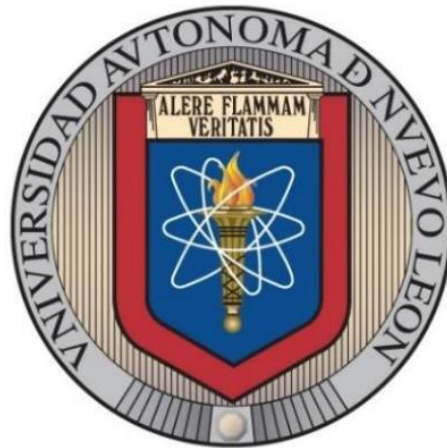


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA**



**TESIS**

**REDUCCIÓN DE COSTOS DE UNA CADENA DE  
SUMINISTRO CON DEMANDA VARIABLE**

**POR**

**GREGORIO REYNA VILLARREAL**

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRÍA EN LOGÍSTICA Y CADENA DE SUMINISTRO**

**DICIEMBRE, 2019**

**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA  
SUBDIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO**



**TESIS**

**REDUCCIÓN DE COSTOS DE UNA CADENA DE  
SUMINISTRO CON DEMANDA VARIABLE**

**POR**

**GREGORIO REYNA VILLARREAL**

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRÍA EN LOGÍSTICA Y CADENA DE SUMINISTRO**


**DICIEMBRE, 2019**



**Universidad Autónoma de Nuevo León**  
**Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica**  
**Subdirección de Estudios de Posgrado**

Los miembros del Comité de Tesis recomendamos que la Tesis «Reducción de costos de una cadena de suministro con demanda variable», realizada por el alumno Gregorio Reyna Villarreal, con número de matrícula 1885194, sea aceptada para su defensa como requisito parcial para obtener el grado de Maestría en Logística y Cadena de Suministro.

El Comité de Tesis


  
\_\_\_\_\_

Asesor

  
\_\_\_\_\_

Dra. Jania Astrid Saucedo Martínez

Revisor

  
\_\_\_\_\_

MLyCS. Alejandro Agüero Díaz

Revisor

Vo. Bo.

  
\_\_\_\_\_

Dr. Simón Martínez Martínez

Subdirector de Estudios de Posgrado



**FIME**

San Nicolás de los Garza, Nuevo León, diciembre 2019

# ÍNDICE GENERAL

---

<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Descripción del problema . . . . .	4
1.2. Objetivo . . . . .	5
1.3. Hipótesis . . . . .	5
1.4. Justificación . . . . .	5
1.5. Metodología de la investigación . . . . .	6
1.6. Estructura de la tesis . . . . .	7
<b>2. Marco Teórico</b>	<b>8</b>
2.1. Antecedentes generales de la empresa . . . . .	8
2.1.1. Descripción de la problemática de la empresa . . . . .	9
2.2. Inventario . . . . .	15
2.3. Almacenes . . . . .	19
2.4. Sistemas de producción . . . . .	20
2.5. Ciclo de vida del producto . . . . .	22

---

2.6. Pronóstico de demanda . . . . .	23
2.7. Política de inventario . . . . .	28
2.7.1. Modelo de lote económico . . . . .	31
2.8. Antecedentes de la problemática . . . . .	40
2.9. Conclusiones del capítulo . . . . .	41
<b>3. Metodología</b>	<b>43</b>
3.1. Descripción general de la metodología . . . . .	43
3.2. Fase 1: Recopilación de datos . . . . .	44
3.3. Fase 2: Simulación de pronósticos . . . . .	44
3.4. Fase 3: Selección de pronóstico más viable . . . . .	47
3.5. Fase 4: Cálculo del $EOQ$ política $(s,Q)$ . . . . .	47
3.6. Fase 5: Comparación de resultados . . . . .	48
3.7. Conclusiones del capítulo . . . . .	50
<b>4. Implementación y análisis de resultados</b>	<b>51</b>
4.1. Resultado de la fase 1: Recopilación de datos . . . . .	51
4.1.1. Resultado del paso 1: Identificación de grupo de números . . .	52
4.1.2. Resultado del paso 2: Obtención de demanda histórica . . . .	53
4.2. Resultado de la fase 2: Simulación de pronósticos . . . . .	55
4.2.1. Resultado del paso 1: Selección de técnicas de pronósticos . . .	55
4.2.2. Resultado del paso 2: Calcular el pronóstico del año fiscal 2019	56

---

4.3. Resultado de la fase 3: Selección de pronóstico . . . . .	57
4.3.1. Resultado del paso 1: Cálculo del error de pronóstico . . . . .	57
4.3.2. Resultado del paso 2: Selección de técnica de pronóstico . . . . .	59
4.4. Resultado de la fase 4: Cálculo del EOQ política $(s,Q)$ . . . . .	63
4.4.1. Resultado del paso 1: Prueba de normalidad . . . . .	63
4.4.2. Resultado del paso 2: Calcular las variables del EOQ política $(s,Q)$ . . . . .	63
4.5. Resultado de la fase 5: Comparación de resultados . . . . .	64
4.5.1. Resultado del paso 1: Comparación de resultados . . . . .	65
4.5.2. Resultado del paso 2: Comparación total de resultados. . . . .	76
4.6. Conclusión del capítulo . . . . .	79
<b>5. Conclusiones</b>	<b>80</b>
5.1. Conclusiones del caso de estudio . . . . .	80
5.2. Recomendaciones . . . . .	81
5.3. Contribuciones . . . . .	82
<b>A. Apéndice A</b>	<b>83</b>

# ÍNDICE DE FIGURAS

---

2.1. Producción total desde la creación de la empresa. . . . .	10
2.2. Porcentaje de nivel de servicio de la línea 1. . . . .	11
2.3. Porcentaje de nivel de servicio de la línea 2. . . . .	11
2.4. Ciclo de vida típico de un producto. . . . .	22
2.5. Modelo básico de inventario de pedido fijo. . . . .	34
2.6. Modelo Q ajustado con inventarios de seguridad. . . . .	35
2.7. Modelo de inventario de periodo fijo. . . . .	36
3.1. Fases de la metodología. . . . .	44
4.1. Producción real, pronóstico de demanda y política de inventarios del NP1. . . . .	65
4.2. Producción real, pronóstico de demanda y política de inventarios del NP2. . . . .	67
4.3. Producción real, pronóstico de demanda y política de inventarios del NP3. . . . .	68
4.4. Producción real, pronóstico de demanda y política de inventarios del NP4. . . . .	69

---

4.5. Producción real, pronóstico de demanda y política de inventarios del NP5. . . . .	69
4.6. Producción real, pronóstico de demanda y política de inventarios del NP6. . . . .	71
4.7. Producción real, pronóstico de demanda y política de inventarios del NP7. . . . .	72
4.8. Producción real, pronóstico de demanda y política de inventarios del NP8. . . . .	74
4.9. Producción real, pronóstico de demanda y política de inventarios del NP9. . . . .	75
4.10. Producción real, pronóstico de demanda y política de inventarios del NP10. . . . .	76

# ÍNDICE DE TABLAS

---

2.1. Consolidado de impactos entre noviembre 2018 y octubre 2019 L1. . .	12
2.2. Consolidado de impactos entre noviembre 2018 y octubre 2019 L2. . .	12
2.3. Costos asociados a paros de línea y misceláneos. . . . .	13
2.4. Costos de transportación expeditada. . . . .	14
2.5. Inventario excedente año fiscal 2019. . . . .	15
2.6. Políticas de inventario más comunes y sus enfoques. . . . .	30
2.7. Diferencias entre los modelos $Q$ y $P$ . . . . .	33
2.8. Políticas de inventario derivadas del Modelo $Q$ de gestión de inventarios.	37
2.9. Característica modelo $Q$ y $P$ . . . . .	40
4.1. Impacto de cada número de parte en los indicadores mencionados. . .	52
4.2. Demanda histórica de cada número de parte. . . . .	53
4.3. Ejemplo del pronóstico del NP1 del año fiscal 2019. . . . .	56
4.4. Error para cada número de parte con base a $\alpha$ considerado. . . . .	58
4.5. Selección final para cada número de parte. . . . .	62

---

4.6. Resultados de la prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov para cada número de parte. . . . .	64
4.7. Datos de las variables del <i>EOQ</i> . . . . .	65
4.8. Costos que impactaron en los indicadores clave del NP1. . . . .	66
4.9. Costos que impactaron en los indicadores clave del NP2. . . . .	67
4.10. Costos que impactaron en los indicadores clave del NP3. . . . .	68
4.11. Costos que impactaron en los indicadores clave del NP4. . . . .	70
4.12. Costos que impactaron en los indicadores clave del NP5. . . . .	71
4.13. Costos que impactaron en los indicadores clave del NP6. . . . .	72
4.14. Costos que impactaron en los indicadores clave del NP7. . . . .	73
4.15. Costos que impactaron en los indicadores clave del NP8. . . . .	74
4.16. Costos que impactaron en los indicadores clave del NP9. . . . .	75
4.17. Costos que impactaron en los indicadores clave del NP10. . . . .	77
4.18. Tabla de costos incurridos y ahorros con la política propuesta. . . . .	77
4.19. Porcentaje de mejora aplicando la política propuesta. . . . .	78
A.1. Datos reales y pronósticos del NP1. . . . .	83
A.2. Datos reales y pronósticos del NP2. . . . .	85
A.3. Datos reales y pronósticos del NP3. . . . .	87
A.4. Datos reales y pronósticos del NP4. . . . .	89
A.5. Datos reales y pronósticos del NP5. . . . .	91



---

A.6. Datos reales y pronósticos del NP6. . . . .	93
A.7. Datos reales y pronósticos del NP7. . . . .	95
A.8. Datos reales y pronósticos del NP8. . . . .	97
A.9. Datos reales y pronósticos del NP9. . . . .	99
A.10. Datos reales y pronósticos del NP10. . . . .	101

## CAPÍTULO 1

# INTRODUCCIÓN

---

Para que cualquier empresa se pueda mantener competitiva en el mundo global actual, debe entender que las dinámicas de comercio son interdependientes entre ellas. Esto es, que una empresa no funciona por sí misma, sino por la interrelación entre ella misma y los integrantes de su cadena de suministro y entre su cadena de suministro y las cadenas de suministro de otras empresas y clientes.

Con respecto a la interrelación de la empresa con los clientes, esta se da principalmente a través de la satisfacción de la demanda de estos con los productos y/o servicios fabricados o suministrados por la empresa. Por lo tanto, es importante hacer notar que para que una empresa pueda sobrevivir y crecer o mantenerse en un mercado, es indispensable que tenga una demanda constante de sus productos, y que esta demanda pueda ser calculada o pronosticada de manera confiable por parte de la empresa, esto con el fin de realizar de manera óptima las inversiones o ajustes en las operaciones para mantenerse en su posición en el mercado o poder expandirse a nuevos mercados.

La demanda de productos y/o servicios por parte de los clientes hacia sus proveedores, suele estar condicionada por diversos factores. En principio, se puede pensar que el factor principal que condiciona la demanda de un producto es el precio, y de tal interrelación existe numerosa bibliografía que explica los cambios y

ajustes existentes, basándose en la gráfica clásica del modelo oferta-demanda. Sin embargo, esta sola interrelación no logra explicar todos los vaivenes de la demanda de productos y servicios, ya que está únicamente basada en una sola variable que es el precio. Por ejemplo, en la industria tabacalera, los incrementos en el precio de sus productos impactan su demanda de manera negativa, pero este impacto se puede ver solo de forma temporal, al poco tiempo después la demanda se regulariza a los niveles previos que existían al momento del incremento del precio.

Por otra parte, todos los factores anteriormente mencionados provocan variaciones en la demanda que obligan a las empresas a buscar una solución para estar protegidos ante tales variaciones y mantener constante el flujo de su cadena de suministro hacia sus clientes finales. El enfoque clásico de los inicios de la producción industrial en serie era tener inventarios altos que cubrieran cualquier tipo de variación al alza en la demanda de productos. Pronto, este enfoque demostró su ineficacia, ya que solamente puede cubrir variaciones en picos altos de demanda, y aunque garantiza el flujo de materia prima, se incrementan los costos de inventario y corremos con el peligro de que la demanda ahora se centre en un nuevo producto (de línea nueva o de sustitución) o que la demanda experimente un pico a la baja y que el inventario existente se convierta en obsoleto.

Con la llegada de la filosofía de la manufactura esbelta y los sistemas de abastecimiento justo a tiempo, el enfoque con respecto a las políticas de inventario cambió hacia tener un inventario mínimo, justo solamente para cubrir la demanda de productos y servicios ya ordenados. Si bien este nuevo enfoque reduce los costos de inventario y el riesgo de que el inventario existente se convierta en obsoleto, también es cierto que existe un riesgo mucho mayor de carecer de los materiales necesarios para satisfacer una demanda alta y en ocasiones, debido a mayores tiempos de entrega de alguno de los materiales, también existe el riesgo de caer en desabasto por falta de materiales, aun cumpliendo con las políticas de inventario y los enfoques de la manufactura esbelta y abastecimiento justo a tiempo.

La demanda de productos y servicios se ve afectada por tantos y diversos factores, que puede parecer que no es posible realizar un pronóstico siempre adecuado de la misma y que en realidad la demanda puede ser tan variable que no vale la pena tratar de realizar un pronóstico. Es cierto que no existe un solo método o modelo en el que se pueda basar un pronóstico exacto en todo momento, pero hay distintos tipos de modelos dependiendo del comportamiento de los datos que nos permiten pronosticar con más exactitud.

Tener el inventario necesario, en el momento correcto nos obliga a realizar un pronóstico adecuado y confiable de la demanda de los productos y servicios de una empresa, esto con el fin de poder tomar decisiones estratégicas y mantener un sano balance entre los costos del inventario en planta, tiempos de entrega de materiales y abastecimiento continuo al cliente final.

Desde el punto de vista exclusivamente de la demanda, la respuesta está en correlacionar los resultados de diversos métodos de pronóstico de la demanda, que analicen no solamente datos históricos o matemáticos, sino también entornos económicos y políticos, y conjuntar los resultados con la situación financiera y visión estratégica de la empresa. Sin embargo, desde el punto de vista más amplio de la cadena de suministro es necesario tener una programación adecuada de la producción y una política de control de inventarios en planta más adecuada para adaptarse a las fluctuaciones de demanda (al alza o a la baja) que existirán durante el año y que afecten lo menor posible los costos en lo que incurre la empresa con respecto a la operación y gestión del inventario en planta.

En este trabajo enfocado a la demanda de componentes en la industria de los tractocamiones, se estudiarán diversos métodos de análisis y pronóstico de la demanda y se hará una comparación para entender cuáles de ellos son más adecuados dependiendo de la naturaleza de sus datos, la disponibilidad y fiabilidad de estos y el entorno en el que serán aplicados. Así mismo, se hace una simulación del manejo del inventario y programación de la producción con respecto a las políticas de inventario

existentes de la empresa, con base a los pronósticos hechos con las técnicas anteriores, se pretenden encontrar cual es el método cuyo pronostico se apegan más a la realidad y que permitan implementar una política de inventarios que reduzca el costo de la cadena de abastecimiento.

## 1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En la actualidad existen empresas que trabajan con pronósticos y políticas de inventario equivocadas, que dan como resultado estrategias fallidas, ineficiencias en los sistemas de producción, incumplimiento de órdenes, bajo nivel de servicio y perdida de mercado.

En el presente caso de estudios, la empresa del ramo de los tractocamiones tiene retos sobre cómo responder a los cambios tecnológicos, sociales y económicos al mismo tiempo que administran la complejidad de las variaciones de demanda que se traducen a exceso de inventario y mayores costos de transportación.

El ramo de los tractocamiones es un mercado altamente competitivo, que suele ser afectado por muchas variables, predecir el comportamiento de demanda es clave para delinear estrategias que permitan mantener los costos más bajos posibles. Cualquier empresa que pronostique su demanda utilizando métodos equivocados corre el riesgo de caer en errores que generen costos innecesarios con consecuencias graves. Empresas que usen un método de pronósticos equivocado, con políticas de inventario incorrectas corren el riesgo de tener cadenas de suministro costosas que las hacen no ser competitivas.

## 1.2 OBJETIVO

Disminuir el costo de la cadena de suministro de la empresa utilizando métodos de pronósticos, planeación de la producción y política de inventarios de la demanda más adecuados, sin afectar o inclusive mejorando el nivel de servicio.

## 1.3 HIPÓTESIS

Al seleccionar un método de pronóstico de la demanda, un método de planeación de la producción y una política de inventario adecuados, es posible disminuir el costo de la cadena de suministro.

## 1.4 JUSTIFICACIÓN

Según Chopra y Sodhi (2004), uno de los riesgos que podrían impactar de manera severa en una cadena de suministro son los pronósticos mal calculados, estos errores se dan por la diferencia que existen entre las proyecciones de una empresa y la demanda real. Cuando el pronóstico es mayor a lo real, el resultado es un exceso de inventario y la reducción del margen de ganancia de los productos.

Aumentar la visibilidad de la información de la demanda a través de tu cadena de suministro puede ayudar a reducir los riesgos de la cadena de suministro, ya que reduce el impacto que causa el efecto látigo (la distorsión de la demanda que aumenta en la cadena de suministro a medida que te alejas del consumidor).

El correcto desempeño de un almacén y de la empresa en cuanto a la gestión de su inventario, está ligado a una adecuada combinación de pronósticos de demanda, programación de la producción y política de inventarios. Este desempeño puede ser medido con respecto a la satisfacción del cliente, pero también debe ponderarse en

términos de costos asociados a la gestión del inventario. La revisión periódica de la política de inventarios y la adecuación de los demás elementos se convierte en una necesidad tanto para detectar a tiempo posibles interrupciones en el flujo de materiales como para mantener a la empresa en un nivel de servicio que le permita mantenerse competitiva en el mercado.

La empresa actualmente tiene indicadores clave cuyo desempeño está por debajo del nivel deseado, su nivel de servicio de producción cerro por debajo del límite propuesto por la empresa que es de 95 %, por concepto de transportación la empresa gasto mas de 125 millones de dólares, de los cuales casi 20 millones de dólares fueron costos de trasportación expeditada y su nivel de inventario excedente cerro con casi 7 millones de dólares.

## 1.5 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Para la realización de este caso de estudio se siguieron los siguientes pasos:

Paso 1: Se realiza una investigación robusta de la literatura, la investigación se concentra en técnicas de pronóstico y políticas de inventario (específicamente *EOQ*).

Paso 2: Se buscaron casos similares a la problemática que se presenta en el caso de estudio de la empresa especifica donde se está aplicando el estudio, esto con la finalidad de encontrar posibles caminos a seguir.

Paso 3: Se genera una metodología especifica para encontrar maneras de comprobar la hipótesis planteada.

## 1.6 ESTRUCTURA DE LA TESIS

Este documento se compone de 5 capítulos, mismos que se detallan de manera general a continuación.

- Capítulo 1, se presenta una introducción general, una introducción del problema, un objetivo, una hipótesis, una justificación y la estructura de la tesis.
- Capítulo 2, se presentan los antecedentes, el marco teórico donde se muestra la revisión de la literatura que nos ayudara a justificar y demostrar la hipótesis planteada en el capítulo 1.
- Capítulo 3, se presenta la metodología que se lleva a cabo paso por paso para realizar el caso de estudio de manera satisfactoria. Se describen detalles generales y suposiciones que se consideraron al momento de hacer el análisis.
- Capítulo 4, se presenta el análisis y los resultados, se muestra el análisis de los pasos a seguir, asegurando que los datos nos ayuden a comprobar la hipótesis y acercándonos al objetivo.
- Capítulo 5, se presentan las recomendaciones y conclusiones, así como lecciones aprendidas durante el desarrollo del caso de estudio.



## CAPÍTULO 2

# MARCO TEÓRICO

---

En este capítulo revisaremos la historia de la empresa, que nos dará una perspectiva de su crecimiento y su estructura. También se pretende abordar conceptos necesarios para entender sobre la importancia de los inventarios y la necesidad de administrarlos correctamente, las herramientas que pretendemos usar en el caso de estudio, sus inicios y cómo se fueron desarrollando.

