrece, por lo que fue necesario realizar una selección de productos que mostraran las ventajas de la aplicación de métodos cuantitativos, lo cual fue demostrado por el incremento obtenido (5%) en el nivel de servicio al cliente y en las ventas resultantes de la aplicación del plan de producción propuesto (\$ 1,852,422). La disponibilidad de la información de los productos seleccionados y los datos necesarios para el cálculo del MRP. Por otro lado, el desarrollo de un MRP para todos los productos activos en catálogo, requiere más tiempo para su desarrollo, debido a los diferentes factores que intervienen.

Al final del Trabajo Terminal de Grado se identificaron otras líneas de aplicación del conocimiento, que por el alcance que se definió no se abordan, y que resultarían muy interesantes para la empresa, por ejemplo, la determinación del pronóstico de ventas para aquellos productos clasificados como comprados (productos que el proveedor entrega al almacén, y éste es apto para su venta), debido a que en el presente Trabajo Terminal de Grado únicamente se abordaron productos clasificados como manufacturados. También está la posibilidad de desarrollar un plan de producción para productos manufacturados dentro de la empresa que se clasifican como A, pero que comparten componentes con productos clasificados como B o C, ya que este fue un criterio para la selección de productos a analizar. Otro trabajo futuro que se identifica del diagnóstico inicial es el análisis de casos atípicos, esto es descartar aquellos casos en los que la probabilidad de que vuelvan a ocurrir por largos periodos de tiempo es muy baja, o en caso contrario cuando la probabilidad de reincidencia es muy alta, hacer las recomendaciones necesarias y tomar las acciones pertinentes para decrementar o eliminar su impacto en la operación y desarrollo del MRP, ya que en el presente trabajo por falta de información que ayude a determinar la causa del bajo nivel de servicio en el mes de febrero (61%), no permite que se descarte del análisis desarrollado.

## REFERENCIAS

- Automotive-Aftermarket.org (2019). *México Automotive Aftermarket*. México. Recuperado el 03 de Diciembre de 2019 de: <https://automotiveaftermarket.org/aftermarket-industry-trends/mexico-automotive-aftermarket>.
- Andersson, J., & Jonsson, P. (2018). Big data in spare parts supply chains: The potential of using product-in-use data in aftermarket demand planning. *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, 1–22.
- Ballou, R. (2004). *Logística Administración de la cadena de suministro*. (5a ed.). México: Pearson educación.
- Chase, R. B., Jacobs, F. R., & Aquilano, N. J. (2014). *Administración de Operaciones: Producción y cadena de suministros*. (13a ed.). Mexico: Mcgraw Hill Interamericana Editores.
- Chen, Y., Liu, P., & Yu, L. (2010). Aftermarket Demands Forecasting with a Regression-Bayesian-BPNN Model. *IEEE*, (08), 4.
- Chen, Y., Zhao, H., & Yu, L. (2010). Demand Forecasting in Automotive Aftermarket Based on ARMA Model. *IEEE*, (9), 1–4.
- Chopra, S., & Meindl, P. (2013). *Administración de la Cadena de Suministro: Estrategia, planeación y operación*. (5a ed.). México: Pearson educación.
- Fretchling, D. C. (1996). Practical tourism forecasting. *CAB Direct. Oxford: Butterworth Heinemann*.
- Gansterer, M. (2015). Aggregate planning and forecasting in make- to-order production systems. *International Journal of Production Economics*, 1–17.
- González, C. A., & Elizondo, M. (2017). Automobile spare-parts forecasting: A comparative study of time series methods. *International Journal of Automotive and Mechanical Engineering*, 15.
- Grubbström, R. W., & Molinder, A. (1996). Safety production plans in MRP-systems using transform methodology. *International Journal of Production Economics*, 13.
- Günther, Z. (1996). Production planning in the case of uncertain individual demand Extension for an MRP concept. *International Journal of Production Economics*, 12.

- Heizer, J., & Render, B. (2009). *Principios de Administración de Operaciones*. México: Pearson educación.
- Makridakis, S., Wheelwright, S. C., & Hyndman, R. J. (2008). *Forecasting methods and applications*. (3a ed.). Wiley India Pvt. Limited.
- Minitab, Inc (2018). Minitab, versión 18. Software estadístico (2018). [Software de computadora]. State College, PA: Minitab, Inc. (www.minitab.com).
- Montanero Fernández, J. (2008). *Modelos Lineales*. (Vol. 56). Edita Universidad de Extremadura.
- Nahmias, S., & Lennon, T. (2015). *Production and Operations Analysis*. (7a ed.). Waveland Press Inc.
- Ortiz Pinilla, J., y Gil, D. (2014). Transformaciones logarítmicas en regresión simple. *Comunicaciones En Estadística*, 7(1), 80-98.
- Ravindran, A. R., & Warsing, D. P. (2018). *Supply Chain Engineering: Models and Applications*. Service Systems Engineering and Management. CRC Press: Taylors and Fracis Group.
- Silver, E. A., Pike, D. F., & Thomas, D. J. (2017). *Inventory and Production Management in Supply Chains*. (4a ed.). CRC Press: Taylor and Francis Group.
- Vollmann, T. E., Berry, W. L., & Whybark, D. C. (1992). *Manufacturing Planning and Control Systems*. (3a ed.). Irwin/McGraw-Hill.

## ANEXOS

### ANEXO 1. Método de transformación seleccionado para el cálculo del pronóstico por cada producto seleccionado.

Transformación Box Cox				
B-001	B-047	B-080	B-112	R-023
B-003	B-048	B-081	C-007	R-026
B-005	B-049	B-082	C-011	R-028
B-009	B-050	B-084	C-014	R-030
B-013	B-051	B-085	C-017	R-031
B-014	B-052	B-086	C-020	R-032
B-015	B-053	B-087	C-023	R-034
B-016	B-056	B-089	C-027	R-036
B-018	B-057	B-090	C-029	R-037
B-019	B-058	B-091	C-035	R-039
B-022	B-059	B-092	C-036	R-041
B-023	B-060	B-093	C-037	R-046
B-025	B-061	B-095	C-039	R-048
B-029	B-063	B-097	C-042	V-001
B-030	B-064	B-098	C-047	V-003
B-032	B-067	B-099	C-052	
B-033	B-068	B-100	G-003	
B-034	B-069	B-101	R-001	
B-036	B-070	B-102	R-004	
B-039	B-072	B-106	R-006	
B-040	B-073	B-108	R-016	
B-042	B-074	B-109	R-018	
B-043	B-079	B-110	R-020	