### 2.1 ANTECEDENTES GENERALES DE LA EMPRESA

La empresa tiene sus oficinas centrales en Estados Unidos y sus orígenes datan de 1831 con la creación de una segadora mecánica que fue patentada en 1847 y que marcó el inicio de la mecanización de la agricultura. En 1902 se fusionó con otras empresas con la idea de desarrollar nuevos productos con motores de combustión interna. Introdujo un auto vagón en 1909 y fue el primer vehículo utilitario multiusos y solo 3 años después, en 1912 se manufacturaban más de 9 mil autos vagón. En 1922 produce su primer autobús escolar que tenía una capacidad para 25 niños. Entre 1923 introduce vehículos tipo *pickup*. En 1928 introduce el eje trasero de 2 velocidades. En 1929 introduce su primer tractor tipo oruga. En 1933 producen su primer motor de diésel. Siguió introduciendo productos hasta 1942, y al igual que otras compañías y debido a la segunda guerra mundial incursionaron en la producción de equipo

militar.

1986 significó un nuevo comienzo para la compañía, que se limitaría a construir camiones, autobuses y motores. Con este plan de negocios más enfocado, las perspectivas para la compañía comenzaron a mejorar.

El estudio se realiza en una de sus plantas productivas que se ubica en Monterrey, Nuevo León y que comenzó actividades a finales de los 90. Tiene una capacidad instalada para producir 300 vehículos diarios.

Al momento del análisis del caso de estudio, la empresa no maneja un nivel de inventario de seguridad y la manera de pronosticar su demanda es igual para todos sus componentes, sin importar que no todas las demandas siguen el mismo tipo de distribución.

### 2.1.1 DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA DE LA EMPRESA

Mediante el aseguramiento del flujo regular de materiales y resolviendo las posibles amenazas que surjan durante el proceso de gestión, aumentará la certeza de que el cliente contará con los productos requeridos en el momento y lugar necesarios, evitando posibles sanciones económicas, e incrementará la confianza de los clientes en la empresa, abriendo paso para ingresar en nuevos mercados.

La empresa donde se lleva a cabo el caso de estudio tiene una capacidad para producir 295 unidades diarias en 2 líneas de producción, línea 1 (L1) con capacidad para producir 160 unidades y línea 2 (L2) con capacidad para producir 135 unidades diarias.

Desde los inicios de su operación a finales de los 90 la planta ha producido poco más de 700,000 unidades (ver figura 2.1), su producción es muy dinámica y su cadena de suministro es compleja debido al alto grado de dinamismo que tiene en su producción.

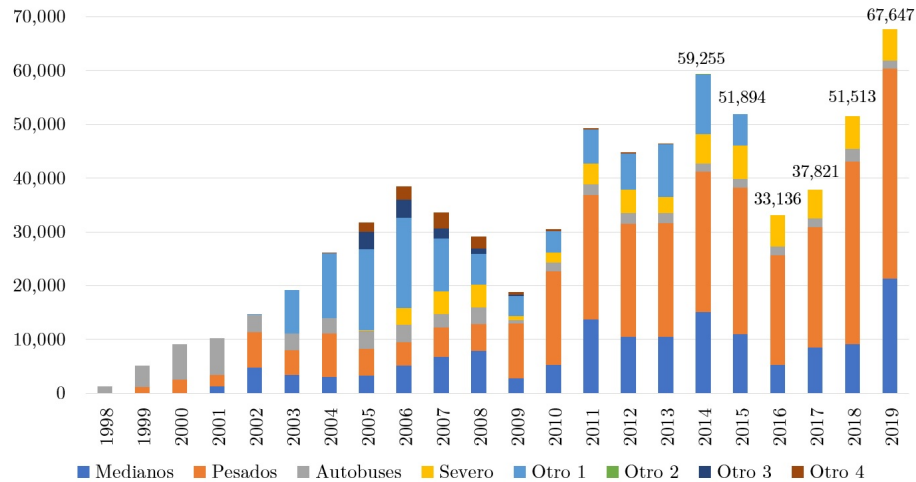


Figura 2.1: Producción total desde la creación de la empresa. Fuente: Elaboración propia.

La empresa tiene un antecedente negativo con respecto a pronósticos mal calculados, durante los primeros 4 años del 2010 se vieron forzados a hacer una compra adelantada de más de 100,000 llantas debido a un contrato multianual con un volumen específico de compra que no pudieron cumplir. Como contención para evitar la penalización de no cumplir el contrato, tuvieron que rentar patios en diferentes puntos de Estados Unidos y almacenar dicho inventario en más de 300 cajas secas. Este proceso disruptivo significó un desembolso millonario.

Otra situación crítica que se identificó es el nivel de servicio con respecto a la producción, durante los últimos 3 años no han podido alcanzar el objetivo del 95 % como se puede observar en las figuras 2.2 y 2.3.

Al hacer un análisis de los componentes que más han impactado en el último año podemos ver que las llantas están dentro de los 10 componentes que más han impactado el nivel de servicio de la planta. Como se puede observar en la tabla 2.1 y 2.2, las llantas son el segundo y sexto causal con más impactos en ambas líneas de producción.

El departamento de Finanzas de la empresa tiene detallados los costos de in-

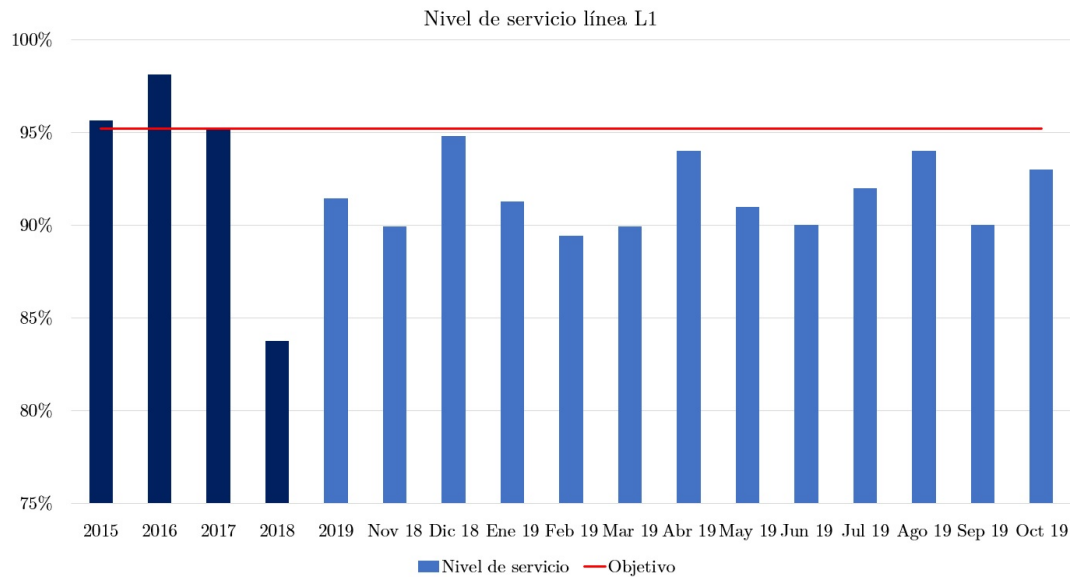


Figura 2.2: Porcentaje de nivel de servicio de la línea 1. Fuente: Elaboración propia.

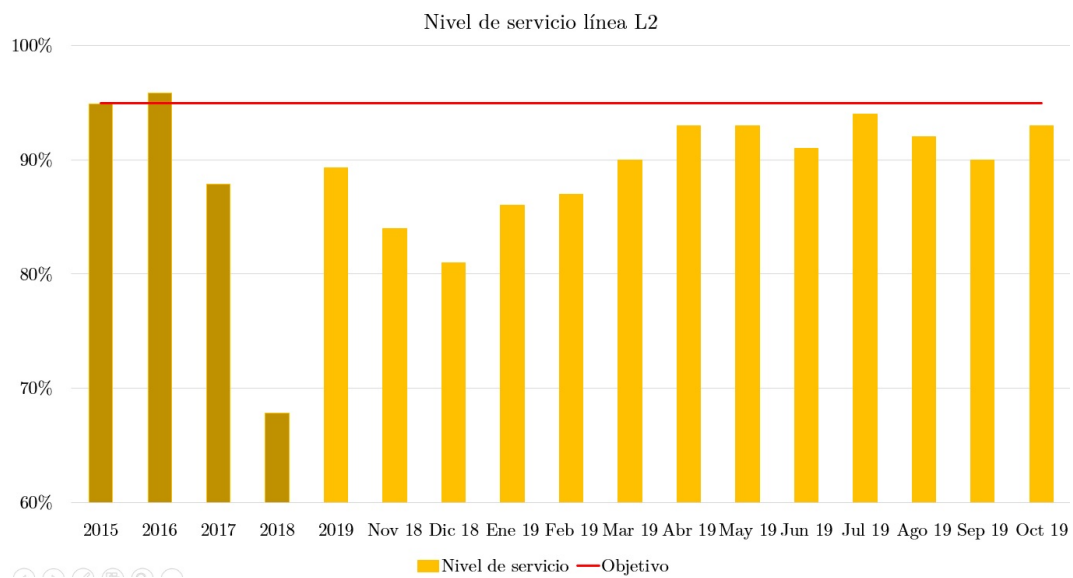


Figura 2.3: Porcentaje de nivel de servicio de la línea 2. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2.1: Consolidado de impactos entre noviembre 2018 y octubre 2019 L1. Fuente:  
Elaboración propia

Top 10	Proveedor	Impactos	Componentes
1	***AC*****	187	Escalones
2	*****TIRE*****I**	154	Llantas
3	***MI**	151	Motores
4	*****LE PR****T*I**	108	Soportes
5	**IENG*****	104	Molduras
6	R*****RD	91	Columnas
7	*****IES***	91	Faldones y defensas
8	T***K***E	59	Espejos
9	**I ENG*****SO*****	57	Molduras
10	C**E***ING	54	Techos y cofres

Tabla 2.2: Consolidado de impactos entre noviembre 2018 y octubre 2019 L2. Fuente:  
Elaboración propia

Top 10	Proveedor	Impactos	Componentes
1	*****IES***	665	Faldones y defensas
2	*****OUN***	180	Piezas de fundición
3	*****CORP*****	145	Escalones
4	**NSO*****ME*****	137	Molduras
5	**TO*CORP*****	112	Mangueras
6	*****TIRE*****I**	98	Llantas
7	***BE*****C***	66	Partes de aluminio
8	*****LE PR****T*I**	60	Soportes
9	P****R HA*****COR*****	55	Conectores
10	M***	35	Tableros

currir en deficiencias en la cadena de suministro, estos los podemos observar en la tabla 2.3.

Tabla 2.3: Costos asociados a paros de línea y misceláneos. Fuente: Elaboración propia

Costos asociados a paros de línea y misceláneos	
Paro de línea 1 y línea 2	\$325 USD por minuto
Paro de línea en plantas en EU.	\$1000 USD por minuto
Remover unidades del programa de producción	\$2,500 USD por unidad
Reparaciones	\$75 USD por hora
Sustitución de componentes	\$500 USD por documento
Construir unidades que no rueden	\$1500 USD por unidad
Impactos al nivel de servicio productivo	\$500 USD por unidad

Considerando que en el año fiscal 2019 la planta tuvo que sustituir 221 órdenes por no tener las llantas al momento de la construcción de la unidad (costo por sustituir \$500 USD) y hubo 252 impactos al nivel de servicio (costo por impacto \$500 USD), la cadena de suministro de la empresa ha tenido que absorber un costo de \$236,500 dólares, solo considerando las deficiencias que generó el componente de las llantas.

Siguiendo el mismo enfoque, se obtuvieron los costos relacionados a la transportación que podemos ver en la tabla 2.4, la planta gasto por concepto de transportación más de 125 millones de dólares entre noviembre de 2018 y octubre de 2019, de esa cantidad se segregaron los costos de transportación expeditada, casi 20 millones de dólares, solamente por concepto de transportación expeditada de llantas la planta desembolso cerca de un millón de dólares (\$796,725.98) para movimientos urgentes relacionados a estos componentes.

Otro indicador clave que pudimos observar fue el nivel de inventario, la planta tiene un indicador de inventario excedente, este inventario excedente es todo lo que consideran que la planta no utilizara pasada una ventana de tiempo de 6 meses, el promedio de este inventario excedente relacionado exclusivamente a llantas lo

Tabla 2.4: Costos de transportación expeditada. Fuente: Elaboración propia

Fecha	Costo de transp. por ud.	Uds.	Costo de transp. total	Costo de transp. expeditada	Costo por expeditar llantas
Nov18	\$2,037.00	5,243	\$10,679,991.00	\$2,045,346.43	\$97,332.00
Dic18	\$2,555.00	3,793	\$9,691,115.00	\$1,781,955.06	\$79,762.32
Ene19	\$1,899.00	6,202	\$11,777,598.00	\$2,004,362.26	\$83,891.28
Feb19	\$1,782.00	5,436	\$9,686,952.00	\$1,558,995.29	\$70,890.00
Mar19	\$1,845.00	5,591	\$10,315,395.00	\$1,447,374.38	\$63,415.40
Apr19	\$1,606.00	6,189	\$9,939,534.00	\$1,337,729.38	\$56,765.76
May19	\$1,607.00	6,928	\$11,133,296.00	\$1,385,063.67	\$78,621.51
Jun19	\$1,780.00	6,455	\$11,489,900.00	\$2,070,301.04	\$50,973.98
Jul19	\$1,675.00	6,674	\$11,178,950.00	\$2,077,366.30	\$51,849.00
Ago19	\$1,740.00	5,939	\$10,333,860.00	\$1,080,347.68	\$49,433.00
Sep19	\$2,450.00	4,788	\$11,730,600.00	\$1,759,590.00	\$67,916.00
Oct19	\$2,203.00	3,325	\$7,324,975.00	\$1,318,495.50	\$45,875.73
Total		66,453	\$125,282,166.00	\$19,866,927.00	\$796,725.98

podemos observar en la tabla 2.5.

Todos estos impactos cuantificables hacen necesaria la implementación de una solución integral que permita mejorar los indicadores claves que están siendo afectados. Esta solución integral debe de impactar positivamente los siguientes indicadores:

1. Costo de transportación.
2. Nivel de servicio.
3. Niveles de inventario.

Tener un pronóstico más acertado y aplicando una política de inventario más adecuada deberá eliminar deficiencias en las que está incurriendo la empresa, al bajar estas deficiencias los costos deben de bajar en una proporción similar.

Tabla 2.5: Inventario excedente año fiscal 2019. Fuente: Elaboración propia

Fecha	Inventario excedente	Inventario excedente de llantas	Porcentaje de inventario excedente solo de llantas
Nov18	\$41,118,934.69	\$2,735,025.89	7 %
Dic18	\$13,898,376.11	\$161,734.68	1 %
Ene19	\$15,532,394.39	\$118,415.28	1 %
Feb19	\$17,043,681.75	\$118,695.90	1 %
Mar19	\$7,436,140.63	\$123,081.81	2 %
Apr19	\$6,506,650.48	\$240,618.18	4 %
May19	\$8,115,685.78	\$876,039.74	11 %
Jun19	\$5,298,608.65	\$246,478.04	5 %
Jul19	\$5,455,541.85	\$266,463.70	5 %
Ago19	\$6,709,577.19	\$48,077.00	1 %
Sep19	\$7,097,352.97	\$276,483.00	4 %
Oct19	\$6,234,638.98	\$201,639.00	3 %
Promedio	\$11,703,965.29	\$451,062.69	4 %

## 2.2 INVENTARIO

De acuerdo con Muller *et al.* (2004), los inventarios de una empresa se conforman por sus materias primas, productos en proceso (*WIP* por sus siglas en inglés *work in progress*), cualquier tipo suministros que sea utilizado en su proceso productivo o de servicio e inventario de producto terminado.

El inventario es el material o suministros que se tienen para el uso en la manufactura de nuevos productos o las ventas futuras. El inventario está integrado por bienes terminados que esperan el pedido de un cliente (inventario de producto final), y de materiales destinados a la producción o a la transformación de bienes terminados para el cliente. La ausencia de inventarios para llevar a cabo el proceso de transformación representa un impacto a las finanzas al no lograr poner producto en las manos del cliente.

Existen 5 tipos básicos de inventario dependiendo del tipo de función que



desempeñan (Prado Bustamante, 1992):

1. Inventarios de fluctuación. Estos se tienen por los picos que pueden observarse entre los niveles de venta y producción, es extremadamente difícil se puedan pronosticar de manera exacta.
2. Inventarios de anticipación. Son inventarios que se adquieren de manera programada por adelantado para contrarrestar los picos asociados a ciertas épocas de mayor venta o programas comercial promocionales, también se asocian a periodos de cierre de la planta productiva.
3. Inventarios de tamaño de lote. Estos son artículos que con frecuencia se adquieren en cantidades mayores al flujo de consumo ya que es poco práctico o inviable comprar en las mismas cantidades que se usan, también se adquieren así para abaratar costos.
4. Inventarios de transportación. Estos se dan porque existe la necesidad de mover material de un lugar a otro.
5. Inventario de protección o especulación. Son compras que se realizan de artículos que tiene como peculiaridad la fluctuación de sus precios, esta protección nos brinda ahorros significativos entre mayor sea el volumen y la fluctuación.

Según la FIAEP (2014), la administración o gestión de inventarios es el conjunto de actividades donde se involucra el manejo y la administración de los productos existentes, incluidas entradas, salidas, almacenaje y surtido, una estrategia correcta en este rubro le permitirán a una empresa ser rentable.

Como también lo menciona el artículo de la FIAEP (2014), en la Gestión de Inventarios están involucradas tres actividades básicas a saber:

1. Determinación de existencias. Proceso en el cual se consolida la información de los componentes que se administran, encontramos conceptos como levantamiento de inventarios, auditorias, conteos cíclicos y evaluaciones de los procesos

tanto de recepción al momento de la entrada como de salida al momento de la venta.

2. Análisis de inventarios. Son los análisis que se llevan a cabo para determinar que lo ordenado o almacenado sea lo correcto, es importante determinar si estos de están quedando por encima o por debajo de la demanda, esto con la finalidad de asegurar rentabilidad en el proceso.
3. Control de producción. Es el proceso donde se administra el proceso de la transformación de componentes o materia prima en producto terminado para su posterior proceso de venta.

Krajewski *et al.* (2008) plantea que el inventario en una empresa se crea cuando la distribución del producto terminado o el flujo de partes es menor que la recepción de materiales, partes o materia prima. El desbaste es el proceso a la inversa, y sucede cuando el flujo de componentes o producto terminado es mayor que la entrada de componentes o materia prima. El motivo principal por el cual se trata de mantener inventario en volúmenes bajos es debido a que los inventarios representan una inversión monetaria temporal que afectan los costos de la cadena de suministro, esta inversión imposibilita la inversión en otros rubros. Vale la pena considerar que los costos por mantener inventario podrían alcanzar hasta el 35 % del valor nominal del producto que se mantiene en inventario. Este porcentaje es considerablemente alto debido a que considera costos de capital humano que se requieren para la administración del inventario, costos de almacenamiento, costos por concepto de manejo, pago de seguros y posibles mermas.

Sin embargo, también existen importantes razones para mantener un nivel de inventario. Nuevamente, estas razones principalmente son empujadas por los costos asociados ya sea a que la empresa no sea capaz de satisfacer la demanda o a la expedición de los materiales necesarios para la producción. El servicio al cliente o el nivel de servicio es la mayor de las razones para tener inventarios altos con la finalidad de poder satisfacer la demanda de estos. El tener niveles de inventario reduce las

posibilidades de que se produzcan desabastos y pedidos aplazados. Por otra parte, cada vez que una empresa coloca un nuevo pedido, incurre en un costo por hacer pedidos, esto es, el costo de preparar una orden de compra para un proveedor o una orden de producción en el caso de una fábrica o taller. Muller *et al.* (2004) considera entre las razones más importantes para construir y mantener un inventario son:

1. Capacidad de predicción: Esta tiene el propósito de planificar o establecer un programa de producción, es importante tener un control del inventario que entra en forma de piezas o materia prima y cuantos ensambles o producto terminado se procesa en un momento determinado. Debe de haber congruencia entre lo que se necesita y lo que se produce.
2. Fluctuaciones de la demanda: inventario es sinónimo de protección, no es posible predecir con exactitud lo que va a requerirse en algún momento determinado el 100% del tiempo, el inventario nos brinda protección para asegurar cumplir un plan de producción que garantice satisfacer en tiempo los pedidos de los clientes, también es importante que estas fluctuaciones estén dentro de un rango controlable.
3. Protección de precios: Comprar de manera anticipada en el momento y la cantidad correcta podría evitar el impacto negativo generado por la inflación de precios.
4. Descuentos por cantidad: Las compras realizadas por un volumen mayor nos dan la ventaja de adquirir componentes con un costo menor, aunque debemos tener cuidado de comprar lotes que si vayan a ser consumidos y evitar caer en obsolescencia.
5. Menor costo de pedido: La compra de cantidades mayores ayuda mucho a abaratar los costos de transportación al mover con menos frecuencia y permiten vender con un mayor margen de ganancia.

Sallenave (2002) menciona que la gestión de inventarios es una de las actividades logísticas en donde hay más posibilidades para reducir costos en una empresa, esto mediante la administración adecuada del inventario almacenado y de la transportación.

Según Cortes Zapata (2014) y de acuerdo con la literatura de Silver *et al.* (1998), Frazelle y Sojo (2007), Chopra y Meindl (2008) y Goldsby y Martichenko (2005), una buena gestión de inventarios permite reducir la cantidad de artículos necesarios en los almacenes, además de que puede aumentar los niveles de servicio de los clientes, ya sean clientes internos o inclusive clientes externos.

## 2.3 ALMACENES

De acuerdo con Smith (1998), los almacenes son un lugar o espacio físico que brindan protección para almacenar el capital invertido en forma de bienes (inventario) y proporcionan un espacio de trabajo para las personas y los equipos que deben manejar estos bienes y entregarlos a los clientes o a múltiples operaciones.

Según Khojasteh-Ghamari (2012), a pesar de que los almacenes representan costos, son de suma importancia para poder administrar correctamente los procesos de distribución y el éxito de las empresas depende entre otras cosas, del diseño correcto de sus instalaciones que permitan el mejor flujo ya sea de materiales e inclusive de flujo de información.

Para De Koster *et al.* (1999), el factor fundamental del éxito de la gestión de un almacén es la reducción de tiempos que se toma un almacén en el procesamiento y entrega de las órdenes de requisición. Las razones principales por las que los almacenes buscan reducir estos tiempos son las siguientes:

- Los proveedores de compañías manufactureras están siendo forzados a trabajar bajo políticas de justo a tiempo.

- La reducción de los tiempos de entrega representa una ventaja competitiva
- Cada vez se vuelve más difícil reducir los tiempos de entrega debido a factores como el incremento gradual en los surtidos y ordenes cada vez más pequeñas.
- Muchas compañías internacionales han centralizado sus almacenes, de manera que es común que un almacén atienda órdenes de varios países.
- Los tiempos de entrega cortos son considerados en muchas organizaciones como una ventaja competitiva, esto pone presión sobre el desempeño interno, especialmente en lo que se refiere a los procesos de recuperación de material.
- El incremento de las actividades de valor logístico agregado ha dado lugar a nuevas actividades que han de llevarse a cabo durante o después de la preparación de pedidos

En los almacenes podemos encontrar procesos básicos como la recepción, ubicación, recolección y entrega de materiales. Todos estos procesos, tienen sus estrategias particulares de gestión, para lograr llevarlos a cabo en el menor tiempo posible, estando enfocados en el cumplimiento de las órdenes de producción (OP) y ventas. Debido a esto último, la gestión de los inventarios se vuelve fundamental al momento de cubrir las necesidades de las plantas, las cuales actúan de manera directa por la demanda de sus productos por parte de sus clientes en el mercado.

## 2.4 SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

Cuando la demanda fluctúa, los niveles de producción deseados no son del todo obvios. Se debe determinar un plan de producción que sea capaz de descifrar cuántos y cuándo fabricar cada producto. La meta es hacer coincidir la tasa de producción y la tasa de demanda, esto con la finalidad de producir lo que se necesita cuando se necesita. De la misma manera que los pronósticos se planean para horizontes distintos, la producción sigue un criterio similar en donde se planea considerando

horizontes mediante un enfoque jerárquico. Normalmente se desarrolla una secuencia en el corto, mediano y largo plazo (Sipper y Bulfin, 1999).

Los sistemas de producción de una empresa son variados y se adaptan a las necesidades específicas de cada empresa. Uno de los factores más importantes que determinan el diseño del sistema de producción para el cliente, es el volumen y la variedad de la producción esperada los cuales, a su vez, tienden a ser definidos por la cantidad de influencia que el cliente ejerce en el diseño del producto. De acuerdo con el nivel de influencia que tiene el cliente en el diseño del producto, tiende a describirse por medio de las siguientes categorías de entornos de producción, de acuerdo con el grado de influencia del cliente, de menor a mayor:

- Fabricación para almacenamiento.
- Ensamblado bajo pedido.
- Fabricación bajo pedido.
- Ingeniería bajo pedido

Cada una de estas opciones de entornos de producción, requieren un manejo de inventarios y de producción diferentes.

Como también lo mencionan Sipper y Bulfin (1999), la planeación de la producción es difícil y compleja, hay múltiples factores que propician esta complejidad, alto volumen de productos, patrones difíciles de predecir de la demanda, alta incertidumbre, múltiples procesos productivos y desabasto solo por mencionar algunos.

Por estos motivos, y para no alterar la planeación de la producción más de lo necesario, los pronósticos deben de ser lo más cercanos a la realidad posible.

## 2.5 CICLO DE VIDA DEL PRODUCTO

Para entender el comportamiento de la demanda, también es necesario entender el ciclo de vida de un producto, ya que este afecta directamente la demanda del producto a lo largo del tiempo:

Como se puede ver en la figura 2.4, el ciclo de vida de un producto consta de cuatro etapas: introducción, crecimiento, madurez y declive del producto. Cada una de estas etapas, conlleva una demanda diferente por parte de los clientes, lo cual ayuda a tener un horizonte de pronóstico de demanda. Sin embargo, el ciclo de vida de un producto no ayuda a calcular el pronóstico de la demanda, sino solamente aporta un horizonte de demanda posible con respecto al tiempo que el producto tiene en el mercado.

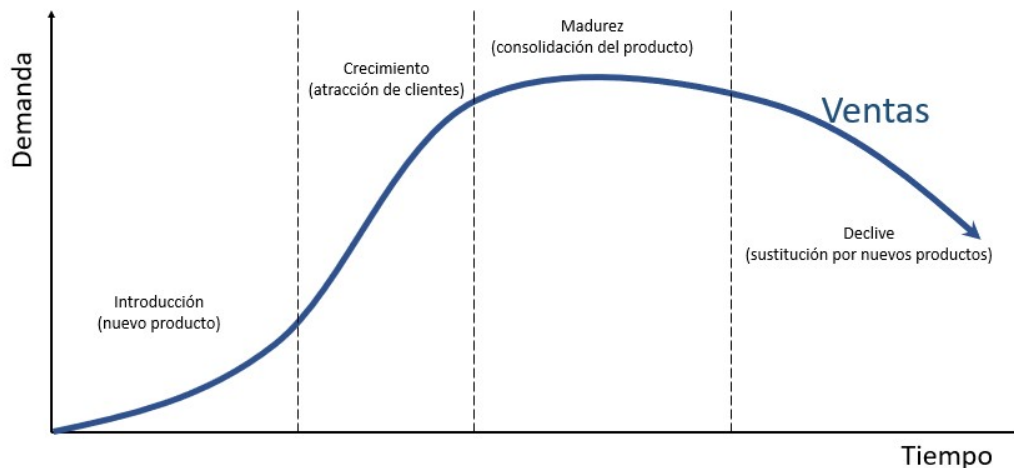


Figura 2.4: Ciclo de vida típico de un producto. Fuente: Elaboración propia con información tomada de Barrios (2017).

De acuerdo con Ballou (2004), “el fenómeno del ciclo de vida de un producto tiene gran influencia en la estrategia de la distribución. El gerente de logística o de planeación de la demanda necesita estar continuamente alerta sobre la etapa del ciclo de vida de un producto para que los patrones de distribución puedan ajustarse con el fin de poder alcanzar un máximo de eficiencia en esa etapa. El fenómeno del

ciclo de vida de los productos permite al gerente de logística o de planeación de la demanda anticipar las necesidades de distribución y planearlas por adelantado.”

## 2.6 PRONÓSTICO DE DEMANDA

Otra de las cuestiones fundamentales de la gestión de inventarios y producción, es tener visibilidad y certeza acerca de lo que ocurrirá con los pedidos de los clientes en el futuro cercano. Los métodos de pronóstico de demanda son los que proveen una certeza aproximada para poder predecir el futuro inmediato y a largo plazo, lo cual permitirá a la empresa el poder llevar a cabo sus planes de desarrollo y producción de bienes para cubrir esa demanda.

Según la APICS (2011), un pronóstico debe de predecir o proyectar tendencias futuras, por lo general, demanda o ventas. Para poder hacer esto de manera correcta, se necesitan registrar todos los factores que impactan de una u otra manera el proceso de toma de decisiones. Los factores que afectan el pronóstico incluyen patrones de demanda de ventas, condiciones económicas, promociones o actividades de la competencia, estudios de mercado, mezclas de productos, precios y promociones. Se pueden hacer pronósticos a niveles estratégicos, tácticos y operativos.

El pronóstico de demanda se basa en la necesidad de la empresa de tener certeza de operación en el futuro, ya sea inmediato o en el largo plazo. Si bien es cierto que en cualquier momento la demanda de bienes de parte de los clientes es de naturaleza variable e incierta, históricamente existen ciclos de tiempo en los que la demanda de bienes presenta una repetibilidad de eventos, los cuales pueden ser aprovechados por las empresas. La importancia de conocer y prever el comportamiento de la demanda y los ciclos de repetición radica en que la empresa puede llevar a cabo las previsiones e inversiones pertinentes para cubrir la demanda de los clientes, sin que estos se vean afectados por un posible desabasto, o que la empresa vea sus inversiones depreciadas, debido a la realización de una inversión muy alta, la cual finalmente no sea justificada



por la demanda.

A pesar de las imprecisiones inherentes al tratar de predecir el futuro, Hanke *et al.* (2001) considera que los pronósticos que se realizan son el detonante del establecimiento y la planificación de políticas y son absolutamente necesarios para avanzar en el entorno empresarial en constante cambio y altamente interactivo. Desde bancos y gobiernos que necesitan ajustar tasas de interés de acuerdo con la proyección del crecimiento económico, centros de servicio que deben de determinar su personal en base al flujo de trabajo que esperan recibir y gerentes operativos que necesiten establecer programas de producción en base a estimaciones futuras, todos dependen de un pronóstico para poder hacer una planeación que permita brindar un nivel de servicio (NS) adecuado.

En cualquier empresa, existen dos rubros principales en los cuales se tienen que llevar a cabo inversiones importantes de manera continua para asegurar que la operación de esta sigue adelante: inventarios y mano de obra, siendo esta última es la encargada de llevar a cabo la producción de bienes de la empresa. Si una empresa no planea adecuadamente la inversión constante que debe hacer en materia de mano de obra, pueden suceder dos escenarios, aun teniendo la cantidad adecuada de materiales en inventario para la producción:

1. La empresa tiene mano de obra por debajo de los requerimientos de la demanda. Esto provocará que no se logren los objetivos de producción planteados por la demanda de sus bienes o que, para lograr cubrir el déficit de producción, se vea forzada a implementar turnos de horas extras de trabajo. En el primer caso, la empresa verá afectada su situación en el mercado al no poder cubrir la demanda de sus bienes. En el segundo caso, incurrirá en menores utilidades, ya que sus bienes encarecerán sus costos, sin que estos puedan ser recuperados a través de las ventas.
2. El segundo escenario, plantea que se tiene mano de obra muy por encima de lo que sus clientes demandan de sus bienes. En este caso, la empresa incurre

en mayores costos por mano de obra, sin que ésta genere las utilidades correspondientes debido a que la producción de bienes que llevan a cabo sobrepasa la demanda de parte de sus clientes, lo cual genera un inventario extra de productos terminados. Este escenario podría ser menos perjudicial, si la empresa logra encontrar demanda en el mercado para esa producción excedente.

Chase (2009) plantea que existen cuatro grandes categorías en las que se pueden agrupar los métodos de pronóstico de demanda, los cuales son:

1. Métodos cualitativos: Son subjetivos, basados en juicios, estimaciones y opiniones. Son mayormente útiles cuando no existen datos históricos de demanda con los cuales se pueda realizar un pronóstico. Este tipo de métodos incluyen:
  - Técnicas acumulativas: Realiza el pronóstico en base a la opinión de todos los vendedores finales del producto.
  - Investigación de mercados: Realiza un análisis prospectivo del mercado, mediante la aplicación de encuestas y/o entrevistas, para predecir el tamaño y aceptación del producto nuevo en el mercado.
  - Grupos de consenso: Juntas internas entre los responsables de una empresa (ejecutivos, gerentes, vendedores, clientes), en donde se compendian sus opiniones acerca de las tendencias del mercado, para obtener un pronóstico.
  - Analogía histórica: Relaciona el producto a pronosticar, con la demanda actual de un producto similar.
  - Método de Delfos: Un grupo de expertos responde un cuestionario, que realiza un moderador, actualiza los resultados y vuelve a aplicar el cuestionario a los expertos, quienes participan de manera anónima. El pronóstico surge cuando existe el mayor consenso de opiniones entre los expertos.
2. Métodos cuantitativos, temporales o de series de tiempo: Se basan en la idea

de que el historial de los eventos a través del tiempo se puede utilizar para proyectar el futuro. Entre los más comunes se encuentran:

- Promedio móvil simple: Se calcula el promedio de demanda de un periodo de tiempo pasado determinado, para aplicarlo a un tiempo futuro inmediato.
  - Promedio móvil ponderado: Es la suma de la ponderación de la demanda de periodos de tiempo anteriores para aplicarlos a un tiempo futuro inmediato. Regularmente, los periodos pasados más cercanos al presente aplicable, tienen una mayor ponderación.
  - Suavización exponencial: Los puntos de datos de demanda se ponderan más y la ponderación sufre una reducción exponencial conforme los datos se vuelven más antiguos.
  - Análisis de regresión: Ajusta una recta a los datos pasados casi siempre en relación con el valor de los datos.
  - Técnica Box Jenkins: Relaciona una clase de modelos estadísticos con los datos y ajusta el modelo con las series de tiempo utilizando distribuciones bayesianas posteriores.
  - Series de tiempo Shiskin: Método efectivo para dividir una serie temporal en temporadas, tendencias e irregular. Requiere un historial de por lo menos tres años y se utiliza para identificar los cambios en las ventas de una compañía.
  - Proyecciones de tendencias: Ajusta una recta matemática de tendencias a los puntos de los datos y las proyecta en el futuro.
3. Métodos causales: Trata de entender el sistema subyacente y que rodea al elemento que se va a pronosticar, por mencionar algunos ejemplos, publicidad, calidad, competidores. Dentro de estos métodos existen:
- Análisis de regresión: Similar al método de regresión cuantitativo, pero

puede contener otras variables. La base es que el pronóstico se desarrolla por la ocurrencia de otros eventos.

- Modelos econométricos: Intenta describir algún sector de la economía mediante una serie de ecuaciones interdependientes.
  - Modelos de entrada/salida: Pronostica los cambios en las ventas que una industria productora puede esperar, debido a los cambios en las compras por parte de otra industria.
  - Principales indicadores: Estadísticas que se mueven en la misma dirección que la serie a pronosticar, pero anterior a ésta.
4. Modelos de simulación: Modelos dinámicos casi siempre hechos con computadora, que permiten al responsable del pronóstico hacer suposiciones acerca de las variables internas y el ambiente externo del modelo.

Krajewski *et al.* (2008) hace mención de cinco patrones básicos de comportamiento de la demanda en los datos de series de tiempo:

1. Horizontal: la fluctuación de datos de demanda en torno de una media constante.
2. Tendencia: presentan incremento o decremento de manera sistémica a través del tiempo.
3. Estacional: un patrón repetible que puede subir o bajar, dependiendo de un determinado periodo de tiempo, que puede ser por día, semana, meses o un año.
4. Cíclico: muestra una tendencia que puede subir o bajar gradualmente y son mucho menos previsibles, normalmente se presentan en transcurso de tiempo más largos como años e inclusive decenios.
5. Aleatorio: la demanda presenta una variación totalmente impredecible.

Una de las cuestiones fundamentales que se requieren para poder tener una gestión del inventario exitosa, es utilizar un método de pronóstico de la demanda adecuado. Este sirve para prever el tamaño de la demanda de los productos de la empresa en un tiempo determinado, sobre todo, en entornos de demanda incierta. Con respecto a la gestión del inventario, cumple con dos funciones: sirve para determinar el tamaño y espacio del almacén para los materiales que integrarán el inventario y permite conocer de manera adelantada el tamaño de la inversión en materiales que se requerirán tanto para la manutención del inventario como para la ejecución de los programas de producción. Por otra parte, el pronóstico de la demanda con respecto a la planeación y programación de la producción sirve para calcular anticipadamente los recursos humanos y materiales que se requerirán cada cierto tiempo (días, semana, mes, año) para llevar a cabo la fabricación de los productos que provee la empresa.

Sin embargo, debido a la naturaleza incierta de la demanda, la cual puede subir o bajar sin obedecer a patrones previos de comportamiento histórico, el pronóstico de la demanda nunca está completamente ajustado a la demanda real de los productos y, por lo tanto, debe revisarse y ajustarse continuamente, conforme transcurran los tiempos y programas de producción.

Según Chapman (2006), “una característica importante que comparten todos los métodos de pronóstico es que deben ser considerados incorrectos. La clave para los futuros métodos de planificación radica en averiguar qué tan incorrectos son en realidad. Por este motivo siempre debe existir un estimado de error presente en el pronóstico.”

## 2.7 POLÍTICA DE INVENTARIO

Para entender mejor qué tipo de gestión de inventarios requiere una empresa, no basta solo con conocer el pronóstico de la demanda ni los entornos productivos.

La adecuada gestión del inventario requiere además una política de inventario que sea capaz de cumplir con los requerimientos internos y externos de toda la cadena de suministro en la que se encuentre la empresa.

Moreno (2018) afirma que la creación de políticas de inventario tiene los siguientes objetivos fundamentales:

- Reducir lo mayor posible el costo de la inversión de inventarios sin afectar negativamente la planeación de la producción ni el nivel de servicio.
- Obtener el mayor financiamiento posible de los proveedores sin incurrir en costos adicionales.
- Establecer el nivel de servicio correcto.
- Mantener inventario al mismo tiempo que se realiza una administración correcta del mismo.
- Considerar la posible exposición de los inventarios ante la inflación y la posible devaluación.

Ehrhardt y Brigham (2007) menciona que existen 2 objetivos fundamentales en la gestión del inventario:

1. Garantizar que las operaciones y actividades de la empresa no se vean afectadas por desabasto.
2. Minimizar los costos totales mediante la obtención de un nivel óptimo de inventario.

En base a estos objetivos de la política de inventarios, se han creado diversos modelos para establecer la más adecuada en función de las necesidades de la empresa, su entorno productivo, el sistema de gestión de sus inventarios y la demanda de sus

productos por parte de sus clientes. La tabla 2.6 resume estos diferentes modelos de políticas y su enfoque de solución al problema de la gestión de inventarios, según Vidal (2010).

Tabla 2.6: Políticas de inventario más comunes y sus enfoques. Fuente: Elaboración propia con información tomada de "Fundamentos de control y gestión de inventarios", Vidal (2010).