Transformación LN		
B-002	B-104	R-003
B-004	B-107	R-005
B-006	C-001	R-007
B-007	C-002	R-008
B-008	C-004	R-009
B-010	C-006	R-010
B-011	C-008	R-011
B-012	C-009	R-012
B-021	C-010	R-013
B-024	C-018	R-014
B-026	C-022	R-015
B-028	C-026	R-017
B-037	C-028	R-019
B-038	C-032	R-021
B-041	C-033	R-022
B-044	C-034	R-024
B-062	C-038	R-025
B-066	C-049	R-027
B-071	C-050	R-040
B-076	G-001	R-042
B-077	G-002	R-045
B-078	G-006	V-002
B-103	R-002	V-004

**ANEXO 2. Pronóstico obtenido para cada uno de los productos seleccionados expresado en piezas por mes.**

Producto	Pronóstico mensual (Piezas X mes)
B-001	1,400
B-002	1,231
B-003	641
B-004	809
B-005	538
B-006	415
B-007	503
B-008	1,822
B-009	1,754
B-010	152
B-011	162
B-012	224
B-013	982
B-014	101
B-015	116
B-016	97
B-018	146
B-019	103
B-021	145
B-022	99
B-023	127
B-024	764
B-025	247
B-026	797
B-028	153
B-029	112
B-030	84
B-032	114
B-033	888
B-034	100
B-036	59
B-037	100
B-038	228
B-039	147
B-040	118
B-041	127
B-042	97
B-043	40
B-044	113
B-047	125
B-048	121
B-049	61
B-050	47
B-051	46

Producto	Pronóstico mensual (Piezas X mes)
B-052	54
B-053	966
B-056	98
B-057	27
B-058	62
B-059	147
B-060	41
B-061	104
B-062	67
B-063	84
B-064	56
B-066	88
B-067	102
B-068	154
B-069	905
B-070	138
B-071	51
B-072	50
B-073	75
B-074	71
B-076	525
B-077	58
B-078	596
B-079	92
B-080	53
B-081	57
B-082	15
B-084	626
B-085	65
B-086	64
B-087	155
B-089	70
B-090	56
B-091	32
B-092	46
B-093	78
B-095	149
B-097	61
B-098	43
B-099	44
B-100	55
B-101	81
B-102	417
B-103	118

Producto	Pronóstico mensual (Piezas X mes)
B-104	297
B-106	143
B-107	387
B-108	36
B-109	45
B-110	31
B-112	108
C-001	4,235
C-002	1,832
C-004	491
C-006	961
C-007	778
C-008	820
C-009	698
C-010	144
C-011	422
C-014	492
C-017	535
C-018	447
C-020	422
C-022	146
C-023	631
C-026	419
C-027	364
C-028	247
C-029	190
C-032	99
C-033	215
C-034	178
C-035	88
C-036	175
C-037	193
C-038	131
C-039	191
C-042	154
C-047	125
C-049	117
C-050	84
C-052	87
G-001	68
G-002	59
G-003	33
G-006	65
R-001	1,996

Producto	Pronóstico mensual (Piezas X mes)
R-002	436
R-003	577
R-004	1,050
R-005	567
R-006	409
R-007	417
R-008	351
R-009	312
R-010	396
R-011	509
R-012	192
R-013	209
R-014	238
R-015	164
R-016	193
R-017	144
R-018	123
R-019	99
R-020	117
R-021	183
R-022	178
R-023	43
R-024	227
R-025	112
R-026	86
R-027	81
R-028	72
R-030	62
R-031	45
R-032	60
R-034	68
R-036	42
R-037	30
R-039	52
R-040	40
R-041	60
R-042	49
R-045	46
R-046	31
R-048	22
V-001	523
V-002	660
V-003	331
V-004	345

**ANEXO 3. MRP desarrollado para cinco de los productos seleccionados. Se hizo entrega a personal de la empresa los MRP desarrollados para cada uno de los productos seleccionados.**

		Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
<b>B-001</b>		<b>PT Requerido</b>											
		1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400
B-001-2-1 Requerido: 4 piezas/producto LT/ meses: 4 Inv. Inicial: 3187 piezas MOQ: 5000 piezas	Requerido	976	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600
	Entregas Programadas	5000	5000	5000	5189	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	0
	Inv. Disponible	2211	1611	1011	411	0	0	0	0	0	0	0	0
	Requerido Neto	0	3989	4589	5189	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600
	Ordenes Planeadas	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	0	0	0	0
B-001-2-2 Requerido: 4 piezas/producto LT/ meses: 4 Inv. Inicial: 3 piezas MOQ: 5000 piezas	Requerido	976	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600
	Entregas Programadas	6573	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	0
	Inv. Disponible	-973	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Requerido Neto	1949	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600
	Ordenes Planeadas	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	0	0	0	0
B-001-2-3 Requerido: 1 piezas/producto LT/ meses: 4 Inv. Inicial: 5274 piezas MOQ: 2500 piezas	Requerido	244	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400
	Entregas Programadas	0	0	0	2500	0	2500	0	2500	2500	0	2500	0
	Inv. Disponible	5030	3630	2230	830	1930	530	1630	230	1330	2430	1030	2130
	Requerido Neto	0	0	0	570	0	870	0	1170	70	0	370	0
	Ordenes Planeadas	0	2500	0	2500	2500	0	2500	0	0	0	0	0
B-001-2-4 Requerido: 1 piezas/producto LT/ meses: 4 Inv. Inicial: 1225 piezas MOQ: 2500 piezas	Requerido	244	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400
	Entregas Programadas	2500	0	2500	0	2500	0	2500	2500	0	2500	0	0
	Inv. Disponible	981	2081	681	1781	381	1481	81	1181	2281	881	1981	581
	Requerido Neto	0	0	719	0	1019	0	1319	219	0	519	0	819
	Ordenes Planeadas	2500	0	2500	2500	0	2500	0	0	0	0	0	0

		Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
<b>B-002</b>		<b>PT Requerido</b>											
		1231	1231	1231	1231	1231	1231	1231	1231	1231	1231	1231	1231
B-002-2-1 Requerido: 4 piezas/producto LT/ meses: 4 Inv. Inicial: 4270 piezas MOQ: 5000 piezas	Requerido	1040	4924	4924	4924	4924	4924	4924	4924	4924	4924	4924	4924
	Entregas Programadas	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	0
	Inv. Disponible	3230	3306	3382	3458	3534	3610	3686	3762	3838	3914	3990	4066
	Requerido Neto	0	1618	1542	1466	1390	1314	1238	1162	1086	1010	934	858
	Ordenes Planeadas	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	0	0	0	0	0
B-002-2-2 Requerido: 4 piezas/producto LT/ meses: 4 Inv. Inicial: 4611 piezas MOQ: 5000 piezas	Requerido	1040	4924	4924	4924	4924	4924	4924	4924	4924	4924	4924	4924
	Entregas Programadas	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	0
	Inv. Disponible	3571	3647	3723	3799	3875	3951	4027	4103	4179	4255	4331	4407
	Requerido Neto	0	1277	1201	1125	1049	973	897	821	745	669	593	517
	Ordenes Planeadas	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	0	0	0	0	0
B-002-2-3 Requerido: 1 piezas/producto LT/ meses: 4 Inv. Inicial: 445 piezas MOQ: 1000 piezas	Requerido	260	1231	1231	1231	1231	1231	1231	1231	1231	1231	1231	1231
	Entregas Programadas	1046	1231	1231	1231	1231	1231	1231	1231	1231	1231	1231	0
	Inv. Disponible	185	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Requerido Neto	75	1231	1231	1231	1231	1231	1231	1231	1231	1231	1231	1231
	Ordenes Planeadas	1231	1231	1231	1231	1231	1231	1231	0	0	0	0	0
B-002-2-4 Requerido: 1 piezas/producto LT/ meses: 4 Inv. Inicial: 0 piezas MOQ: 1000 piezas	Requerido	260	1231	1231	1231	1231	1231	1231	1231	1231	1231	1231	1231
	Entregas Programadas	1491	1231	1231	1231	1231	1231	1231	1231	1231	1231	1231	0
	Inv. Disponible	-260	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Requerido Neto	520	1231	1231	1231	1231	1231	1231	1231	1231	1231	1231	1231
	Ordenes Planeadas	1231	1231	1231	1231	1231	1231	1231	0	0	0	0	0

		Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
<b>B-003 PT Requerido</b>		641	641	641	641	641	641	641	641	641	641	641	641
B-003-2-1 Requerido: 4 piezas/producto LT/ meses: 4 Inv. Inicial: 7040 piezas MOQ: 2500 piezas	Requerido	2516	2564	2564	2564	2564	2564	2564	2564	2564	2564	2564	2564
	Entregas Programadas	0	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	0
	Inv. Disponible	4524	1960	1896	1832	1768	1704	1640	1576	1512	1448	1384	1320
	Requerido Neto	0	604	668	732	796	860	924	988	1052	1116	1180	1244
	Ordenes Planeadas	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	0	0	0	0	0
B-003-2-2 Requerido: 4 piezas/producto LT/ meses: 4 Inv. Inicial: 7310 piezas MOQ: 2500 piezas	Requerido	2516	2564	2564	2564	2564	2564	2564	2564	2564	2564	2564	2564
	Entregas Programadas	0	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	0
	Inv. Disponible	4794	2230	2166	2102	2038	1974	1910	1846	1782	1718	1654	1590
	Requerido Neto	0	334	398	462	526	590	654	718	782	846	910	974
	Ordenes Planeadas	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	0	0	0	0	0
B-003-2-3 Requerido: 1 piezas/producto LT/ meses: 4 Inv. Inicial: 614 piezas MOQ: 1000 piezas	Requerido	629	641	641	641	641	641	641	641	641	641	641	641
	Entregas Programadas	1000	1000	0	1000	1000	0	1000	1000	0	1000	1000	0
	Inv. Disponible	-15	344	703	62	421	780	139	498	857	216	575	934
	Requerido Neto	644	297	0	579	220	0	502	143	0	425	66	0
	Ordenes Planeadas	1000	0	1000	1000	0	1000	1000	0	0	0	0	0
B-003-2-4 Requerido: 1 piezas/producto LT/ meses: 4 Inv. Inicial: 904 piezas MOQ: 1000 piezas	Requerido	629	641	641	641	641	641	641	641	641	641	641	641
	Entregas Programadas	1000	1000	0	1000	0	1000	1000	0	1000	1000	0	0
	Inv. Disponible	275	634	993	352	711	70	429	788	147	506	865	224
	Requerido Neto	354	7	0	289	0	571	212	0	494	135	0	417
	Ordenes Planeadas	0	1000	1000	0	1000	1000	0	0	0	0	0	0

		Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
<b>B-004 PT Requerido</b>		809	809	809	809	809	809	809	809	809	809	809	809
B-004-2-1 Requerido: 8 piezas/producto LT/ meses: 4 Inv. Inicial: 18061 piezas MOQ: 10000 piezas	Requerido	0	4560	6472	6472	6472	6472	6472	6472	6472	6472	6472	6472
	Entregas Programadas	0	0	0	10000	10000	0	10000	10000	0	10000	10000	0
	Inv. Disponible	18061	13501	7029	557	4085	7613	1141	4669	8197	1725	5253	8781
	Requerido Neto	0	0	0	5915	2387	0	5331	1803	0	4747	1219	0
	Ordenes Planeadas	10000	0	10000	10000	0	10000	10000	0	0	0	0	0
B-004-2-2 Requerido: 2 piezas/producto LT/ meses: 4 Inv. Inicial: 3421 piezas MOQ: 2500 piezas	Requerido	0	1140	1618	1618	1618	1618	1618	1618	1618	1618	1618	1618
	Entregas Programadas	0	0	2500	2500	0	2500	0	2500	2500	0	2500	0
	Inv. Disponible	3421	2281	663	1545	2427	809	1691	73	955	1837	219	1101
	Requerido Neto	0	0	955	73	0	809	0	1545	663	0	1399	517
	Ordenes Planeadas	0	2500	0	2500	2500	0	2500	0	0	0	0	0

		Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
<b>C-001 PT Requerido</b>		4235	4235	4235	4235	4235	4235	4235	4235	4235	4235	4235	4235
C-001-2-1 Requerido: 1 piezas/producto LT/ meses: 1 Inv. Inicial: 3000 piezas MOQ: 500 piezas	Requerido	4235	4235	4235	4235	4235	4235	4235	4235	4235	4235	4235	4235
	Entregas Programadas	5470	4235	4235	4235	4235	4235	4235	4235	4235	4235	4235	0
	Inv. Disponible	-1235	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Requerido Neto	5470	4235	4235	4235	4235	4235	4235	4235	4235	4235	4235	4235
	Ordenes Planeadas	4235	4235	4235	4235	4235	4235	4235	4235	4235	4235	4235	0

		Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
<b>C-002 PT Requerido</b>		1832	1832	1832	1832	1832	1832	1832	1832	1832	1832	1832	1832
C-002-2-1 Requerido: 1 piezas/producto LT/ meses: 1 Inv. Inicial: 2694 piezas MOQ: 1452 piezas	Requerido	537	1832	1832	1832	1832	1832	1832	1832	1832	1832	1832	1832
	Entregas Programadas	0	1507	1832	1832	1832	1832	1832	1832	1832	1832	1832	0
	Inv. Disponible	2157	325	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Requerido Neto	0	1507	1832	1832	1832	1832	1832	1832	1832	1832	1832	1832
	Ordenes Planeadas	1507	1832	1832	1832	1832	1832	1832	1832	1832	1832	1832	0

		Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
<b>C-003 PT Requerido</b>		265	265	265	265	265	265	265	265	265	265	265	265
C-003-2-1 Requerido: 4 piezas/producto LT/ meses: 2 Inv. Inicial: 1 piezas MOQ: 8160 piezas	Requerido	0	0	0	272	1060	1060	1060	1060	1060	1060	1060	1060
	Entregas Programadas	0	0	8160	0	0	0	0	0	0	0	0	8160
	Inv. Disponible	1	1	1	7889	6829	5769	4709	3649	2589	1529	469	7569
	Requerido Neto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	591	0
	Ordenes Planeadas	8160	0	0	0	0	0	0	0	8160	0	0	0
C-003-2-2 Requerido: 1 piezas/producto LT/ meses: 1 Inv. Inicial: 3250 piezas MOQ: 20 piezas	Requerido	0	0	0	68	265	265	265	265	265	265	265	265
	Entregas Programadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Inv. Disponible	3250	3250	3250	3182	2917	2652	2387	2122	1857	1592	1327	1062
	Requerido Neto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ordenes Planeadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C-003-2-3 Requerido: 4 piezas/producto LT/ meses: 4 Inv. Inicial: 8 piezas MOQ: 1 piezas	Requerido	0	0	0	272	1060	1060	1060	1060	1060	1060	1060	1060
	Entregas Programadas	0	0	264	1060	1060	1060	1060	1060	1060	1060	1060	0
	Inv. Disponible	8	8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Requerido Neto	0	0	0	272	1060	1060	1060	1060	1060	1060	1060	1060
	Ordenes Planeadas	1060	1060	1060	1060	1060	1060	1060	1060	0	0	0	0

		Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
C-004 PT Requerido		491	491	491	491	491	491	491	491	491	491	491	491
C-004-2-1 Requerido: 1 piezas/producto LT/ meses: 1 Inv. Inicial: 648 piezas MOQ: 972 piezas	Requerido	491	491	491	491	491	491	491	491	491	491	491	491
	Entregas Programadas	972	0	972	0	972	0	972	0	972	0	972	0
	Inv. Disponible	157	638	147	628	137	618	127	608	117	598	107	588
	Requerido Neto	334	0	344	0	354	0	364	0	374	0	384	0
	Ordenes Planeadas	0	972	0	972	0	972	0	972	0	972	0	0
G-001 PT Requerido		68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68
G-001-2-1 Requerido: 1 piezas/producto LT/ meses: 2 Inv. Inicial: 0 piezas MOQ: 1 piezas	Requerido	0	0	0	0	18	68	68	68	68	68	68	68
	Entregas Programadas	0	0	0	0	18	68	68	68	68	68	68	0
	Inv. Disponible	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Requerido Neto	0	0	0	0	18	68	68	68	68	68	68	68
	Ordenes Planeadas	0	0	18	68	68	68	68	68	68	0	0	0
G-002 PT Requerido		59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59
G-002-2-1 Requerido: 1 piezas/producto LT/ meses: 2 Inv. Inicial: 0 piezas MOQ: 1 piezas	Requerido	0	0	0	0	0	24	59	59	59	59	59	59
	Entregas Programadas	0	0	0	0	0	24	59	59	59	59	59	0
	Inv. Disponible	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Requerido Neto	0	0	0	0	0	24	59	59	59	59	59	59
	Ordenes Planeadas	0	0	0	24	59	59	59	59	59	0	0	0
G-003 PT Requerido		33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33
G-003-2-1 Requerido: 1 piezas/producto LT/ meses: 2 Inv. Inicial: 176 piezas MOQ: 1 piezas	Requerido	29	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33
	Entregas Programadas	0	0	0	0	0	18	33	33	33	33	33	0
	Inv. Disponible	176	147	114	81	48	15	0	0	0	0	0	0
	Requerido Neto	0	0	0	0	0	18	33	33	33	33	33	33
	Ordenes Planeadas	0	0	0	18	33	33	33	33	33	0	0	0
G-006 PT Requerido		65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65
G-006-2-1 Requerido: 1 piezas/producto LT/ meses: 2 Inv. Inicial: 1 piezas MOQ: 1 piezas	Requerido	0	0	0	0	0	50	65	65	65	65	65	65
	Entregas Programadas	0	0	0	0	0	49	65	65	65	65	65	0
	Inv. Disponible	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
	Requerido Neto	0	0	0	0	0	49	65	65	65	65	65	65
	Ordenes Planeadas	0	0	0	49	65	65	65	65	65	0	0	0
R-001 PT Requerido		1996	1996	1996	1996	1996	1996	1996	1996	1996	1996	1996	1996
R-001-2-1 Requerido: 4 piezas/producto LT/ meses: 2 Inv. Inicial: 25708 piezas MOQ: 20000 piezas	Requerido	0	1160	7984	7984	7984	7984	7984	7984	7984	7984	7984	7984
	Entregas Programadas	0	0	0	0	0	20000	0	20000	0	0	20000	0
	Inv. Disponible	25708	25708	24548	16564	8580	596	12612	4628	16644	8660	676	12692
	Requerido Neto	0	0	0	0	0	7388	0	3356	0	0	7308	0
	Ordenes Planeadas	0	0	0	20000	0	20000	0	0	20000	0	0	0
R-001-2-2 Requerido: 4 piezas/producto LT/ meses: 2 Inv. Inicial: 32996 piezas MOQ: 5000 piezas	Requerido	0	1160	7984	7984	7984	7984	7984	7984	7984	7984	7984	7984
	Entregas Programadas	0	0	0	0	0	5000	5000	6068	7984	7984	7984	0
	Inv. Disponible	32996	32996	31836	23852	15868	7884	4900	1916	0	0	0	0
	Requerido Neto	0	0	0	0	0	100	3084	6068	7984	7984	7984	7984
	Ordenes Planeadas	0	0	0	5000	5000	6068	7984	7984	7984	0	0	0
R-001-2-3 Requerido: 8 piezas/producto LT/ meses: 2 Inv. Inicial: 32971 piezas MOQ: 5000 piezas	Requerido	0	2320	15968	15968	15968	15968	15968	15968	15968	15968	15968	15968
	Entregas Programadas	0	0	0	5000	12253	15968	15968	15968	15968	15968	15968	0
	Inv. Disponible	32971	32971	30651	14683	3715	0	0	0	0	0	0	0
	Requerido Neto	0	0	0	1285	12253	15968	15968	15968	15968	15968	15968	15968
	Ordenes Planeadas	0	5000	12253	15968	15968	15968	15968	15968	15968	0	0	0
R-001-2-4 Requerido: 4 piezas/producto LT/ meses: 2 Inv. Inicial: 15974 piezas MOQ: 5000 piezas	Requerido	0	1160	7984	7984	7984	7984	7984	7984	7984	7984	7984	7984
	Entregas Programadas	0	0	0	5000	5000	7122	7984	7984	7984	7984	7984	0
	Inv. Disponible	15974	15974	14814	6830	3846	862	0	0	0	0	0	0
	Requerido Neto	0	0	0	1154	4138	7122	7984	7984	7984	7984	7984	7984
	Ordenes Planeadas	0	5000	5000	7122	7984	7984	7984	7984	7984	0	0	0

		Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
<b>R-002 PT Requerido</b>		436	436	436	436	436	436	436	436	436	436	436	436
R-002-2-1 Requerido: 4 piezas/producto LT/ meses: 2 Inv. Inicial: 7721 piezas MOQ: 5000 piezas	Requerido	0	232	1744	1744	1744	1744	1744	1744	1744	1744	1744	1744
	Entregas Programadas	0	0	0	0	0	0	5000	0	0	5000	0	0
	Inv. Disponible	7721	7721	7489	5745	4001	2257	513	3769	2025	281	3537	1793
	Requerido Neto	0	0	0	0	0	0	1231	0	0	1463	0	0
	Ordenes Planeadas	0	0	0	0	5000	0	0	5000	0	0	0	0
R-002-2-2 Requerido: 4 piezas/producto LT/ meses: 2 Inv. Inicial: 8601 piezas MOQ: 5000 piezas	Requerido	0	232	1744	1744	1744	1744	1744	1744	1744	1744	1744	1744
	Entregas Programadas	0	0	0	0	0	0	5000	0	0	5000	0	0
	Inv. Disponible	8601	8601	8369	6625	4881	3137	1393	4649	2905	1161	4417	2673
	Requerido Neto	0	0	0	0	0	0	351	0	0	583	0	0
	Ordenes Planeadas	0	0	0	0	5000	0	0	5000	0	0	0	0
R-002-2-3 Requerido: 8 piezas/producto LT/ meses: 2 Inv. Inicial: 6777 piezas MOQ: 5000 piezas	Requerido	0	464	3488	3488	3488	3488	3488	3488	3488	3488	3488	3488
	Entregas Programadas	0	0	0	5000	0	5000	5000	0	5000	5000	5000	0
	Inv. Disponible	6777	6777	6313	2825	4337	849	2361	3873	385	1897	3409	4921
	Requerido Neto	0	0	0	663	0	2639	1127	0	3103	1591	79	0
	Ordenes Planeadas	0	5000	0	5000	5000	0	5000	5000	0	0	0	0
R-002-2-4 Requerido: 4 piezas/producto LT/ meses: 2 Inv. Inicial: 1377 piezas MOQ: 5000 piezas	Requerido	0	232	1744	1744	1744	1744	1744	1744	1744	1744	1744	1744
	Entregas Programadas	0	0	5000	0	0	5000	0	0	5000	0	0	0
	Inv. Disponible	1377	1377	1145	4401	2657	913	4169	2425	681	3937	2193	449
	Requerido Neto	0	0	599	0	0	831	0	0	1063	0	0	1295
	Ordenes Planeadas	5000	0	0	5000	0	0	5000	0	0	0	0	0

		Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
<b>R-003 PT Requerido</b>		577	577	577	577	577	577	577	577	577	577	577	577
R-003-2-1 Requerido: 4 piezas/producto LT/ meses: 2 Inv. Inicial: 3594 piezas MOQ: 5000 piezas	Requerido	280	2308	2308	2308	2308	2308	2308	2308	2308	2308	2308	2308
	Entregas Programadas	0	0	5000	0	5000	0	5000	0	5000	0	0	0
	Inv. Disponible	3594	3314	1006	3698	1390	4082	1774	4466	2158	4850	2542	234
	Requerido Neto	0	0	1302	0	918	0	534	0	150	0	0	2074
	Ordenes Planeadas	5000	0	5000	0	5000	0	5000	0	0	0	0	0
R-003-2-2 Requerido: 4 piezas/producto LT/ meses: 2 Inv. Inicial: 17765 piezas MOQ: 5000 piezas	Requerido	280	2308	2308	2308	2308	2308	2308	2308	2308	2308	2308	2308
	Entregas Programadas	0	0	0	0	0	0	0	0	5000	0	5000	0
	Inv. Disponible	17765	17485	15177	12869	10561	8253	5945	3637	1329	4021	1713	4405
	Requerido Neto	0	0	0	0	0	0	0	0	979	0	595	0
	Ordenes Planeadas	0	0	0	0	0	0	5000	0	5000	0	0	0
R-003-2-3 Requerido: 8 piezas/producto LT/ meses: 2 Inv. Inicial: 21382 piezas MOQ: 5000 piezas	Requerido	560	4616	4616	4616	4616	4616	4616	4616	4616	4616	4616	4616
	Entregas Programadas	0	0	0	0	0	5000	5000	5000	5000	5000	5000	0
	Inv. Disponible	21382	20822	16206	11590	6974	2358	2742	3126	3510	3894	4278	4662
	Requerido Neto	0	0	0	0	0	2258	1874	1490	1106	722	338	0
	Ordenes Planeadas	0	0	0	5000	5000	5000	5000	5000	5000	0	0	0
R-003-2-4 Requerido: 4 piezas/producto LT/ meses: 2 Inv. Inicial: 12778 piezas MOQ: 5000 piezas	Requerido	280	2308	2308	2308	2308	2308	2308	2308	2308	2308	2308	2308
	Entregas Programadas	0	0	0	0	0	0	5000	0	5000	0	5000	0
	Inv. Disponible	12778	12498	10190	7882	5574	3266	958	3650	1342	4034	1726	4418
	Requerido Neto	0	0	0	0	0	0	1350	0	966	0	582	0
	Ordenes Planeadas	0	0	0	0	5000	0	5000	0	5000	0	0	0

		Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
<b>R-004 PT Requerido</b>		1050	1050	1050	1050	1050	1050	1050	1050	1050	1050	1050	1050
R-004-2-1 Requerido: 4 piezas/producto LT/ meses: 2 Inv. Inicial: 8053 piezas MOQ: 5000 piezas	Requerido	0	724	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
	Entregas Programadas	0	0	0	5000	5000	0	5000	5000	5000	5000	5000	0
	Inv. Disponible	8053	8053	7329	3129	3929	4729	529	1329	2129	2929	3729	4529
	Requerido Neto	0	0	0	1071	271	0	3671	2871	2071	1271	471	0
	Ordenes Planeadas	0	5000	5000	0	5000	5000	5000	5000	5000	0	0	0
R-004-2-2 Requerido: 4 piezas/producto LT/ meses: 2 Inv. Inicial: 32996 piezas MOQ: 5000 piezas	Requerido	0	724	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
	Entregas Programadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5000	5000	0
	Inv. Disponible	32996	32996	32272	28072	23872	19672	15472	11272	7072	2872	3672	4472
	Requerido Neto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1328	528	0
	Ordenes Planeadas	0	0	0	0	0	0	0	5000	5000	0	0	0
R-004-2-3 Requerido: 8 piezas/producto LT/ meses: 2 Inv. Inicial: 32971 piezas MOQ: 5000 piezas	Requerido	0	1448	8400	8400	8400	8400	8400	8400	8400	8400	8400	8400
	Entregas Programadas	0	0	0	0	0	5000	5477	8400	8400	8400	8400	0
	Inv. Disponible	32971	32971	31523	23123	14723	6323	2923	0	0	0	0	0
	Requerido Neto	0	0	0	0	0	2077	5477	8400	8400	8400	8400	8400
	Ordenes Planeadas	0	0	0	5000	5477	8400	8400	8400	8400	0	0	0
R-004-2-4 Requerido: 4 piezas/producto LT/ meses: 2 Inv. Inicial: 15974 piezas MOQ: 5000 piezas	Requerido	0	724	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
	Entregas Programadas	0	0	0	0	0	5000	5000	0	5000	5000	5000	0
	Inv. Disponible	15974	15974	15250	11050	6850	2650	3450	4250	50	850	1650	2450
	Requerido Neto	0	0	0	0	0	1550	750	0	4150	3350	2550	1750
	Ordenes Planeadas	0	0	0	5000	5000	0	5000	5000	5000	0	0	0

		Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
V-001 PT Requerido		523	523	523	523	523	523	523	523	523	523	523	523
V-001-2-1 Requerido: 1 piezas/producto LT/ meses: 3 Inv. Inicial: 1000 piezas MOQ: 1000 piezas	Requerido	129	523	523	523	523	523	523	523	523	523	523	523
	Entregas Programadas	0	0	1000	0	1000	0	1000	0	1000	0	1000	0
	Inv. Disponible	1000	871	348	825	302	779	256	733	210	687	164	641
	Requerido Neto	0	0	175	0	221	0	267	0	313	0	359	0
	Ordenes Planeadas	0	1000	0	1000	0	1000	0	1000	0	0	0	0
V-002 PT Requerido		660	660	660	660	660	660	660	660	660	660	660	660
V-002-2-1 Requerido: 1 piezas/producto LT/ meses: 3 Inv. Inicial: 181 piezas MOQ: 500 piezas	Requerido	0	0	334	660	660	660	660	660	660	660	660	660
	Entregas Programadas	0	0	500	500	500	633	660	660	660	660	660	0
	Inv. Disponible	181	181	181	347	187	27	0	0	0	0	0	0
	Requerido Neto	0	0	153	313	473	633	660	660	660	660	660	660
	Ordenes Planeadas	500	500	633	660	660	660	660	660	0	0	0	0
V-003 PT Requerido		331	331	331	331	331	331	331	331	331	331	331	331
V-003-2-1 Requerido: 1 piezas/producto LT/ meses: 3 Inv. Inicial: 3005 piezas MOQ: 500 piezas	Requerido	0	0	0	0	0	0	327	331	331	331	331	331
	Entregas Programadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Inv. Disponible	3005	3005	3005	3005	3005	3005	3005	2678	2347	2016	1685	1354
	Requerido Neto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ordenes Planeadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
V-004 PT Requerido		345	345	345	345	345	345	345	345	345	345	345	345
V-004-2-1 Requerido: 1 piezas/producto LT/ meses: 3 Inv. Inicial: 561 piezas MOQ: 500 piezas	Requerido	0	70	345	345	345	345	345	345	345	345	345	345
	Entregas Programadas	0	0	0	500	500	0	500	500	0	500	500	0
	Inv. Disponible	561	561	491	146	301	456	111	266	421	76	231	386
	Requerido Neto	0	0	0	199	44	0	234	79	0	269	114	0
	Ordenes Planeadas	500	500	0	500	500	0	500	500	0	0	0	0