Tipo de política	Tipo de revisión de inventario	Enfoque
$(s, Q)$	Continua (Modelo $Q$ )	Cuando la posición de inventario es igual o menor al punto de reorden $s$ , se ordena una cantidad fija $Q$ .
$(s, S)$	Continua (Modelo $Q$ )	Cuando la posición de inventario es igual o menor al punto de reorden $s$ , se ordena una cantidad para incrementar el nivel de inventario al máximo $S$ .
$(R, S)$	Periódica (Modelo $P$ )	Cada $R$ tiempo, se revisa la posición de inventario y se ordena una cantidad para incrementar el nivel de inventario al máximo $S$ .
$(R, s, S)$	Periódica (Modelo $P$ )	Cada $R$ tiempo, se revisa la posición de inventario. Solamente se ordena una cantidad para incrementar el nivel de inventario al máximo $S$ , si la posición es igual o menor que el punto de reorden $s$ .

Una política de inventario es un procedimiento que, al ser llevado a cabo, auxilia a responder dos preguntas fundamentales: cuánto se debe ordenar, y cuándo se debe ordenar el pedido. Según Hernández *et al.* (2010), la política de inventario debe diseñarse sobre óptimos alcanzables, con la finalidad de optimizar los costos de la cadena de suministro. Compras debe de realizar adquisiciones que hagan congruencia con la realidad productiva de la empresa, logística debe de gestionar correctamente los costos asociados al almacenaje y la conservación de artículos, esto se logra haciendo procesos más simples, reduciendo los desplazamientos, disminuyendo las transacciones innecesarias. Seleccionar una política de inventario correcta debe de contribuir a la eficiencia y por ende a que los costos logísticos sean menores.

Una consideración importante con respecto a la política de inventario es la de

que esta debe servir para ayudar a absorber las diferencias entre las existencias, los volúmenes de ventas y los volúmenes de producción.

Krajewski *et al.* (2008), mencionan sobre la importancia que implica cumplir con las prioridades de las empresas en cuestión de la planificación y el control de inventarios, considerando que la administración eficaz de estos 2 conceptos es esencial para alcanzar costos óptimos en la cadena de suministro. Para cualquier empresa, pero sobre todo para las que manejan un margen de venta bajo, la mala administración a consecuencia de la ausencia de una política de inventario correcta que vaya de la mano de sus necesidades específicas tiene repercusiones graves para el correcto desempeño de esta. El principal reto de la política de inventarios no es reducir el inventario a su mínima expresión para cumplir con la disminución de los costos de la empresa, ni tener exceso de inventario para garantizar los procesos productivos, el verdadero reto es encontrar los niveles adecuados para alcanzar ventajas competitivas de manera eficiente, manteniendo bajos costos de inventario y un flujo ininterrumpido de materiales que permitan alcanzar in nivel de servicio adecuado.

En la siguiente sección detallaremos algunos de los modelos cuantitativos comunes que encontramos en la literatura.

### 2.7.1 MODELO DE LOTE ECONÓMICO

Según Erlenkotter (1990), el modelo Cantidad Económica de Pedido (*EOQ*), conocido en inglés como *Economic Order Quantity* fue publicado en 1913 por Ford Whitman Harris y que es fundamental para el control de inventarios, considera la demanda determinística de un producto, los costos de mantener el inventario, ordenar un pedido, y determina la cantidad de lote ideal buscando minimizar los costos del pedido.

El segundo artículo principal de *EOQ* fue de Taft (1918), quien desarrolló el modelo tamaño de lote de producción. Este modelo extiende el modelo *EOQ* simple



incorporando una tasa de producción finita.

El año 1933 estuvo marcado por la publicación de los segundos informes de Progreso en la gestión de diez años de Alford a ASME. En este informe, Alford (1933, p. 8) se refirió a la bibliografía ASME de Berg (1931), que incluye el volumen que contiene el capítulo *EOQ* de Harris de 1915.

Una versión de la fórmula del *EOQ* apareció en *Harvard Business Review* en un artículo de Wilson (1934).

Arrow *et al.* (1951) publican el artículo *Optimal inventory policy* que dan pie al desarrollo de la teoría matemática de inventarios.

El libro *Supply Chain Management: Concepts, Techniques and practices* a finales de 1960 *IBM* fue el primero en introducir software de lista de materiales (*BOM*, por sus siglas en inglés *Bill Of Materials*) que abordó problemas de gestión de inventario de demanda dependiente. También a finales de los 60 George Plossl y John Orlicky presentaron la planificación de requisitos de materiales (*MRP*, por sus siglas en inglés *Material Requirements Planning*). La importancia del *MRP* es identificar qué producto requiere el cliente, compara la cantidad requerida con el nivel de inventario disponible y determina la cantidad y el tiempo de los artículos requeridos que deben producirse. Más tarde el *MRP* evolucionó a la planificación de recursos de fabricación (*MRPII*) para incluir recursos financieros y otros recursos necesarios para la producción.

Dentro del modelo de inventarios de periodos múltiples, existen dos tipos de generales de sistemas de inventario: Modelo de cantidad de pedido fija (también conocido como modelo *Q*) y el modelo de periodo fijo (también conocido como sistema periódico, sistema de intervalo fijo y modelo *P*). Los modelos de inventarios de periodos múltiples están diseñados para garantizar que una pieza esté disponible todo el año, dado que dicha pieza se pide varias veces durante el año. En la tabla 2.7 podemos ver algunas de las diferencias en las características entre los modelos de cantidad de pedido fijo y de periodo fijo.

Tabla 2.7: Diferencias entre los modelos  $Q$  y  $P$ . Fuente: Elaboración propia con información de Chase (2009).

Característica	Modelo $Q$ Modelo de cantidad de pedido fijo.	Modelo $P$ Modelo de periodo fijo
Cantidad del pedido	$Q$ , constante (siempre se pide la misma cantidad)	$q$ , variable (varía cada vez que se hace un pedido)
Dónde hacerlo	$R$ , cuando la posición del inventario baja al nivel de volver a pedir	$T$ , cuando llega el periodo de revisión
Registros	Cada vez que se realiza un retiro o una adición	Solo se cuenta en el periodo de revisión
Tamaño del inventario	Menos que el modelo de periodo fijo	Más grande que el modelo de cantidad de pedido fija
Tiempo para mantenerlo	Más alto debido a los registros perpetuos	
Tipo de pieza	Piezas de precio más alto, críticos o importantes	

La figura 2.5 describe el proceso de requisición de piezas de inventario de acuerdo con el funcionamiento del modelo  $Q$ , en donde  $Q$  es la cantidad de materiales que se piden en cada orden;  $R$  es el punto de reorden de materiales;  $L$  es el tiempo de entrega de los materiales solicitados hasta que llega el nuevo pedido de inventario.

El modelo  $Q$ , supone que existe una demanda y un tiempo de entrega constantes y, por lo tanto, la cantidad óptima de pedido,  $EOQ$ , y el punto de reorden se calculan de acuerdo con las siguientes fórmulas:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2DS}{H}}$$

$$R = dL$$

en donde,

$EOQ$ : cantidad óptima de pedido

$D$ : demanda mensual,

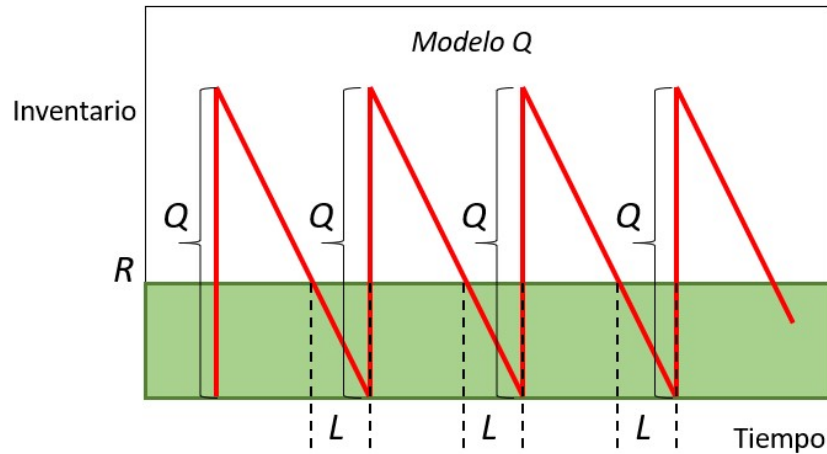


Figura 2.5: Modelo básico de inventario de pedido fijo. Fuente: Elaboración propia con información de Chase (2009).

$S$ : costo del pedido,

$H$ : costo de mantenimiento,

$R$ : Punto de reorden,

$d$ : Demanda diaria promedio

$L$ : Tiempo de entrega

El modelo  $Q$ , como se menciona antes, estima que la demanda y los tiempos de entrega son siempre constantes. En la realidad de las operaciones, sin embargo, la demanda puede variar de un día para otro, lo cual lleva a la necesidad de establecer inventarios de seguridad para proteger la producción contra existencias agotadas.

Según Chase (2009), el sistema de cantidad de pedido fija vigila de manera constante los niveles de inventario y hace un pedido nuevo cuando las existencias de materiales alcanzan cierto nivel,  $R$ . En este modelo, el peligro de tener faltantes de materiales ocurre durante el tiempo de entrega, entre el momento de hacer un pedido y su recepción. El inventario de seguridad depende del nivel de servicio deseado (ver figura 2.6).



inadvertida hasta que se realice el monitoreo correspondiente y se vuelva a realizar un pedido, el cual tardará un tiempo de entrega en ser abastecido (ver figura 2.7).

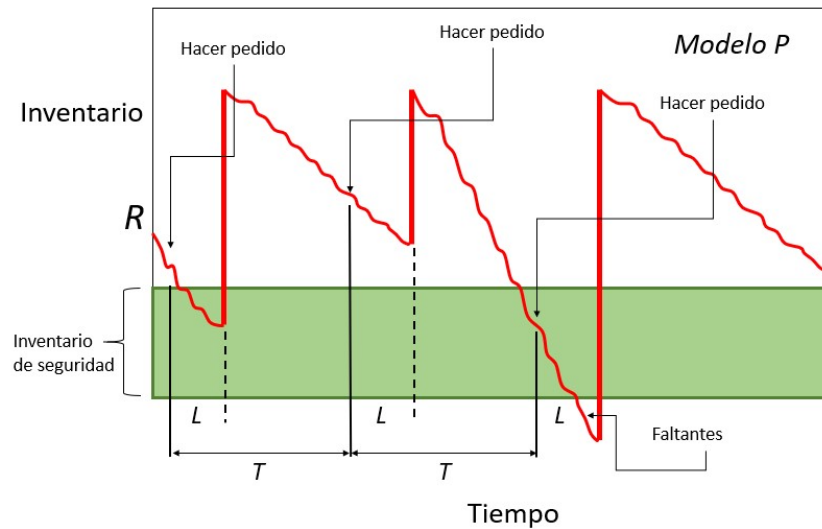


Figura 2.7: Modelo de inventario de periodo fijo. Fuente: Elaboración propia con información de Chase (2009).

Las políticas de inventario que se derivan de ambos modelos  $Q$  y  $P$ , con distintos tipos de aplicaciones y modelos estadísticos y según diversos autores, se resumen en la siguiente tabla 2.8:

Tabla 2.8: Políticas de inventario derivadas del Modelo  $Q$  de gestión de inventarios. Fuente: Tomado y adaptado de "Modelos de gestión de inventarios para ítems con demanda intermitente", Babiloni Griñon, Cardós Carboneras, Albarracín Guillem y Palmer Gato (2007).

Autor	Revisión	Descripción del modelo	Modelado de la demanda	i.i.d.	L	Desviación en $s$
Schultz (1987)	Periódica ( $R, S$ )	Modelo con retraso, liberaliza pedidos $k$ periodos después.	Tamaño de demanda e intervalo entre ellas se distribuye normalmente.	Si	Cero	No aplica
Dunsmuir y Snyder (1989)	Periódica ( $R, s, Q$ )	Determina $s$ para un nivel de servicio al cliente objetivo.	Proceso compuesto de Poisson, con distribución gamma para la variable tamaño de demanda	Si	Constante duración $nR$	Se desprecia
Janssen et al. 1998	Periódica ( $R, s, Q$ )	CBM	Proceso compuesto de Bernoulli	Si	Variable	Se tiene en cuenta
Leven y Segerstedt 2004	Periódica ( $R, Q$ )	Modelo basado en el planteamiento del método de Croston.	DDLT se modela con una distribución de Erlang	Si	Constante	No aplica
Syntetos y Boylan (2006)	Periódica ( $R, S$ )	Modelo clásico con condiciones de optimización de servicio y coste.	DDLT se modela con una distribución binomial negativa.	Si	Constante	No aplica

*Sigue en la pagina siguiente*

Autor	Revisión	Descripción del modelo	Modelado de la demanda	i.i.d.	L	Desviación en $s$
Cardós et al. 2006	Periódica ( $R, S$ )	Método exacto para determinar el nivel de servicio de ciclo para todos los ítems.	DDLT se modela con una distribución de probabilidad discreta	Si	No específica	No aplica
Snyder (1984)	Continua ( $s, Q$ )	Modelo heurístico basado en el método de aproximación del valor parcial esperado	DDLT se modela con una distribución gamma.	Si	Constante	Se desprecia
Schultz (1989)	Continua (0, 1)	Modelo con retraso, liberaliza pedidos $k$ periodos después.	Tamaño de demanda e intervalo entre ellas continuas	Si	Constante	No aplica
Segerstedt 1994	Continua	Heurística que determina cuando pedir $Q$	La demanda está formada por tres variables que se distribuyen con funciones gamma.	Si	Variable	No aplica
Haddock et al. 1994	Continua	Heurística sencilla que determina cuando y cuanto pedir	Tamaño de demanda e intervalo entre ellas según una función de distribución de Poisson	Si	No específica	No aplica
Vereecke y Verstraeten 1994	Continua ( $s, Q$ )	Calculan $s$ a partir de un nivel de servicio objetivo	PackagePoisson	Si	Constante	Se desprecia
Yeh et al. 1997	Continua ( $s, Q$ )	Herramienta gráfica para determinar $s$ para un nivel de servicio objetivo.	La demanda está formada por tres variables que se distribuyen con funciones gamma.	Si	Variable	Se desprecia

*Sigue en la pagina siguiente*

Autor	Revisión	Descripción del modelo	Modelado de la demanda	i.i.d.	L	Desviación en $s$
Strijbosch et al. (2000)	Continua ( $s, Q$ )	Combina método de Croston + CBM	Proceso compuesto de Bernoulli	Si	Constante	Se tiene en cuenta
Larson et al. 2001	Continua ( $s, S$ )	Modelo bayesiano, no paramétrico, que utiliza programación dinámica	La información de la demanda a priori se modela según un proceso de Dirichlet	–	No específica	No especifica



En la tabla 2.9 podemos encontrar características específicas que presentan los modelos  $Q$  y  $P$ :

Tabla 2.9: Característica modelo  $Q$  y  $P$ . Fuente: Elaboración propia.

	Modelo	Demanda aleatoria conocida	Plazo de entrega fijo	Lote fijo óptimo	Inventario máximo fijo	Costo esperado óptimo
$Q$	$(s, Q)$	Sí	Sí	Sí	No	Sí
$Q$	$(s, S)$	Sí	Sí	No	Sí	No
$P$	$(R, S)$	Sí	Sí	No	Sí	No
$P$	$(R, s, Q)$	Sí	Sí	Sí	No	No
$P$	$(R, s, S)$	Sí	Sí	No	Sí	No

De acuerdo con Brown (1959) el modelo  $EOQ$  nos brinda el costo esperado óptimo.

## 2.8 ANTECEDENTES DE LA PROBLEMÁTICA

En la literatura podemos encontrar casos con problemáticas similares, Mekel *et al.* (2014) buscando alternativas para reducir el nivel de desabasto en una cadena de suministro del sector farmacéutico realizaron un artículo de investigación exponiendo las mejoras en los niveles de desabasto aplicando un pronóstico más apegado a la realidad utilizando la técnica de suavización exponencial doble y una política de ordenamiento mediando el  $EOQ$  con resultados positivos al lograr identificar que las ordenes colocados estaban por debajo del lote sugerido por el  $EOQ$ , razón por la cual la empresa estaba cayendo en desabasto.

Sadeghi (2015) escribió un artículo de investigación donde buscaba reducir el efecto látigo entre el receptor y el originador de la demanda con el propósito de reducir las variables de desabasto utilizando las técnicas de promedio móvil y suavización exponencial logro reducir el efecto látigo, lo que permitió tener un pronóstico más estable y apegado a la demanda real.

Krittanathip *et al.* (2013) lograron alcanzar la reducción de los costos de inventario y almacenaje en una empresa mayorista en Tailandia comparando y seleccionando la mejor técnica para pronosticar la demanda utilizando métodos de promedio móvil, suavización exponencial, suavización exponencial doble, suavización exponencial tripe y aplicando una política de inventario que se desprendía el *EOQ*, concluyeron que su solución debía ser integral y era la mejor manera de ejecutar las operaciones, el ahorro era equivalente a casi 136 millones de bahts tailandeses.

Mathew *et al.* (2013) también buscando la reducción del desabasto de rocas de azufre en la compañía del caso de estudio concluyó que la ineficiencia en su cadena de suministro era el resultado de pronósticos equivocados que a su vez detonaban una política de inventario incapaz de sostener la demanda actual. Utilizando la técnica de suavización exponencial y redes neuronales artificiales, así como la política de ordenamiento mediante el *EOQ* lograba reducir en 20% el costo de la cadena de suministro de la empresa.

Battini *et al.* (2014) con un enfoque ecológico desarrollaron un modelo para calcular los costos totales de un problema de reabastecimiento de un solo producto basado en el *EOQ* tradicional con el fin de reducir la transportación en la que incurrían.

## 2.9 CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO

La investigación que se realizó en el marco teórico nos permite concluir que la gestión de inventarios es una de las actividades logísticas en donde hay más posibilidades para reducir costos en una empresa y para poder lograrlo debe haber congruencia entre lo que se ordena y lo que se produce.

Otra cosa que podemos concluir es que una buena gestión de inventarios puede aumentar los niveles de servicio de los clientes y que los pronósticos que se realizan son el detonante del establecimiento y la planificación de políticas que nos permitirán

llegar a los objetivos trazados en materia de costos.

Algo esencial de este capítulo es lo que mencionan Krajewski *et al.* (2008), que afirman que todos los métodos de pronóstico deben ser considerados incorrectos, pero que la clave para los futuros métodos de planificación radica en averiguar qué tan incorrectos son en la realidad.

Esta investigación nos permitirá generar una metodología utilizando los conceptos aquí descritos que nos permita abordar nuestra problemática, misma que mostraremos en el siguiente capítulo.

## CAPÍTULO 3

# METODOLOGÍA

---

En este capítulo se explica la metodología que se llevará a cabo para abordar la problemática que nos permitirá reducir los costos de una cadena de suministro con demanda variable. Esta propuesta de metodología está fundamentada en base a la revisión de literatura que se plasmó en el capítulo 2.

### 3.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA METODOLOGÍA

En este capítulo detallaremos cronológicamente los pasos a seguir de cada una de las fases propuestas en la implementación de la metodología, las fases están estructuradas de la siguiente manera (ver figura 3.1):

1. Fase 1: Recopilación de datos.
2. Fase 2: Simulación de los pronósticos seleccionados.
3. Fase 3: Selección del pronóstico más adecuado.
4. Fase 4: Calculo del  $EOQ$  del modelo probabilístico  $(s, Q)$
5. Fase 5: Comparación de resultados.