**ANEXO 4. Análisis de medición del error en pronósticos de demanda para los productos seleccionados.**

MRP	Error de pronostico	Desviación absoluta media MAD	Error cuadrático medio MSE	Error porcentual absoluto medio MAPE	Periodos sobreestimados	Periodos subestimados
B-001	-3,364.0	854.3	775,923.3	174.3	5	1
B-002	-1,352.0	646.3	563,998.0	94.2	5	1
B-003	-321.0	509.8	409,910.8	109.5	5	1
B-004	-1,157.0	200.2	49,931.8	36.4	5	1
B-005	-309.0	98.2	11,080.2	21.5	4	2
B-006	778.0	150.3	59,505.7	21.4	1	5
B-007	-995.0	165.8	36,409.8	64.7	6	0
B-008	-3,682.0	725.7	742,250.3	118.6	5	1
B-009	-848.0	452.7	398,158.7	77.5	3	3
B-010	-280.0	46.7	3,712.0	79.1	6	0
B-011	-129.0	103.5	12,195.5	110.3	4	2
B-012	-74.0	125.0	18,287.0	96.0	4	2
B-013	-2,037.0	436.2	254,270.5	190.1	5	1
B-014	-241.0	55.2	3,518.2	175.1	5	1
B-015	-146.0	88.0	10,588.7	218.7	5	1
B-016	-112.0	29.7	1,027.3	45.1	5	1
B-018	-318.0	55.3	3,599.3	69.9	5	1
B-019	-45.0	19.2	468.8	21.9	4	2
B-021	-98.0	48.0	3,754.7	74.8	4	2
B-022	-43.0	21.8	535.5	25.2	4	2
B-023	48.0	91.0	17,555.7	99.9	5	1
B-024	-453.0	97.2	15,927.8	16.2	4	2
B-025	-642.0	107.0	13,062.3	88.6	6	0
B-026	-1,310.0	289.7	127,414.7	104.5	5	1
B-028	-492.0	82.0	7,655.7	155.8	6	0
B-029	-143.0	26.5	893.8	34.2	5	1
B-030	-209.0	34.8	1,492.5	105.6	6	0
B-032	-187.0	31.2	1,151.8	41.5	6	0
B-033	-4,414.0	735.7	607,581.7	3,444.1	6	0
B-034	-125.0	20.8	630.5	31.3	6	0
B-036	-77.0	16.5	462.5	59.8	4	2
B-037	-161.0	62.2	4,463.2	141.0	5	1
B-038	-77.0	105.8	17,038.2	146.7	2	4
B-039	-184.0	56.3	4,925.7	198.8	5	1
B-040	-116.0	42.3	3,127.0	198.7	3	3
B-041	-459.0	76.5	6,925.5	330.2	6	0
B-042	-39.0	15.5	313.2	19.1	4	2
B-043	-139.0	23.2	542.8	142.6	6	0
B-044	-118.0	55.3	4,199.7	112.0	5	1
B-047	-9.0	72.5	8,290.5	1,070.2	4	2
B-048	8.0	34.0	1,979.3	26.4	4	2
B-049	-195.0	32.5	1,270.5	321.7	6	0
B-050	-94.0	31.0	1,173.7	554.0	4	2
B-051	-227.0	37.8	1,457.5	964.7	6	0

MRP	Error de pronóstico	Desviación absoluta media MAD	Error cuadrático medio MSE	Error porcentual absoluto medio MAPE	Periodos sobreestimados	Periodos subestimados
B-052	7.0	9.8	109.8	18.2	3	3
B-053	-668.0	157.3	36,644.0	21.6	5	1
B-056	-214.0	52.0	3,227.3	151.9	4	2
B-057	-64.0	11.0	175.3	135.4	5	1
B-058	-210.0	35.0	1,459.0	598.0	6	0
B-059	-436.0	72.7	6,786.0	178.5	6	0
B-060	-65.0	10.8	172.8	46.8	5	1
B-061	-86.0	18.3	654.3	29.1	5	1
B-062	-95.0	42.2	2,365.2	338.5	5	1
B-063	-12.0	11.3	147.7	14.1	4	2
B-064	-75.0	12.5	247.2	39.0	6	0
B-066	-394.0	65.7	4,460.7	411.5	6	0
B-067	-226.0	38.7	2,383.7	303.6	5	1
B-068	-599.0	99.8	9,998.8	187.3	6	0
B-069	1,942.0	1,120.3	2,187,475.3	1,338.3	4	2
B-070	-708.0	118.0	13,955.3	656.0	6	0
B-071	-62.0	27.0	882.0	91.8	4	2
B-072	-117.0	19.5	424.5	73.7	6	0
B-073	-78.0	35.7	1,833.7	145.5	5	1
B-074	-169.0	31.2	1,228.5	178.7	5	1
B-076	-395.0	110.8	17,984.2	29.1	5	1
B-077	-188.0	36.3	1,482.7	297.1	5	1
B-078	-465.0	133.2	20,388.2	27.9	4	2
B-079	-107.0	21.8	720.5	39.4	5	1
B-080	-96.0	32.7	1,141.7	226.7	4	2
B-081	-262.0	43.7	1,955.0	447.1	6	0
B-082	-34.0	6.7	58.7	128.1	5	1
B-084	-347.0	181.2	46,614.2	49.2	3	3
B-085	-111.0	20.2	607.2	63.9	5	1
B-086	-107.0	23.5	927.8	369.8	4	2
B-087	-93.0	69.8	6,745.8	136.1	4	2
B-089	-186.0	31.0	1,416.7	170.2	6	0
B-090	-250.0	41.7	1,962.7	1,268.3	6	0
B-091	-78.0	13.0	201.0	83.7	6	0
B-092	-114.0	19.0	403.3	81.9	6	0
B-093	-156.0	41.3	2,082.7	310.1	5	1
B-095	-43.0	36.8	2,098.8	26.0	5	1
B-097	-95.0	19.5	433.2	50.7	5	1
B-098	13.0	7.2	65.5	17.2	2	4
B-099	-42.0	11.0	185.7	43.8	4	2
B-100	-172.0	30.3	1,125.7	208.6	5	1
B-101	-281.0	46.8	2,494.5	318.8	6	0
B-102	391.0	91.5	13,769.8	17.2	2	4
B-103	-442.0	73.7	6,219.0	301.7	6	0