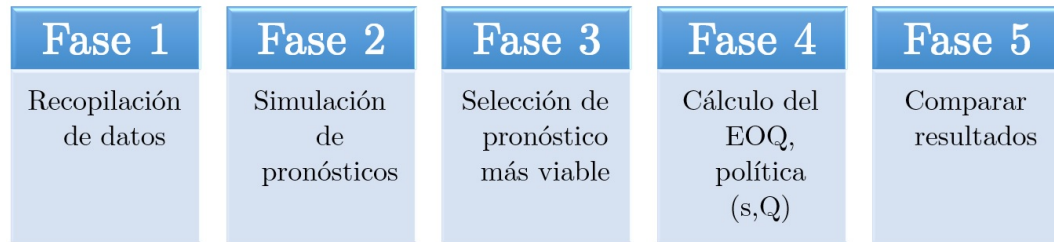


Figura 3.1: Fases de la metodología. Fuente: Elaboración propia.

## 3.2 FASE 1: RECOPIACIÓN DE DATOS

Esta fase tiene el propósito de recabar la serie de datos que se utilizarán para realizar las comparaciones entre los datos históricos y los diferentes tipos de pronósticos que tenemos considerados para realizar las pruebas.

Paso 1: Identificar un grupo de números que más hayan impactado los indicadores que repercuten en el costo de la cadena de suministro (nivel de servicio, cambios de órdenes, costo de transportación expeditada y sobre inventario).

Paso 2: Obtener los datos de la demanda histórica entre 2016 y 2019 de dicho grupo de números seleccionados en el paso 1.

## 3.3 FASE 2: SIMULACIÓN DE PRONÓSTICOS

Esta fase tiene el propósito de brindarnos información de cómo sería el comportamiento de los 4 diferentes modelos de pronósticos que pretendemos comparar.

Paso 1: Se seleccionan las técnicas de pronóstico de demanda que serán comparadas en el caso de estudio, en este caso consideraremos las técnicas de promedio móvil simple, promedio móvil ponderado, suavización exponencial y suavización exponencial doble.

Paso 2: Se calcula el pronóstico del año 2019 (año fiscal que comprende de

noviembre de 2018 a octubre de 2019) en base a la demanda histórica que comprende los rangos 2016 y 2019 considerando la fórmula de la técnica de promedio móvil simple

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

en donde,

$F_t$ : pronóstico para el siguiente período,

$n$ : número de períodos para promediar,

$A_t$ : ocurrencia real en el período  $t$ .

Paso 3: Se calcula el pronóstico del año 2019 en base a la demanda histórica que comprende los rangos 2016 y 2019 considerando la fórmula de la técnica de promedio móvil ponderado

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

en donde,

$w_1$ : ponderación dada la ocurrencia real para el período  $t - 1$ ,

$w_2$ : ponderación dada la ocurrencia real para el período  $t - 2$ ,

$w_n$ : ponderación dada la ocurrencia real para el período  $t - n$ ,

$n$ : número de períodos para promediar.

Paso 4: Se calcula el pronóstico del año 2019 en base a la demanda histórica que comprende los rangos 2016 y 2019 considerando la fórmula de la técnica de suavización exponencial

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

en donde,

$F_t$ : pronóstico suavizado exponencialmente para el período  $t$ ,

$F_{t-1}$ : pronóstico suavizado exponencialmente para el período anterior,

$A_{t-1}$ : la demanda real para el período anterior,

$\alpha$ : el índice de respuesta deseado, o la constante de suavización.

Paso 5: Se calcula el pronóstico del año 2019 en base a la demanda histórica que comprende los rangos 2016 y 2019 considerando la fórmula de la técnica de suavización exponencial doble

$$FIT_t = F_t + T_t$$

$$F_t = FIT_{t-1} + \alpha(A_{t-1} - FIT_{t-1})$$

$$T_t = T_{t-1} + \delta(F_t - FIT_{t-1})$$

en donde,

$F_t$ : el pronóstico suavizado exponencialmente para el período  $t$ ,

$T_t$ : la tendencia suavizada exponencialmente para el período  $t$ ,

$FIT_t$ : el pronóstico incluida la tendencia en el período  $t$ ,

$FIT_{t-1}$ : el pronóstico incluida la tendencia hecha en el período anterior,

$A_{t-1}$ : la demanda real del período anterior,

$\alpha$ : constante de suavización,

$\delta$ : constante de suavización.

### 3.4 FASE 3: SELECCIÓN DE PRONÓSTICO MÁS VIABLE

Esta fase tiene el propósito de identificar qué modelo de pronóstico se apega más a la realidad.

Paso 1: Se calcula el error de pronóstico de las 4 técnicas que se simularon en la fase 2 sacando el error porcentual absoluto medio (MAPE), el error de la desviación media absoluta (MAD) y el error cuadrático medio (MSE):

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

$$(MAD) = \frac{\sum_{t=1}^n |A_t - F_t|}{n}$$

$$(MSE) = \frac{\sum_{t=1}^n (A_t - F_t)^2}{n}$$

Paso 2: Se selecciona el modelo de pronóstico que tenga el menor error o porcentaje de error con respecto a los datos reales.

### 3.5 FASE 4: CÁLCULO DEL *EOQ* POLÍTICA ( $s, Q$ )

Esta fase tiene el propósito de calcular los lotes que se deben de ordenar considerando un nivel de servicio predeterminado, así como el inventario de seguridad que debe de manejarse para cada número de parte al que se le aplico el análisis. Estas cantidades deben de proporcionar la cantidad óptima esperada de tal manera que todos los involucrados en el proceso puedan alcanzar sus objetivos trazados sin entorpecer el funcionamiento entre ellos mismos.

Paso 1: Se identifica el tipo de distribución que siguen los datos seleccionados en la fase 1, esto con la finalidad de poder aplicar la desviación correcta en la fórmula que se detallara en el siguiente paso.

Paso 2: Se calculan las variables del *EOQ* ( $s, Q$ ) para cada uno de los números



de parte considerando las cantidades del pronóstico más viable que se seleccionaron en la fase 3

$$Q_{opt} = \sqrt{\frac{2DS}{H}} \quad R = dL + Z\sigma_L \quad \sigma_L = \sqrt{L} * \sigma_D$$

en donde,

$Q_{opt}$ : cantidad óptima de pedido,

$D$ : demanda promedio mensual,

$S$ : costo del pedido,

$H$ : costo de mantenimiento,

$R$ : punto de reorden,

$d$ : demanda diaria promedio,

$L$ : tiempo de entrega,

$z$ : número de desviaciones estándar para una probabilidad de servicio específica,

$\sigma_D$ : desviación estándar de la demanda anual,

$\sigma_L$ : desviación estándar de la demanda durante el tiempo de entrega.

### 3.6 FASE 5: COMPARACIÓN DE RESULTADOS

Esta fase tiene el propósito de comparar lo real contra la propuesto y encontrar los puntos donde esas diferencias pudieron haber ocasionado una deficiencia cuantificable que hubiera generado un impacto monetario negativo, incrementando así el costo total de la cadena de suministro.

Paso 1: Comparar los niveles de inventario real contra el pronóstico más viable seleccionado, cotejar los momentos donde el inventario estaba por debajo del mínimo

propuesto y ver si la empresa tiene algún impacto en el nivel de servicio de su producción durante este intervalo de tiempo.

Paso 2: Cuantificar los impactos de acuerdo con la penalización que le otorga finanzas a la construcción de una unidad incompleta.

Paso 3: Comparar los niveles de inventario real contra el pronóstico más viable seleccionado, cotejar los momentos donde el inventario estaba por debajo del mínimo y buscar ordenes que el departamento de servicio a clientes haya tenido que modificar por no tener en inventario el producto solicitado por el cliente durante este intervalo de tiempo.

Paso 4: Cuantificar los cambios que el departamento de servicio a clientes haya realizado a ordenes de producción de acuerdo con la penalización que le otorga finanzas a cambiar ordenes de producción en firme.

Paso 5: Verificar que números de parte se removieron de las órdenes y revisar si la empresa logro acomodar el inventario removido, de lo contrario ponderar el costo del exceso de inventario en el que incurrió la empresa a consecuencia del cambio de orden.

Paso 6: Comparar los niveles de inventario real contra el pronóstico más viable seleccionado y cotejar los movimientos por concepto de transportación expeditada que se hayan realizado durante este intervalo de tiempo.

Paso 7: Cuantificar el costo de la transportación expeditada que se haya incurrido durante este intervalo de tiempo.

Paso 8: Sumar el total de los costos que se hayan detectado durante la aplicación de los pasos anteriores.

### 3.7 CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO

Debido al desarrollo de las soluciones cuantitativas planteadas, el tipo de diseño de la investigación es no experimental, dado que se aplican métodos y soluciones numéricas a los problemas planteados y las conclusiones derivadas de estos procedimientos proceden de la observación y comparación entre los distintos resultados obtenidos, de los cuales se selecciona la mejor combinación para realizar la propuesta de modelo.

La metodología aquí propuesta consta de 5 fases, todas tienen algún fundamento que se encontró en la revisión de la literatura, misma que quedó plasmada en el capítulo 2.

En el siguiente capítulo se podrá ver de manera detallada los resultados de la implementación de cada una de las fases aquí propuestas.

## CAPÍTULO 4

# IMPLEMENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

---

En este capítulo se muestran los resultados de las fases de implementación que se describieron en el capítulo 3 y un análisis de los resultados obtenidos. La finalidad de este capítulo es entender porque se selecciona un pronóstico en particular y entender cómo llegamos a la política de inventario específica para cada número de parte que se está analizando.

### 4.1 RESULTADO DE LA FASE 1: RECOPILOCIÓN DE DATOS

La fase 1 consta de 2 pasos, en el primer paso se recopila la información de los números de parte que tuvieron el mayor impacto en los indicadores clave de la empresa y en el segundo paso se procedió a obtener los datos históricos de la demanda de este grupo de números seleccionados.

### 4.1.1 RESULTADO DEL PASO 1: IDENTIFICACIÓN DE GRUPO DE NÚMEROS

Se seleccionaron 10 números de parte que tuvieron el mayor número de repeticiones en los indicadores de costo de transportación expeditada, nivel de servicio de producción, cambios en ordenes de producción y exceso de inventario durante el año fiscal 2019 que es el que se pretende simular.

Por razones de confidencialidad con la empresa los números de parte reales fueron cambiados, y se les asignó el nombre de NP1 a NP10. En la tabla 4.1 podemos observar los impactos en los indicadores mencionados. Como observación, las unidades a construir pueden tener llantas delanteras distintas a las llantas traseras, hay ordenes que sufrieron cambios forzados, los excesos de inventario no corresponden al inventario de los 10 números de parte que están siendo simulados, sino a inventario de números de parte que cuya demanda fue cancelada debido a un cambio forzado y que compartían ordenes con los números NP1, NP4, NP5, NP7 y NP9.

Tabla 4.1: Impacto de cada número de parte en los indicadores mencionados. Fuente: Elaboración propia.

<b>Número de parte</b>	<b>Transportación expeditada USD</b>	<b>Impactos al nivel servicio de producción</b>	<b>Cambios en ordenes de producción</b>	<b>Exceso de inventario</b>
NP1	\$7,235.60	5	5	40
NP2	\$22,204.70	9	9	0
NP3	\$15,450.16	0	10	0
NP4	\$38,125.67	15	25	120
NP5	\$19,874.60	5	5	16
NP6	\$24,191.19	13	4	0
NP7	\$24,423.00	6	12	36

*Sigue en la pagina siguiente*

Número de parte	Transportación expeditada USD	Impactos al nivel servicio de producción	Cambios en ordenes de producción	Exceso de inventario
NP8	\$19,207.36	1	6	0
NP9	\$17,457.48	0	3	12
NP10	\$15,964.82	9	11	0
<b>Total</b>	<b>\$204,134.58</b>	<b>63</b>	<b>90</b>	<b>224</b>

#### 4.1.2 RESULTADO DEL PASO 2: OBTENCIÓN DE DEMANDA HISTÓRICA

En la tabla 4.2 se muestra la demanda histórica de cada número de parte seleccionado y que comprende el periodo del año fiscal 2016 al año fiscal 2019.

Tabla 4.2: Demanda histórica de cada número de parte.

Fuente: Elaboración propia.

Fecha	NP1	NP2	NP3	NP4	NP5	NP6	NP7	NP8	NP9	NP10
Nov-15	187	400	357	1066	116	488	885	202	108	349
Dec-15	145	752	384	827	144	501	842	377	148	292
Jan-16	165	516	475	941	128	456	521	331	181	379
Feb-16	160	468	477	912	115	412	504	243	173	279
Mar-16	154	665	372	878	116	426	936	312	172	252
Apr-16	124	787	374	707	126	457	576	251	163	260
May-16	156	594	326	889	120	440	653	260	135	301
Jun-16	170	671	377	969	177	417	754	321	223	243
Jul-16	155	503	499	884	156	427	672	339	181	308
Aug-16	198	548	478	1129	124	378	594	221	181	360
Sep-16	176	619	499	1003	132	525	624	286	130	245

*Sigue en la pagina siguiente*

Fecha	NP1	NP2	NP3	NP4	NP5	NP6	NP7	NP8	NP9	NP10
Oct-16	168	439	384	958	168	447	864	326	164	226
Nov-16	224	516	403	1277	192	372	497	254	202	236
Dec-16	256	720	374	1459	138	413	603	396	195	298
Jan-17	199	500	348	1134	151	376	528	253	153	236
Feb-17	187	656	287	1066	149	433	677	254	223	184
Mar-17	156	568	297	889	156	354	804	270	202	272
Apr-17	153	641	396	872	109	380	765	273	163	332
May-17	208	658	408	1186	123	446	658	270	195	308
Jun-17	136	568	422	775	174	436	480	249	139	360
Jul-17	164	670	480	935	174	449	713	316	174	277
Aug-17	188	723	454	1072	168	453	699	235	177	231
Sep-17	245	532	370	1459	141	413	468	277	212	332
Oct-17	233	671	367	1328	140	392	650	286	126	214
Nov-17	244	671	299	1391	149	480	594	339	148	277
Dec-17	232	698	298	1322	175	463	594	396	203	228
Jan-18	236	714	408	1345	128	378	698	365	212	248
Feb-18	208	548	396	1186	183	398	981	305	160	292
Mar-18	184	497	394	1049	120	389	552	339	136	287
Apr-18	149	529	331	849	142	301	702	365	134	204
May-18	160	748	444	912	149	342	561	380	223	345
Jun-18	208	610	490	1186	146	400	612	417	118	294
Jul-18	198	542	451	1129	117	461	510	224	167	284
Aug-18	201	639	449	1146	150	465	528	299	139	201
Sep-18	194	642	422	1106	124	392	455	417	133	379
Oct-18	170	732	482	969	104	452	696	307	139	343
Nov-18	176	606	475	1003	132	390	612	260	172	343
Dec-18	232	445	321	1322	139	410	666	323	199	308
Jan-19	244	787	451	1329	140	345	672	321	169	245

*Sigue en la pagina siguiente*

Fecha	NP1	NP2	NP3	NP4	NP5	NP6	NP7	NP8	NP9	NP10
Feb-19	246	516	461	1290	120	384	728	307	120	252
Mar-19	189	481	499	1077	120	386	582	384	144	296
Apr-19	165	619	449	941	156	430	597	260	164	279
May-19	192	664	358	1094	102	378	551	277	146	230
Jun-19	200	648	384	1140	132	403	680	267	167	379
Jul-19	204	494	382	1163	147	413	456	305	153	231
Aug-19	224	639	455	1277	117	457	462	350	136	236
Sep-19	230	654	466	787	138	452	687	328	143	221
Oct-19	200	532	442	912	112	412	408	318	144	260

## 4.2 RESULTADO DE LA FASE 2: SIMULACIÓN DE PRONÓSTICOS

La fase 2 consta de 2 pasos, en el primer paso se seleccionan las técnicas de pronóstico y en el segundo paso se procedió a calcular los pronósticos seleccionados en el paso 1 de la fase 2.

### 4.2.1 RESULTADO DEL PASO 1: SELECCIÓN DE TÉCNICAS DE PRONÓSTICOS

De acuerdo con la literatura y en base a la repetición que se encontró en los casos de estudio, se determinó probar las siguientes técnicas:

- promedio móvil simple,
- promedio móvil ponderado,



- suavización exponencial,
- suavización exponencial doble.

#### 4.2.2 RESULTADO DEL PASO 2: CALCULAR EL PRONÓSTICO DEL AÑO FISCAL 2019

Se tomó la demanda histórica y se generaron los pronósticos calculando cada una de las técnicas que seleccionamos en el paso 1 de esta fase.

En la tabla 4.3 podemos observar el ejemplo de los pronósticos del NP1 que corresponde al año fiscal 2019, donde podremos observar el resultado del pronóstico promedio móvil simple (PPMS), pronóstico promedio móvil ponderado (PPMP), pronóstico suavización exponencial (PSE) y pronóstico suavización exponencial doble (PSED), en la simulación se optimizó buscando el valor más bajo del error por eso el análisis nos arroja valores de Alpha ( $\alpha$ ) distintos.

Tabla 4.3: Ejemplo del pronóstico del NP1 del año fiscal 2019.

Fuente: Elaboración propia.

Fecha	Datos Reales NP1	PPMS	PPMP	$\alpha$ 0.794 PSE MAPE	$\alpha$ 0.807 PSE MAD	$\alpha$ 0.811 PSE MSE	$\alpha$ 0.059 PSED MAPE	$\alpha$ 0.064 PSED MAD	$\alpha$ 0.056 PSED MSE
Nov-18	176	188	186	175	175	175	195	195	195
Dec-18	232	180	180	176	176	176	193	193	193
Jan-19	244	193	199	220	221	221	198	198	197
Feb-19	246	217	219	239	240	240	203	204	203
Mar-19	189	241	236	245	245	245	209	210	208
Apr-19	165	226	221	200	200	200	207	208	207
May-19	192	200	196	172	172	172	203	203	202
Jun-19	200	182	189	188	188	188	202	202	202
Jul-19	204	186	190	198	198	198	202	202	202
Aug-19	224	199	197	203	203	203	203	203	202

*Sigue en la página siguiente*

Fecha	Datos Reales NP1	PPMS	PPMP	$\alpha$ 0.794 PSE MAPE	$\alpha$ 0.807 PSE MAD	$\alpha$ 0.811 PSE MSE	$\alpha$ 0.059 PSED MAPE	$\alpha$ 0.064 PSED MAD	$\alpha$ 0.056 PSED MSE
Sep-19	230	209	210	220	220	220	205	206	205
Oct-19	200	219	220	228	228	228	209	209	208

Los resultados de todos los pronósticos podemos encontrarlos en el apéndice A.

### 4.3 RESULTADO DE LA FASE 3: SELECCIÓN DE PRONÓSTICO

La fase 3 consta de 2 pasos, en el primer paso se calcula el error porcentual absoluto medio (MAPE), el error de la desviación media absoluta (MAD) y el error cuadrático medio (MED) del pronóstico de las 4 técnicas seleccionadas, en el paso 2 seleccionamos el modelo de pronóstico que haya tenido un menor grado de error.

#### 4.3.1 RESULTADO DEL PASO 1: CÁLCULO DEL ERROR DE PRONÓSTICO

Se procedió a calcular el error porcentual absoluto medio, el error de la desviación media absoluta y el error cuadrático medio, para el caso del pronóstico de suavización exponencial y suavización exponencial doble, se optimizaron los 3 tipos de error por medio de la herramienta *Solver* de Excel, siguiendo 2 restricciones, que el valor de alfa fuera mayor que 0 y menor que 1. Esta optimización arrojó 3 resultados distintos para la técnica de suavización exponencial y 3 resultados distintos para la técnica de suavización exponencial doble, considerando que el valor del parámetro alfa, al ser optimizado para cada tipo de error, tomaba un valor distinto.

En la tabla 4.4 podemos ver el resultado de cada error para cada número de parte y el alfa que se consideró para las técnicas de suavización exponencial y suavización exponencial doble.

Tabla 4.4: Error para cada número de parte con base a  $\alpha$  considerado. Fuente: Elaboración propia.

NP	Error	PPMS	PPMP	PSE	PSED	$\alpha$ PSE	$\alpha$ PSED
NP 1	MAPE	14.7 %	14.3 %	13.0 %	13.8 %	0.794	0.059
	MAD	28.15	27.32	24.06	26.07	0.807	0.064
	MSE	1,176.19	1,090.74	914.64	1,066.77	0.811	0.056
NP 2	MAPE	14.7 %	15.2 %	14.8 %	14.9 %	0.166	0.080
	MAD	86.66	90.03	90.48	88.46	0.196	0.080
	MSE	11,125.11	11,436.17	12,691.64	12,887.03	0.226	0.108
NP 3	MAPE	15.7 %	14.6 %	11.8 %	13.0 %	0.890	0.033
	MAD	61.53	57.07	46.74	52.14	0.890	0.042
	MSE	4,789.26	4,307.19	3,795.45	3,962.57	0.788	0.046
NP 4	MAPE	15.3 %	15.0 %	13.5 %	14.7 %	0.726	0.062
	MAD	162.22	157.67	139.64	153.49	0.726	0.062
	MSE	40,325.01	37,715.83	32,981.22	36,227.62	0.673	0.000
NP 5	MAPE	14.6 %	14.2 %	12.4 %	13.0 %	0.154	0.073
	MAD	20.39	19.79	17.28	17.78	0.154	0.075
	MSE	598.59	572.08	495.63	506.43	0.204	0.112
NP 6	MAPE	9.7 %	0.09	8.82 %	9.0 %	0.566	0.168
	MAD	39.62	37.20	36.14	36.99	0.566	0.142
	MSE	2,340.15	2,148.61	2,007.88	2,065.51	0.264	0.100
NP 7	MAPE	18.4 %	17.8 %	19.3 %	18.5 %	0.337	0.077
	MAD	112.50	109.82	114.02	111.32	0.167	0.070
	MSE	19,349.34	18,503.48	19,575.10	19,414.93	0.216	0.085

*Sigue en la pagina siguiente*

NP	Error	PPMS	PPMP	PSE	PSED	$\alpha$ PSE	$\alpha$ PSED
NP 8	MAPE	14.9 %	0.15	14.23 %	14.79 %	0.139	0.036
	MAD	44.21	43.28	45.05	46.83	0.155	0.098
	MSE	3,074.31	3,086.36	3,416.32	3,489.26	0.238	0.098
NP 9	MAPE	17.1 %	16.391 %	16.387 %	16.5 %	0.355	0.160
	MAD	27.50	26.33	26.46	26.29	0.386	0.160
	MSE	1,212.66	1,119.95	1,076.23	1,098.96	0.261	0.136
NP 10	MAPE	19.8 %	0.19	17.84 %	17.73 %	0.226	0.104
	MAD	52.87	50.13	47.64	48.03	0.205	0.050
	MSE	3,521.73	3,358.83	3,070.16	3,128.30	0.190	0.081

#### 4.3.2 RESULTADO DEL PASO 2: SELECCIÓN DE TÉCNICA DE PRONÓSTICO

Para el NP1 el error porcentual absoluto medio, el error de la desviación media absoluta y el error cuadrático medio arrojaron como pronóstico más viable la técnica de suavización exponencial, el alfa que se considero fue de 0.807 correspondiente al que arrojó el del error de la desviación media absoluta considerando que el valor de alfa estaba en medio de los otros 2 valores de alfa que proponían el error porcentual absoluto medio y el error cuadrático medio.

Para el NP2 el error porcentual absoluto medio, el error de la desviación media absoluta y el error cuadrático medio arrojaron como pronóstico más viable la técnica de promedio móvil simple.

Para el NP3 el error porcentual absoluto medio, el error de la desviación media absoluta y el error cuadrático medio arrojaron como pronóstico más viable la técnica de suavización exponencial, el alfa que se considero fue de 0.890, se tomó ese dato

considerando que el alfa se repitió en el error porcentual absoluto medio y el error de la desviación media absoluta.

Para el NP4 el error porcentual absoluto medio, el error de la desviación media absoluta y el error cuadrático medio arrojaron como pronóstico más viable la técnica de suavización exponencial, el alfa que se considero fue de 0.726, se tomó ese dato considerando que el alfa se repitió en el error porcentual absoluto medio y el error de la desviación media absoluta.

Para el NP5 el error porcentual absoluto medio, el error de la desviación media absoluta y el error cuadrático medio arrojaron como pronóstico más viable la técnica de suavización exponencial, el alfa que se considero fue de 0.154, se tomó ese dato considerando que el alfa se repitió en el error porcentual absoluto medio y el error de la desviación media absoluta.

Para el NP6 el error porcentual absoluto medio, el error de la desviación media absoluta y el error cuadrático medio arrojaron como pronóstico más viable la técnica de suavización exponencial, el alfa que se considero fue de 0.566, se tomó ese dato considerando que el alfa se repitió en el error porcentual absoluto medio y el error de la desviación media absoluta.

Para el NP7 el error porcentual absoluto medio, el error de la desviación media absoluta y el error cuadrático medio arrojaron como pronóstico más viable la técnica de promedio móvil ponderado utilizando la ponderación de 0.1, 0.2, 0.3 y 0.4 en donde la ponderación de .1 se le asigno al dato histórico más antiguo y la ponderación de 0.4 se le asigno al dato histórico más reciente.

Para el NP8 el error porcentual absoluto medio, el error de la desviación media absoluta y el error cuadrático medio arrojaron un vencedor distinto, el error porcentual absoluto medio arrojó como opción más viable la técnica de suavización exponencial con un porcentaje de 14.23 % y un alfa de 0.139, el error de la desviación media absoluta con un valor de 43.28 arrojó como opción más viable la técnica de promedio móvil ponderado utilizando la ponderación de 0.1, 0.2, 0.3 y 0.4 y el error

cuadrático medio con un valor de 3,074.31 arrojó como opción más viable la técnica de promedio móvil simple, se tomó la decisión de utilizar la técnica de suavización exponencial que arrojó el error porcentual absoluto medio considerando la técnica de suavización exponencial es la que ha salido mejor posicionada en la mayoría de las opciones.

Para el NP9 el error porcentual absoluto medio, el error de la desviación media absoluta y el error cuadrático medio arrojaron una decisión dividida, el error porcentual absoluto medio y el error cuadrático medio arrojaron como opción más viable la técnica de suavización exponencial con un porcentaje de 16.39 % y un valor de 1,076.23 respectivamente, mientras que el error de la desviación media absoluta arrojó como opción más viable la técnica de suavización exponencial doble, se tomó la decisión de utilizar la técnica de suavización exponencial considerando que 2 errores dieron como opción más viable esta técnica, y se tomó el alfa con valor de 0.355 que optimizó el error porcentual absoluto medio considerando que valor de alfa estaba en medio de los otros 2 valores de alfa que proponían el error de la desviación media absoluta y el error cuadrático medio.

Para el NP10 el error porcentual absoluto medio, el error de la desviación media absoluta y el error cuadrático medio arrojaron una decisión dividida, el error de la desviación media absoluta y el error cuadrático medio arrojaron como opción más viable la técnica de suavización exponencial con un valor de 47.64 y un valor de 3,070.16 respectivamente, mientras que el error porcentual absoluto medio arrojó como opción más viable la técnica de suavización exponencial doble, se tomó la decisión de utilizar la técnica de suavización exponencial considerando que 2 errores dieron como opción más viable esta técnica, y se tomó el alfa con valor de 0.205 que optimizó el error de la desviación media absoluta considerando que valor de alfa estaba en medio de los otros 2 valores de alfa que proponían el error porcentual absoluto medio y el error cuadrático medio.

En la tabla 4.5 podemos encontrar un resumen de las selecciones que se des-

criben en la parte de arriba, así como los valores de alfa para los números de parte cuyo pronóstico más viable es la suavización exponencial y las ponderaciones (P1, P2, P3 y P4) para el número de parte cuyo pronóstico más viable fue el pronóstico promedio móvil ponderado.

Tabla 4.5: Selección final para cada número de parte. Fuente: Elaboración propia.

NP	Error	PPMS	PPMP	PSE	PSED	$\alpha$ PSE	P1	P2	P3	P4
NP 1	MAD	-	-	24.06	-	0.807	-	-	-	-
NP 2	MAPE	14.7 %	-	-	-	-	-	-	-	-
	MAD	86.65	-	-	-	-	-	-	-	-
	MSE	11,125	-	-	-	-	-	-	-	-
NP 3	MAD	-	-	46.74	-	0.890	-	-	-	-
NP 4	MAD	-	-	139.64	-	0.726	-	-	-	-
NP 5	MAD	-	-	17.28	-	0.154	-	-	-	-
NP 6	MAD	-	-	36.14	-	0.566	-	-	-	-
NP 7	MAPE	-	17.8 %	-	-	-	0.1	0.2	0.3	0.4
	MAD	-	109.82	-	-	-				
	MSE	-	18,503	-	-	-				
NP 8	MAPE	-	-	14.23 %	-	0.139	-	-	-	-
NP 9	MAPE	-	-	16.39 %	-	0.355	-	-	-	-
NP 10	MAD	-	-	47.64	-	0.205	-	-	-	-

Como se puede observar en la tabla 4.5, el pronóstico que se ajustó mejor para los números de parte NP1, NP3, NP4, NP5, NP6, NP8, NP9 y NP10 fue el pronóstico de suavización exponencial, el pronóstico que se ajustó mejor para el número de parte NP2 fue el pronóstico promedio móvil simple y el pronóstico que se ajustó mejor para el número de parte NP7 fue el pronóstico promedio móvil ponderado.

## 4.4 RESULTADO DE LA FASE 4: CÁLCULO DEL EOQ POLÍTICA $(s, Q)$

La fase 4 consta de 2 pasos, en el paso 1 se identifica si la demanda sigue una distribución normal y en el paso 2 se procede a calcular las variables de inventario de seguridad y puntos de reorden de acuerdo a la política  $(s, Q)$  que propone el modelo de lote económico.

### 4.4.1 RESULTADO DEL PASO 1: PRUEBA DE NORMALIDAD

Para determinar si los datos de la demanda siguen una distribución normal se realizaron las pruebas de normalidad Kolmogorov-Smirnov. Para los 10 números de parte se consideró una significancia estadística ( $\alpha$ ) de 0.05, el propósito de esta prueba es aceptar o rechazar la hipótesis de normalidad para poder calcular la desviación correcta en la política de inventario.

En la tabla 4.6 podemos observar los datos que arrojaron las pruebas, cuyo resultado demuestra que no hay datos que nos permitan rechazar la hipótesis de que las demandas siguen una distribución normal.

### 4.4.2 RESULTADO DEL PASO 2: CALCULAR LAS VARIABLES DEL EOQ POLÍTICA $(s, Q)$

Ya teniendo la selección del pronóstico más viable a utilizar y confirmando que la demanda sigue una distribución normal, podemos calcular el lote que se debe de pedir, el inventario de seguridad que debemos de considerar y el punto de reorden para cada número de parte que darán la pauta para la creación de nuestra política de inventario utilizando las fórmulas que detallamos en el capítulo 2 sección 2.7.1.



Tabla 4.6: Resultados de la prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov para cada número de parte. Fuente: Elaboración propia.

Número de parte	Media	Desviación estándar	Error máximo	Error máximo permitido	Se acepta hipótesis
NP 1	192	33	0.095347704	0.127114609	Sí
NP 2	605	97	0.116551514	0.127114609	Sí
NP 3	409	60	0.126126432	0.127114609	Sí
NP 4	1074	190	0.104951506	0.127114609	Sí
NP 5	139	22	0.089672668	0.127114609	Sí
NP 6	418	44	0.070472379	0.127114609	Sí
NP 7	636	130	0.098296004	0.127114609	Sí
NP 8	305	53	0.097543843	0.127114609	Sí
NP 9	164	30	0.103095285	0.127114609	Sí
NP 10	280	51	0.102780427	0.127114609	Sí

En la tabla 4.7 podemos observar los resultados de cada uno de los números de parte que se analizaron.

## 4.5 RESULTADO DE LA FASE 5: COMPARACIÓN DE RESULTADOS

Esta fase busca comparar los resultados obtenidos contra lo que sucedió realmente durante el año fiscal 2019. Para los pronósticos fueron tomados los datos desde octubre de 2015 y los resultados fueron comparados con lo que realmente sucedió en el año fiscal 2018 que comprende de noviembre 2018 a octubre de 2019. También ese histórico de datos fue empleado para el cálculo de la política de inventario.

Tabla 4.7: Datos de las variables del *EOQ*. Fuente: Elaboración propia.

Número de parte	Demanda mensual promedio	Tamaño de lote	Inventario de seguridad	Punto de reorden
NP 1	205	185	42	247
NP 2	606	318	60	666
NP 3	432	269	83	515
NP 4	1122	433	211	1333
NP 5	135	150	5	140
NP 6	406	261	39	445
NP 7	610	319	86	696
NP 8	318	231	13	331
NP 9	154	161	14	168
NP 10	288	220	23	311

#### 4.5.1 RESULTADO DEL PASO 1: COMPARACIÓN DE RESULTADOS

En la tabla 4.8 se muestran los costos en los que se incurrieron del NP1, los costos de transportación expeditada en enero y septiembre, así como los impactos en el mes de enero y los cambios de ordenes realizados en el mes de febrero que dieron como resultado un exceso de inventario no hubieran sucedido considerando que la demanda real en dichos meses se mantuvo por debajo del nivel de inventario propuesto por la política de inventario como se puede observar en la gráfica 4.1.

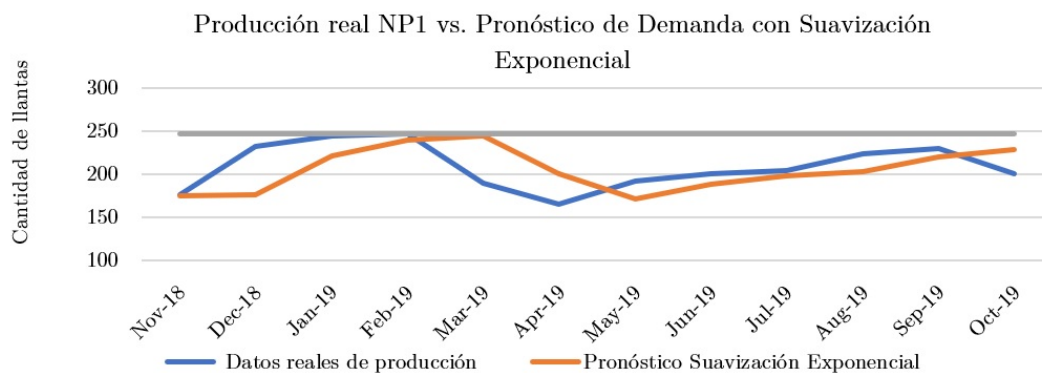


Figura 4.1: Producción real, pronóstico de demanda y política de inventarios del NP1. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.8: Costos que impactaron en los indicadores clave del NP1. Fuente: Elaboración propia.

NP1	Transportación expeditada	Impactos al NS de producción	Cambios en OP	Exceso de inventario	Costos
Nov-18	-	-	-	-	-
Dec-18	-	-	-	-	-
Jan-19	\$2,560.68	5	-	-	\$5,060.68
Feb-19	-	-	5	40	\$3,700.00
Mar-19	-	-	-	40	\$1,200.00
Apr-19	-	-	-	40	\$1,200.00
May-19	-	-	-	40	\$1,200.00
Jun-19	-	-	-	40	\$1,200.00
Jul-19	-	-	-	40	\$1,200.00
Aug-19	-	-	-	40	\$1,200.00
Sep-19	\$4,674.92	-	-	40	\$5,874.92
Oct-19	-	-	-	40	\$1,200.00
Total	\$7,235.60	5	5	360	\$23,035.60

En la tabla 4.9 se muestran los costos en los que se incurrieron del NP2, los costos de transportación expeditada en noviembre, mayo, junio y septiembre, así como los impactos en el mes de mayo y los cambios de ordenes en el mes de febrero no hubieran sucedido considerando que la demanda real en dichos meses se mantuvo por debajo del nivel de inventario propuesto por la política de inventario como se puede observar en la gráfica 4.2

En la tabla ?? se muestran los costos en los que se incurrieron del NP3, los costos de transportación expeditada en noviembre, marzo y octubre y los cambios de ordenes en el mes de noviembre no hubieran sucedido considerando que la demanda real en dichos meses se mantuvo por debajo del nivel de inventario propuesto por la política de inventario como se puede observar en la gráfica 4.3.

En la tabla 4.11 se muestran los costos en los que se incurrieron del NP4, los costos de transportación expeditada en diciembre, enero, febrero y agosto, así como

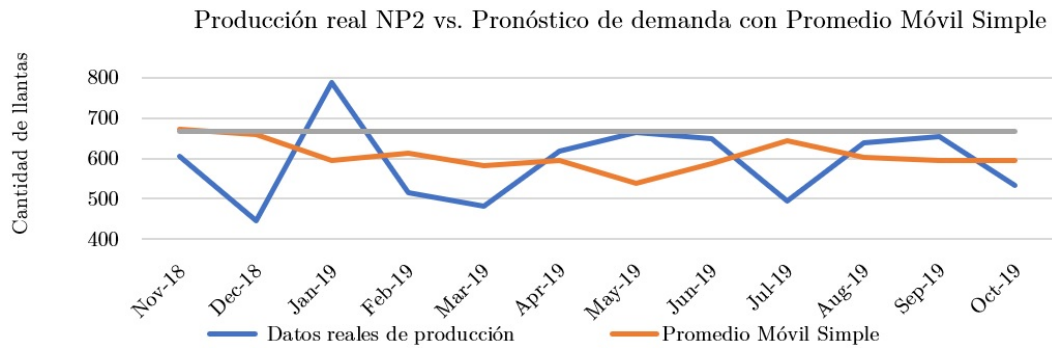


Figura 4.2: Producción real, pronóstico de demanda y política de inventarios del NP2. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.9: Costos que impactaron en los indicadores clave del NP2. Fuente: Elaboración propia.

NP2	Transportación expeditada	Impactos al NS de producción	Cambios en OP	Exceso de inventario	Costos
Nov-18	\$3,445.20	-	-	-	\$3,445.20
Dec-18	-	-	-	-	
Jan-19	-	-	-	-	
Feb-19	-	-	8	-	\$4,000.00
Mar-19	-	-	-	-	
Apr-19	-	-	-	-	
May-19	\$5,167.80	5	-	-	\$7,667.80
Jun-19	\$3,271.98	-	-	-	\$3,271.98
Jul-19	-	-	-	-	
Aug-19	-	-	-	-	
Sep-19	\$3,841.02	-	-	-	\$3,841.02
Oct-19	-	-	-	-	
Total	\$15,726.00	5	8	0	\$22,226.00

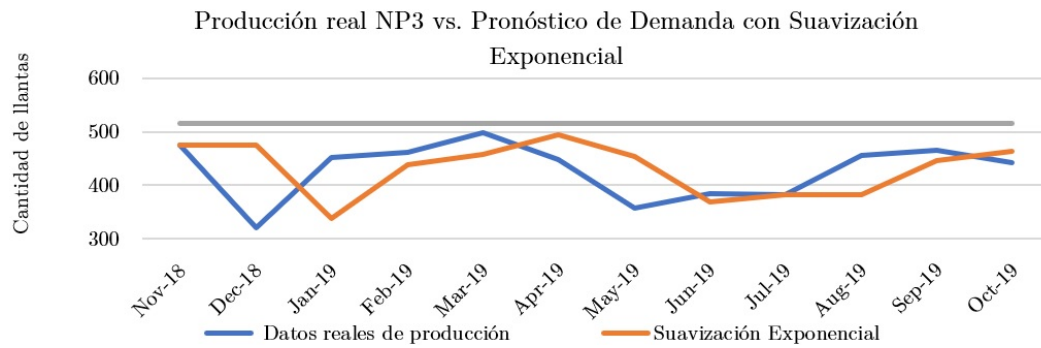


Figura 4.3: Producción real, pronóstico de demanda y política de inventarios del NP3. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.10: Costos que impactaron en los indicadores clave del NP3. Fuente: Elaboración propia.