MRP	Error de pronostico	Desviación absoluta media MAD	Error cuadrático medio MSE	Error porcentual absoluto medio MAPE	Periodos sobreestimados	Periodos subestimados
B-104	63.0	85.5	15,399.2	48.3	3	3
B-106	-120.0	20.0	530.7	17.3	6	0
B-107	-398.0	80.3	10,359.7	32.8	4	2
B-108	-147.0	24.5	710.5	996.5	6	0
B-109	-110.0	18.3	451.3	151.6	6	0
B-110	-63.0	10.5	155.2	73.6	6	0
B-112	-382.0	69.0	5,609.0	402.8	5	1
C-001	-2,997.0	763.2	751,944.8	22.7	4	2
C-002	-2,456.0	620.3	396,234.7	47.9	5	1
C-004	-279.0	135.5	27,377.8	52.8	3	3
C-006	-958.0	182.7	41,194.7	24.9	5	1
C-007	-886.0	148.3	31,138.7	26.4	5	1
C-008	-737.0	241.2	62,088.2	40.3	4	2
C-009	-128.0	147.3	29,713.3	25.6	3	3
C-010	300.0	78.0	9,627.7	39.1	2	4
C-011	-411.0	105.8	13,533.5	35.7	4	2
C-014	-99.0	113.5	14,791.2	25.1	4	2
C-017	-1,065.0	177.5	39,657.2	61.2	6	0
C-018	-654.0	148.3	25,203.3	52.6	5	1
C-020	-226.0	82.3	9,928.3	23.8	4	2
C-022	-480.0	87.3	9,186.7	409.1	5	1
C-023	-2,316.0	386.0	174,790.3	252.9	6	0
C-026	-2,134.0	355.7	126,985.0	650.4	6	0
C-027	-1,946.0	324.3	105,663.3	1,473.8	6	0
C-028	-418.0	113.3	15,231.0	98.5	5	1
C-029	-271.0	46.2	3,942.5	49.4	5	1
C-032	54.0	58.3	4,301.7	80.9	3	3
C-033	-393.0	67.8	5,861.8	55.3	5	1
C-034	-225.0	59.5	4,359.2	60.7	4	2
C-035	-114.0	27.0	986.3	55.2	4	2
C-036	-92.0	74.7	8,474.3	52.9	5	1
C-037	-215.0	72.5	7,008.5	82.5	4	2
C-038	31.0	23.2	771.2	17.5	3	3
C-039	-14.0	40.7	2,984.0	22.7	4	2
C-042	-91.0	34.2	1,316.2	24.7	5	1
C-047	-82.0	49.7	3,098.0	72.3	4	2
C-049	-74.0	48.7	3,208.0	48.4	5	1
C-050	-121.0	36.2	1,603.2	79.2	5	1
C-052	-209.0	41.8	2,531.8	335.8	5	1
G-001	-180.0	30.0	996.3	91.1	6	0
G-002	-176.0	29.3	950.3	125.0	6	0
G-003	-126.0	21.0	496.3	346.1	6	0
G-006	-362.0	60.3	3,652.3	2,283.3	6	0
R-001	-432.0	572.0	459,350.3	36.9	3	3

MRP	Error de pronostico	Desviación absoluta media MAD	Error cuadrático medio MSE	Error porcentual absoluto medio MAPE	Periodos sobreestimados	Periodos subestimados
R-002	-176.0	124.3	22,507.0	43.6	4	2
R-003	385.0	135.8	26,845.2	22.8	2	4
R-004	286.0	319.0	214,029.7	35.2	4	2
R-005	-676.0	154.7	35,257.3	45.2	5	1
R-006	-580.0	153.0	33,982.0	119.1	4	2
R-007	-384.0	96.3	13,374.3	35.0	4	2
R-008	-93.0	57.8	3,902.2	18.6	3	3
R-009	-289.0	116.5	18,669.2	59.4	4	2
R-010	-67.0	71.5	6,112.8	19.4	3	3
R-011	-1,210.0	201.7	45,086.7	74.7	6	0
R-012	-60.0	45.3	3,586.7	32.1	4	2
R-013	59.0	109.8	16,979.2	59.7	4	2
R-014	-270.0	79.7	7,225.0	47.9	5	1
R-015	-213.0	55.8	4,042.2	62.9	4	2
R-016	-94.0	46.0	2,811.3	33.0	4	2
R-017	-201.0	39.5	2,226.5	46.3	4	2
R-018	-204.0	42.0	2,565.0	84.3	5	1
R-019	-164.0	38.0	1,624.3	66.3	5	1
R-020	-114.0	32.7	1,872.7	69.4	5	1
R-021	-88.0	35.0	1,498.3	23.6	3	3
R-022	157.0	40.5	2,475.5	18.9	2	4
R-023	-77.0	15.8	402.2	105.9	5	1
R-024	360.0	96.7	16,226.0	36.0	1	5
R-025	-172.0	28.7	1,206.3	42.9	6	0
R-026	-171.0	28.5	987.2	57.9	6	0
R-027	-121.0	23.8	741.2	49.6	5	1
R-028	-42.0	26.3	857.3	66.7	3	3
R-030	-32.0	16.7	411.0	40.2	3	3
R-031	-62.0	12.0	306.7	73.8	4	2
R-032	-61.0	20.5	547.2	72.0	4	2
R-034	-57.0	20.2	552.5	48.5	4	2
R-036	-61.0	16.8	415.8	123.0	4	2
R-037	-73.0	12.5	240.2	212.4	5	1
R-039	-124.0	22.7	623.7	101.1	5	1
R-040	-74.0	13.7	214.0	57.2	5	1
R-041	-14.0	17.3	329.3	36.2	3	3
R-042	-58.0	14.0	235.3	42.6	5	1
R-045	-108.0	19.7	516.7	184.8	5	1
R-046	-80.0	21.0	498.3	802.6	5	1
R-048	37.0	20.8	938.2	421.1	3	3
V-001	-442.0	246.7	86,558.3	85.0	5	1
V-002	-2,016.0	587.3	355,469.3	748.4	5	1
V-003	38.0	268.3	132,321.0	133.0	4	2
V-004	-630.0	196.0	41,211.7	113.9	5	1