NP3	Transportación expeditada	Impactos al NS de producción	Cambios en OP	Exceso de inventario	Costos
Nov-18	\$5,818.42	-	10	-	\$10,818.42
Dec-18	-	-	-	-	-
Jan-19	-	-	-	-	-
Feb-19	-	-	-	-	-
Mar-19	\$6,865.76	-	-	-	\$6,865.76
Apr-19	-	-	-	-	-
May-19	-	-	-	-	-
Jun-19	-	-	-	-	-
Jul-19	-	-	-	-	-
Aug-19	-	-	-	-	-
Sep-19	-	-	-	-	-
Oct-19	\$2,765.98	-	-	-	\$2,765.98
Total	\$15,450.16	0	10	0	\$20,450.16

los impactos en los meses de diciembre y enero y los cambios de ordenes realizados en el mes de marzo que dieron como resultado un exceso de inventario no hubieran sucedido considerando que la demanda real en dichos meses se mantuvo por debajo del nivel de inventario propuesto por la política de inventario como se puede observar en la gráfica 4.4.

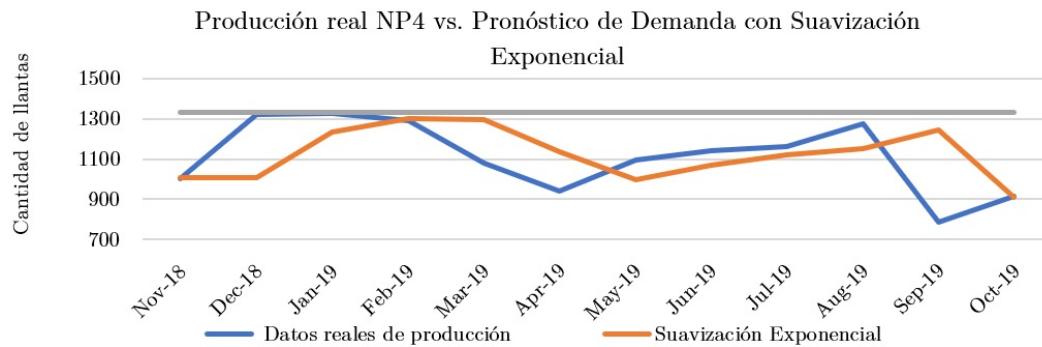


Figura 4.4: Producción real, pronóstico de demanda y política de inventarios del NP4. Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 4.12 se muestran los costos en los que se incurrieron del NP5, los costos de transportación expeditada en junio, septiembre y octubre, así como los cambios de ordenes en enero que dieron como resultado un exceso de inventario no hubieran sucedido considerando que la demanda real en dichos meses se mantuvo por debajo del nivel de inventario propuesto por la política de inventario como se puede observar en la gráfica 4.5.

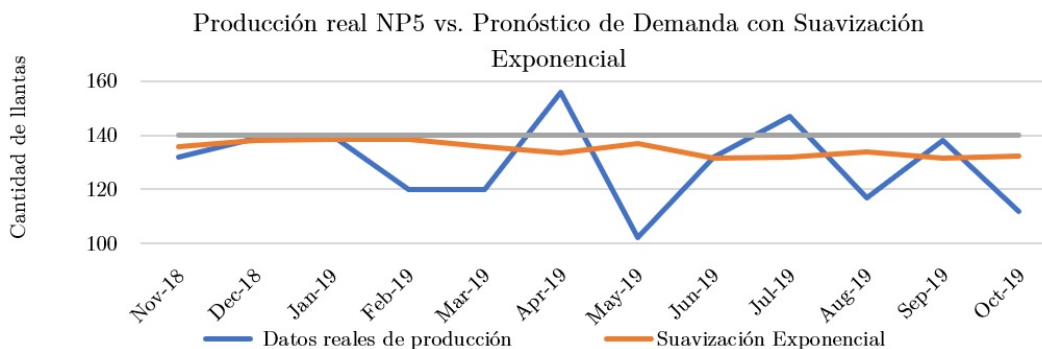


Figura 4.5: Producción real, pronóstico de demanda y política de inventarios del NP5. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.11: Costos que impactaron en los indicadores clave del NP4. Fuente: Elaboración propia.

NP4	Transportación expeditada	Impactos al NS de producción	Cambios en OP	Exceso de inventario	Costos
Nov-18	-	-	-	-	-
Dec-18	\$11,818.96	8	-	-	\$15,818.96
Jan-19	\$11,056.44	7	-	-	\$14,556.44
Feb-19	\$9,531.42	-	-	-	\$9,531.42
Mar-19	-	-	25	120	\$16,100.00
Apr-19	-	-	-	120	\$3,600.00
May-19	-	-	-	120	\$3,600.00
Jun-19	-	-	-	120	\$3,600.00
Jul-19	-	-	-		
Aug-19	\$5,718.85	-	-	-	\$5,718.85
Sep-19	-	-	-	-	-
Oct-19	-	-	-	-	-
Total	\$38,125.67	15	25	480	\$72,525.67

En la tabla 4.13 se muestran los costos en los que se incurrieron del NP6, los costos de transportación expeditada en febrero, julio y octubre y los impactos en los meses de julio y octubre no hubieran sucedido considerando que la demanda real en dichos meses se mantuvo por debajo del nivel de inventario propuesto por la política de inventario como se puede observar en la gráfica 4.6.

En la tabla 4.14 se muestran los costos en los que se incurrieron del NP7, los costos de transportación expeditada en noviembre, abril, junio y agosto, así como los impactos y los cambios de ordenes realizados en el mes de abril que dieron como resultado un exceso de inventario no hubieran sucedido considerando que la demanda real en dichos meses se mantuvo por debajo del nivel de inventario propuesto por la política de inventario como se puede observar en la gráfica 4.7.

En la tabla 4.15 se muestran los costos en los que se incurrieron del NP8, los costos de transportación expeditada en abril, septiembre y octubre, así como el

Tabla 4.12: Costos que impactaron en los indicadores clave del NP5. Fuente: Elaboración propia.

NP5	Transportación expeditada	Impactos al NS de producción	Cambios en OP	Exceso de inventario	Costos
Nov-18	-	-	-	-	-
Dec-18	-	-	-	-	-
Jan-19	-	-	2	16	\$1,480.00
Feb-19	-	-	-	16	\$480.00
Mar-19	-	-	-	16	\$480.00
Apr-19	-	-	-	16	\$480.00
May-19	-	-	-	16	\$480.00
Jun-19	\$3,324.00	-	-	16	\$3,804.00
Jul-19	-	-	-	16	\$480.00
Aug-19	-	-	-	16	\$480.00
Sep-19	\$3,021.00	-	-	16	\$3,501.00
Oct-19	\$2,876.00	-	-	16	\$3,356.00
Total	\$9,221.00	0	2	160	\$15,021.00

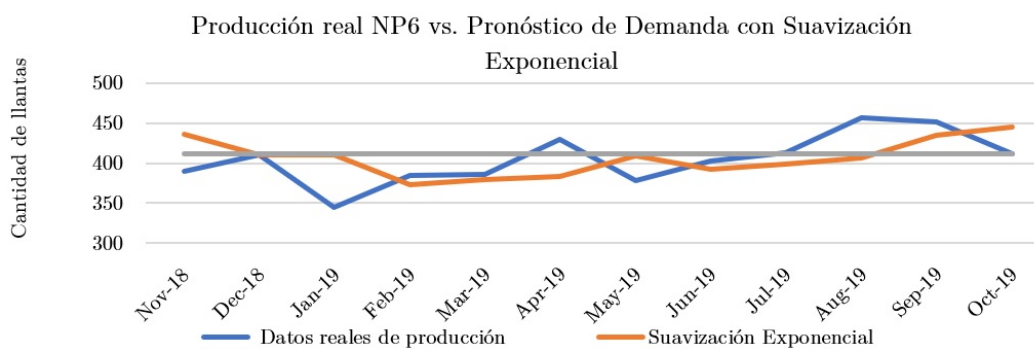


Figura 4.6: Producción real, pronóstico de demanda y política de inventarios del NP6. Fuente: Elaboración propia.



Tabla 4.13: Costos que impactaron en los indicadores clave del NP6. Fuente: Elaboración propia.

NP6	Transportación expeditada	Impactos al NS de producción	Cambios en OP	Exceso de inventario	Costos
Nov-18	-	-	-	-	-
Dec-18	-	-	-	-	-
Jan-19	-	-	-	-	-
Feb-19	\$5,658.85	-	-	-	\$5,658.85
Mar-19	-	-	-	-	-
Apr-19	-	-	-	-	-
May-19	-	-	-	-	-
Jun-19	-	-	-	-	-
Jul-19	\$6,916.37	6	-	-	\$9,916.37
Aug-19	-	-	-	-	-
Sep-19	-	-	-	-	-
Oct-19	\$3,756.23	4	-	-	\$5,756.23
Total	\$16,331.44	10	0	0	\$21,331.44

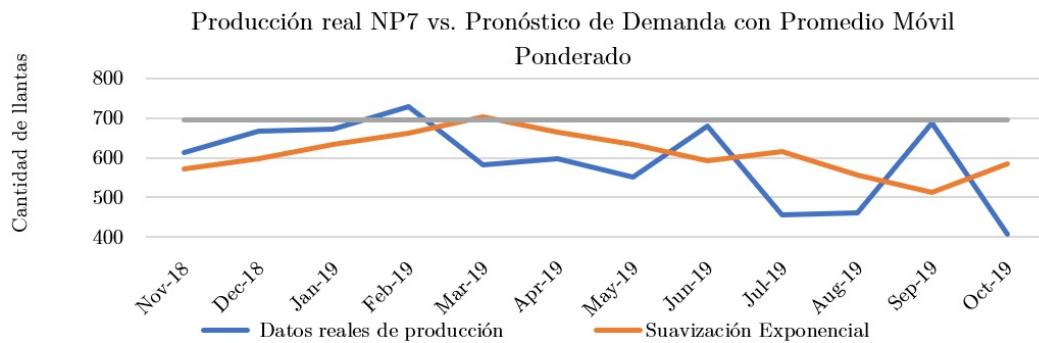


Figura 4.7: Producción real, pronóstico de demanda y política de inventarios del NP7. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.14: Costos que impactaron en los indicadores clave del NP7. Fuente: Elaboración propia.

NP7	Transportación expeditada	Impactos al NS de producción	Cambios en OP	Exceso de inventario	Costos
Nov-18	\$6,771.57	-	-	-	\$6,771.57
Dec-18	-	-	-	-	-
Jan-19	-	-	-	-	-
Feb-19	-	-	-	-	-
Mar-19	-	-	-	-	-
Apr-19	\$6,965.05	3	12	36	\$15,545.05
May-19	-	-	-	36	\$1,080.00
Jun-19	\$2,708.63	-	-	36	\$3,788.63
Jul-19	-	-	-	36	\$1,080.00
Aug-19	\$2,902.10	-	-	-	\$2,902.10
Sep-19	-	-	-	-	-
Oct-19	-	-	-	-	-
Total	\$19,347.36	3	12	144	\$31,167.36

impacto y los cambios de ordenes en el mes de septiembre no hubieran sucedido considerando que la demanda real en dichos meses se mantuvo por debajo del nivel de inventario propuesto por la política de inventario como se puede observar en la gráfica 4.8.

En la tabla 4.16 se muestran los costos en los que se incurrieron del NP9, los costos de transportación expeditada en mayo, julio y agosto, así como los cambios de ordenes en el mes de febrero que dieron como resultado un exceso de inventario no hubieran sucedido considerando que la demanda real en dichos meses se mantuvo por debajo del nivel de inventario propuesto por la política de inventario como se puede observar en la gráfica 4.9.

En la tabla 4.17 se muestran los costos en los que se incurrieron del NP10, el costo de transportación expeditada en marzo, así como los impactos y los cambios de ordenes en el mes de diciembre no hubieran sucedido considerando que la demanda

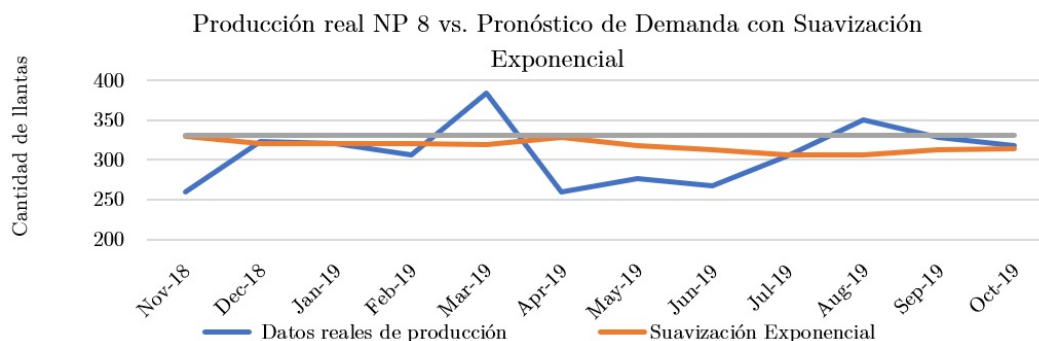


Figura 4.8: Producción real, pronóstico de demanda y política de inventarios del NP8. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.15: Costos que impactaron en los indicadores clave del NP8. Fuente: Elaboración propia.

NP8	Transportación expeditada	Impactos al NS de producción	Cambios en OP	Exceso de inventario	Costos
Nov-18	-	-	-	-	-
Dec-18	-	-	-	-	-
Jan-19	-	-	-	-	-
Feb-19	-	-	-	-	-
Mar-19	-	-	-	-	-
Apr-19	\$3,072.82	-	-	-	\$3,072.82
May-19	-	-	-	-	-
Jun-19	-	-	-	-	-
Jul-19	-	-	-	-	-
Aug-19	-	-	-	-	-
Sep-19	\$4,711.65	1	6	-	\$8,211.65
Oct-19	\$2,458.25	-	-	-	\$2,458.25
Total	\$10,242.72	1	6	0	\$13,742.72

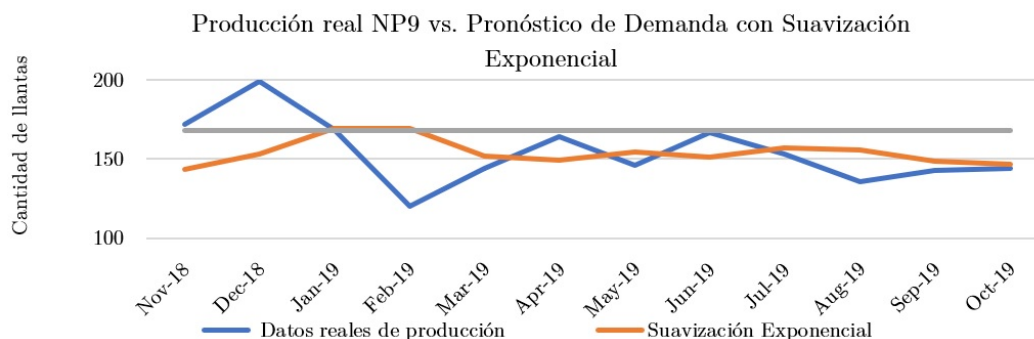


Figura 4.9: Producción real, pronóstico de demanda y política de inventarios del NP9. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.16: Costos que impactaron en los indicadores clave del NP9. Fuente: Elaboración propia.

NP9	Transportación expeditada	Impactos al NS de producción	Cambios en OP	Exceso de inventario	Costos
Nov-18	-	-	-	-	-
Dec-18	-	-	-	-	-
Jan-19	-	-	-	-	-
Feb-19	-	-	3	12	\$1,860.00
Mar-19	-	-	-	12	\$360.00
Apr-19	-	-	-	12	\$360.00
May-19	\$4,899.43	-	-	12	\$5,259.43
Jun-19	-	-	-	12	\$360.00
Jul-19	\$5,552.69	-	-	12	\$5,912.69
Aug-19	\$2,939.66	-	-	12	\$3,299.66
Sep-19	-	-	-	12	\$360.00
Oct-19	-	-	-	12	\$360.00
Total	\$13,391.78	0	3	108	\$18,131.78

real en dichos meses se mantuvo por debajo del nivel de inventario propuesto por la política de inventario como se puede observar en la gráfica 4.10.

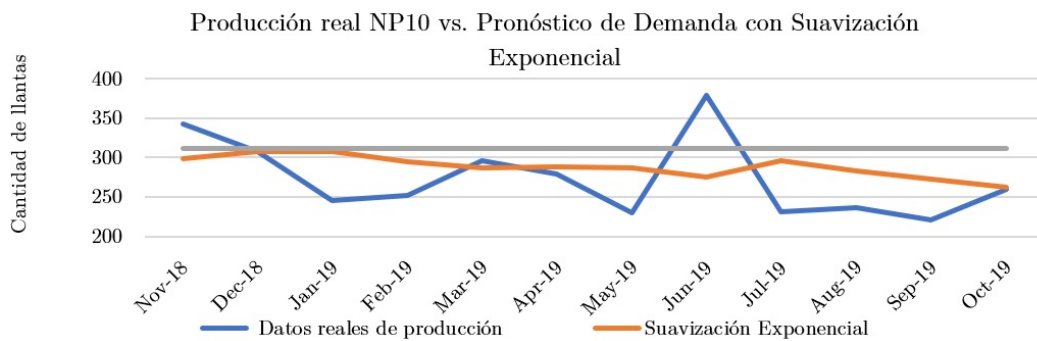


Figura 4.10: Producción real, pronóstico de demanda y política de inventarios del NP10. Fuente: Elaboración propia.

#### 4.5.2 RESULTADO DEL PASO 2: COMPARACIÓN TOTAL DE RESULTADOS.

En la tabla 4.18 podemos encontrar el resumen que resulta de comparar los costos del inventario de seguridad propuestos contra los posibles ahorros que resultaron de la simulación de trabajar con la política de inventario propuesta. El costo total del inventario de seguridad durante el año fiscal 2019 fue de \$207,720 USD y el posible ahorro fue de \$250,130.92 USD aun considerando que nuestra política de inventario fue más costosa para el NP3 y NP4, dando como resultado un ahorro total de \$42,410.92 USD.

En la tabla 4.19 podemos observar una comparación de los impactos al nivel de servicio y los cambios en ordenes de producción que pudieron ser evitados al aplicar la política de inventario propuesta, algunos números de parte no sufrieron cambio, pero de manera general, en estos 10 números podemos observar una posible reducción del 70 % de los impactos y una posible reducción del 86 % de los cambios hechos durante el transcurso del año fiscal 2019.

Tabla 4.17: Costos que impactaron en los indicadores clave del NP10. Fuente: Elaboración propia.

NP10	Transportación expeditada	Impactos al NS de producción	Cambios en OP	Exceso de inventario	Costos
Nov-18	-	-	-	-	-
Dec-18	-	5	6	-	5,500.00
Jan-19	-	-	-	-	-
Feb-19	-	-	-	-	-
Mar-19	\$6,999.19	-	-	-	6,999.19
Apr-19	-	-	-	-	-
May-19	-	-	-	-	-
Jun-19	-	-	-	-	-
Jul-19	-	-	-	-	-
Aug-19	-	-	-	-	-
Sep-19	-	-	-	-	-
Oct-19	-	-	-	-	-
Total	\$6,999.19	5	6	0	\$12,499.19

Tabla 4.18: Tabla de costos incurridos y ahorros con la política propuesta. Fuente: Elaboración propia.

Número de parte	Inventario de seguridad	Costo mensual de inventario de seguridad	Costo anual de inventario de seguridad	Posibles ahorros	Reducción de costos esperada
NP1	42	\$1,260.00	\$15,120.00	\$23,035.60	\$7,915.60
NP2	60	\$1,800.00	\$21,600.00	\$22,226.00	\$626.00
NP3	83	\$2,490.00	\$29,880.00	\$20,450.16	-\$9,429.84
NP4	211	\$6,330.00	\$75,960.00	\$72,525.67	-\$3,434.33
NP5	5	\$150.00	\$1,800.00	\$15,021.00	\$13,221.00
NP6	39	\$1,170.00	\$14,040.00	\$21,331.44	\$7,291.44
NP7	86	\$2,580.00	\$30,960.00	\$31,167.36	\$207.36
NP8	14	\$420.00	\$5,040.00	\$13,742.72	\$8,702.72
NP9	14	\$420.00	\$5,040.00	\$18,131.78	\$13,091.78
NP10	23	\$690.00	\$8,280.00	\$12,499.19	\$4,219.19
Total	577	\$17,310.00	\$207,720.00	\$250,130.92	\$42,410.92

Tabla 4.19: Porcentaje de mejora aplicando la política propuesta. Fuente: Elaboración propia.

Número de parte	Impactos al nivel servicio de producción	Cambios en ordenes de producción	Posibles impactos al nivel servicio de producción evitados	Posibles cambios en ordenes de producción evitados	Reducción de impactos al nivel servicio	Reducción de cambios en ordenes de producción
NP1	5	5	5	5	100 %	100 %
NP2	9	9	5	8	56 %	89 %
NP3	0	10	0	10	Sin cambio	100 %
NP4	15	25	15	25	100 %	100 %
NP5	5	5	0	2	Sin cambio	40 %
NP6	13	4	10	0	77 %	Sin cambio
NP7	6	12	3	12	50 %	100 %
NP8	1	6	1	6	100 %	100 %
NP9	0	3	0	3	Sin cambio	100 %
NP10	9	11	5	6	56 %	55 %
Total	63	90	44	77	70 %	86 %

## 4.6 CONCLUSIÓN DEL CAPÍTULO

Podemos concluir que la implementación y el análisis de los resultados demuestran una reducción de costos de transportación, una reducción de impactos al nivel de servicio y una reducción de cambios de órdenes de producción. Pudimos observar que no hay un ganador absoluto en los pronósticos y eso refuerza la idea que es importante aplicar las técnicas más adecuadas considerando los datos específicos de cada muestra. Pudimos observar que, a mayor nivel de inventario de seguridad, es más difícil justificar la política de inventario, inclusive hubo 2 números de parte cuyo resultado no mostro una reducción de costos, pero en estos casos, el aporte que traería consigo la implementación de la política de inventario se vería reflejado en los indicadores de nivel de servicio y cambios de órdenes, considerando que nuestra política de inventario está diseñada para poder soportar un nivel de servicio del 95 %.

Las conclusiones y recomendaciones del análisis de estos resultados se presentarán en el siguiente capítulo.



## CAPÍTULO 5

# CONCLUSIONES

---

El presente caso de estudios se enfocó en la reducción de costos e incremento de los niveles de servicio de la cadena de suministro de una planta de manufactura de camiones, mediante la implementación de una solución integral donde se seleccionó la técnica más adecuada de pronósticos para posteriormente crear una política de inventarios capaz de minimizar los efectos negativos que traen consigo el comportamiento de una demanda variable.

En este capítulo se presentan las conclusiones y recomendaciones que resultaron de la implementación del caso de estudio. Esperando que este análisis basado en datos cuantitativos sirva como detonante para tomar decisiones estratégicas en materia de cadena de suministro con la finalidad de generar ahorros y aportarle a la empresa medios que le permitan ser más competitivos.

### 5.1 CONCLUSIONES DEL CASO DE ESTUDIO

Podemos concluir que los resultados fueron satisfactorios, el objetivo se cumplió y no hay evidencia que nos permitan rechazar la hipótesis que se planteó en el capítulo 1. La comparación de resultados nos arrojó una reducción de costos de \$42,410.92 dólares. Por concepto de transportación expeditada se logró reducir un

74 % los costos en los que incurría la empresa. En el indicador de impactos al nivel de servicio se logró una reducción del 70 %. Los impactos que se evitaron representaban un costo de \$22,000 dólares. En el indicador de cambios en ordenes de producción se logró una reducción del 86 %. Los cambios que se evitaron representaban un costo de \$38,500 dólares.

## 5.2 RECOMENDACIONES

La empresa tiene el mismo criterio de planeación para todos los números de parte, aun y cuando el comportamiento, el tiempo de entrega, la periodicidad de la demanda es distinta, no hay una estrategia definida para la planeación y el aprovisionamiento de números de baja demanda específicamente, sugerimos a la empresa hacer un análisis de estos números y detallar la mejor estrategia para aumentar el nivel de servicio.

Al hacer un análisis más detallado, pudimos observar que en algunas ocasiones el conjunto de varios factores contribuían a tener un resultado negativo, el tiempo de entrega de proveedor es de 30 días, se programa producción con solo 25 días de anticipación, hay ordenes que no se colocaban de acuerdo con el tiempo de entrega de proveedor, y se pudo observar también que la producción de algunos números de parte se concentraba en ciertos días del mes, ocasionando espacios de tiempo largos entre las fechas de uso, esto a su vez generada que los proveedores tuvieran entregas muy espaciadas, lo que hacía difícil cambiar los programas de producción para lograr insertar las ordenes que la empresa puso sin respetar el tiempo de entrega de proveedor. Recomendamos que la programación de producción suba de 25 a 28 días, y que el tiempo de proveedor baje de 30 a 27 días, esto contribuiría a disminuir la cantidad de ordenes que no se colocan en tiempo.

### 5.3 CONTRIBUCIONES

Este trabajo plantea una manera de poder minimizar los costos de una cadena de suministro con demanda variable. Es una opción para que cualquier persona pueda llevar a cabo la metodología y poder hacer un análisis que sirva como detonante para la implementación de estrategias.

La empresa tiene una herramienta que le permite hacer un análisis para poder implementar una política de inventario bien estructurada. Esta herramienta mejora la planeación de materia prima, mejora indicadores clave y se anticipa a variaciones de la demanda.

## APÉNDICE A

# APÉNDICE A

Tabla A.1: Datos reales y pronósticos del NP1. Fuente: Elaboración propia.

Fecha	Datos Reales NP1	PPMS	PPMP	$\alpha$ <b>0.794</b> PSE MA- PE	$\alpha$ <b>0.807</b> PSE MAD	$\alpha$ <b>0.811</b> PSE MSE	$\alpha$ <b>0.059</b> PSED MA- PE	$\alpha$ <b>0.064</b> PSED MAD	$\alpha$ <b>0.056</b> PSED MSE
Nov-15	187	0	0	187	187	187	0	0	0
Dec-15	145	0	0	187	187	187	187	187	187
Jan-16	165	0	0	154	153	153	182	182	182
Feb-16	160	166	0	163	163	163	180	179	180
Mar-16	154	157	161	161	161	161	177	177	178
Apr-16	124	160	157	155	155	155	174	173	175
May-16	156	146	144	130	130	130	168	167	169
Jun-16	170	145	146	151	151	151	166	165	167
Jul-16	155	150	155	166	166	166	166	165	167
Aug-16	198	160	157	157	157	157	164	163	165
Sep-16	176	174	175	190	190	190	167	167	168
Oct-16	168	176	178	179	179	179	168	167	169
Nov-16	224	181	175	170	170	170	168	167	168
Dec-16	256	189	195	213	214	214	174	174	174

*Sigue en la pagina siguiente*

Fecha	Datos Reales NP1	PPMS	PPMP	$\alpha$ 0.794 PSE MA-PE	$\alpha$ 0.807 PSE MAD	$\alpha$ 0.811 PSE MSE	$\alpha$ 0.059 PSED MA-PE	$\alpha$ 0.064 PSED MAD	$\alpha$ 0.056 PSED MSE
Jan-17	199	216	221	247	248	248	183	184	183
Feb-17	187	226	218	209	208	208	185	186	185
Mar-17	156	214	208	192	191	191	185	186	185
Apr-17	153	181	184	163	163	163	182	183	182
May-17	208	165	165	155	155	155	179	179	179
Jun-17	136	172	179	197	198	198	182	182	182
Jul-17	164	166	163	149	148	148	177	177	177
Aug-17	188	169	163	161	161	161	175	175	175
Sep-17	245	163	172	182	183	183	176	176	176
Oct-17	233	199	201	232	233	233	184	185	184
Nov-17	244	222	221	233	233	233	190	191	189
Dec-17	232	241	235	242	242	242	197	198	196
Jan-18	236	236	237	234	234	234	201	203	200
Feb-18	208	237	236	236	236	236	206	208	205
Mar-18	184	225	225	214	213	213	207	209	206
Apr-18	149	209	206	190	190	190	205	206	204
May-18	160	180	180	157	157	157	199	200	198
Jun-18	208	164	166	159	159	159	195	195	194
Jul-18	198	172	179	198	199	199	197	197	196
Aug-18	201	189	189	198	198	198	197	198	197
Sep-18	194	202	197	200	200	200	198	198	197
Oct-18	170	198	198	195	195	195	198	198	197
Nov-18	176	188	186	175	175	175	195	195	195
Dec-18	232	180	180	176	176	176	193	193	193
Jan-19	244	193	199	220	221	221	198	198	197
Feb-19	246	217	219	239	240	240	203	204	203
Mar-19	189	241	236	245	245	245	209	210	208
Apr-19	165	226	221	200	200	200	207	208	207
May-19	192	200	196	172	172	172	203	203	202

*Sigue en la pagina siguiente*

Fecha	Datos Reales NP1	PPMS	PPMP	$\alpha$ <b>0.794</b> PSE MA- PE	$\alpha$ <b>0.807</b> PSE MAD	$\alpha$ <b>0.811</b> PSE MSE	$\alpha$ <b>0.059</b> PSED MA- PE	$\alpha$ <b>0.064</b> PSED MAD	$\alpha$ <b>0.056</b> PSED MSE
Jun-19	200	182	189	188	188	188	202	202	202
Jul-19	204	186	190	198	198	198	202	202	202
Aug-19	224	199	197	203	203	203	203	203	202
Sep-19	230	209	210	220	220	220	205	206	205
Oct-19	200	219	220	228	228	228	209	209	208

Fuente: Elaboración propia

Tabla A.2: Datos reales y pronósticos del NP2. Fuente: Elaboración propia.

Fecha	Datos Reales NP2	PPMS	PPMP	$\alpha$ <b>0.166</b> PSE MA- PE	$\alpha$ <b>0.196</b> PSE MAD	$\alpha$ <b>0.226</b> PSE MSE	$\alpha$ <b>0.080</b> PSED MA- PE	$\alpha$ <b>0.080</b> PSED MAD	$\alpha$ <b>0.108</b> PSED MSE
Nov-15	400	0	0	400	400	400	0	0	0
Dec-15	752	0	0	400	400	400	400	400	400
Jan-16	516	0	0	458	469	480	456	456	476
Feb-16	468	556	0	468	478	488	468	468	489
Mar-16	665	579	532	468	476	483	471	471	489
Apr-16	787	550	585	501	513	524	504	504	531
May-16	594	640	660	548	567	584	553	553	592
Jun-16	671	682	654	556	572	586	565	565	602
Jul-16	503	684	671	575	591	605	588	588	626
Aug-16	548	589	600	563	574	582	581	581	610
Sep-16	619	574	564	561	569	574	582	582	605
Oct-16	439	557	580	570	579	585	594	594	616
Nov-16	516	535	521	548	551	552	575	575	586
Dec-16	720	525	517	543	544	544	571	571	577

*Sigue en la pagina siguiente*

Fecha	Datos Reales NP2	PPMS	PPMP	$\alpha$ 0.166 PSE MA-PE	$\alpha$ 0.196 PSE MAD	$\alpha$ 0.226 PSE MSE	$\alpha$ 0.080 PSED MA-PE	$\alpha$ 0.080 PSED MAD	$\alpha$ 0.108 PSED MSE
Jan-17	500	558	593	572	579	583	599	599	613
Feb-17	656	579	563	560	563	565	589	589	596
Mar-17	568	625	608	576	582	585	605	605	614
Apr-17	641	575	596	575	579	581	604	604	611
May-17	658	622	608	586	591	595	615	615	623
Jun-17	568	622	635	598	604	609	628	628	637
Jul-17	670	622	610	593	597	600	624	624	628
Aug-17	723	632	634	606	611	616	637	637	643
Sep-17	532	654	670	625	633	640	656	656	667
Oct-17	671	642	621	610	613	616	642	642	645
Nov-17	671	642	640	620	625	628	652	652	656
Dec-17	698	625	648	628	634	638	661	661	665
Jan-18	714	680	668	640	646	651	673	673	678
Feb-18	548	694	696	652	660	666	685	685	692
Mar-18	497	653	640	635	638	639	669	669	668
Apr-18	529	586	576	612	610	607	647	647	637
May-18	748	525	542	598	594	589	633	633	617
Jun-18	610	591	612	623	624	625	654	654	647
Jul-18	542	629	624	621	622	622	652	652	642
Aug-18	639	633	602	608	606	604	638	638	624
Sep-18	642	597	615	613	612	612	641	641	629
Oct-18	732	608	618	618	618	619	645	645	634
Nov-18	606	671	667	637	641	644	662	662	657
Dec-18	445	660	654	632	634	636	657	657	650
Jan-19	787	594	570	601	597	592	626	626	608
Feb-19	516	613	643	632	634	636	654	654	647
Mar-19	481	583	592	612	611	609	635	635	621
Apr-19	619	595	549	591	585	580	613	613	592
May-19	664	539	574	595	592	589	615	615	597

*Sigue en la pagina siguiente*

Fecha	Datos Reales NP2	PPMS	PPMP	$\alpha$ <b>0.166</b> PSE MA- PE	$\alpha$ <b>0.196</b> PSE MAD	$\alpha$ <b>0.226</b> PSE MSE	$\alpha$ <b>0.080</b> PSED MA- PE	$\alpha$ <b>0.080</b> PSED MAD	$\alpha$ <b>0.108</b> PSED MSE
Jun-19	648	588	599	607	606	606	624	624	611
Jul-19	494	644	630	614	614	615	630	630	620
Aug-19	639	602	587	594	591	588	610	610	593
Sep-19	654	594	600	601	600	600	615	615	603
Oct-19	532	596	617	610	611	612	623	623	614

Fuente: Elaboración propia

Tabla A.3: Datos reales y pronósticos del NP3. Fuente: Elaboración propia.

Fecha	Datos Reales NP3	PPMS	PPMP	$\alpha$ <b>0.890</b> PSE MA- PE	$\alpha$ <b>0.890</b> PSE MAD	$\alpha$ <b>0.788</b> PSE MSE	$\alpha$ <b>0.033</b> PSED MA- PE	$\alpha$ <b>0.042</b> PSED MAD	$\alpha$ <b>0.046</b> PSED MSE
Nov-15	357	0	0	357	357	357	0	0	0
Dec-15	384	0	0	357	357	357	357	357	357
Jan-16	475	0	0	381	381	378	359	359	359
Feb-16	477	405	0	465	465	455	366	369	370
Mar-16	372	445	446	476	476	472	374	378	380
Apr-16	374	441	425	383	383	393	374	378	380
May-16	326	408	404	375	375	378	374	378	380
Jun-16	377	357	365	331	331	337	371	374	375
Jul-16	499	359	361	372	372	369	372	375	376
Aug-16	478	401	415	485	485	471	381	386	388
Sep-16	499	451	449	479	479	477	387	394	397
Oct-16	384	492	481	497	497	494	395	404	407
Nov-16	403	454	449	396	396	407	395	403	406
Dec-16	374	429	424	402	402	404	396	404	407

*Sigue en la pagina siguiente*



Fecha	Datos Reales NP3	PPMS	PPMP	$\alpha$ 0.890 PSE MA-PE	$\alpha$ 0.890 PSE MAD	$\alpha$ 0.788 PSE MSE	$\alpha$ 0.033 PSED MA-PE	$\alpha$ 0.042 PSED MAD	$\alpha$ 0.046 PSED MSE
Jan-17	348	387	397	377	377	380	395	402	405
Feb-17	287	375	370	351	351	355	393	398	400
Mar-17	297	336	334	294	294	301	386	390	391
Apr-17	396	311	312	297	297	298	381	382	383
May-17	408	327	340	385	385	375	382	384	384
Jun-17	422	367	370	405	405	401	384	386	387
Jul-17	480	409	400	420	420	418	387	390	391
Aug-17	454	437	440	473	473	467	393	398	399
Sep-17	370	452	451	456	456	457	398	403	405
Oct-17	367	435	422	379	379	388	397	401	403
Nov-17	299	397	397	368	368	372	395	399	400
Dec-17	298	345	349	307	307	314	389	391	391
Jan-18	408	321	319	299	299	301	384	384	383
Feb-18	396	335	349	396	396	385	386	386	386
Mar-18	394	367	370	396	396	394	387	387	387
Apr-18	331	399	388	394	394	394	387	388	388
May-18	444	374	371	338	338	344	384	384	383
Jun-18	490	390	395	432	432	423	388	389	389
Jul-18	451	422	435	484	484	476	395	398	399
Aug-18	449	462	449	455	455	456	399	403	404
Sep-18	422	463	457	450	450	451	403	408	409
Oct-18	482	441	443	425	425	428	405	409	411
Nov-18	475	451	454	476	476	471	411	416	418
Dec-18	321	460	464	475	475	474	415	422	424
Jan-19	451	426	410	338	338	353	410	415	416
Feb-19	461	416	420	439	439	430	413	419	420
Mar-19	499	411	431	459	459	455	417	423	425
Apr-19	449	470	460	495	495	490	423	430	433
May-19	358	470	467	454	454	458	426	433	435

*Sigue en la pagina siguiente*

Fecha	Datos Reales NP3	PPMS	PPMP	$\alpha$ 0.890 PSE MA- PE	$\alpha$ 0.890 PSE MAD	$\alpha$ 0.788 PSE MSE	$\alpha$ 0.033 PSED MA- PE	$\alpha$ 0.042 PSED MAD	$\alpha$ 0.046 PSED MSE
Jun-19	384	435	424	369	369	379	422	428	429
Jul-19	382	397	401	382	382	383	420	425	426
Aug-19	455	375	385	382	382	382	419	422	423
Sep-19	466	407	409	447	447	440	422	426	427
Oct-19	442	434	438	464	464	460	425	430	431

Fuente: Elaboración propia

Tabla A.4: Datos reales y pronósticos del NP4. Fuente: Elaboración propia.

Fecha	Datos Reales NP4	PPMS	PPMP	$\alpha$ 0.726 PSE MA- PE	$\alpha$ 0.726 PSE MAD	$\alpha$ 0.673 PSE MSE	$\alpha$ 0.062 PSED MA- PE	$\alpha$ 0.062 PSED MAD	$\alpha$ 0.001 PSED MSE
Nov-15	1066	0	0	1066	1066	1066	0	0	0
Dec-15	827	0	0	1066	1066	1066	1066	1066	1066
Jan-16	941	0	0	893	893	905	1036	1036	1066
Feb-16	912	945	0	928	928	929	1024	1024	1066
Mar-16	878	893	919	916	916	918	1008	1008	1066
Apr-16	707	910	896	889	889	891	991	991	1066
May-16	889	832	823	757	757	767	953	953	1066
Jun-16	969	825	835	853	853	849	942	942	1066
Jul-16	884	855	884	937	937	930	942	942	1066
Aug-16	1129	914	893	899	899	899	931	931	1066
Sep-16	1003	994	1000	1066	1066	1054	952	952	1066
Oct-16	958	1005	1014	1020	1020	1020	955	955	1066
Nov-16	1277	1030	998	975	975	978	953	953	1066
Dec-16	1459	1079	1112	1194	1194	1179	990	990	1066

*Sigue en la pagina siguiente*

Fecha	Datos Reales NP4	PPMS	PPMP	$\alpha$ 0.726 PSE MA-PE	$\alpha$ 0.726 PSE MAD	$\alpha$ 0.673 PSE MSE	$\alpha$ 0.062 PSED MA-PE	$\alpha$ 0.062 PSED MAD	$\alpha$ 0.001 PSED MSE
Jan-17	1134	1231	1259	1386	1386	1368	1047	1047	1066
Feb-17	1066	1290	1243	1203	1203	1210	1058	1058	1066
Mar-17	889	1220	1186	1104	1104	1113	1060	1060	1066
Apr-17	872	1030	1048	948	948	962	1039	1039	1066
May-17	1186	942	942	893	893	902	1019	1019	1066
Jun-17	775	982	1020	1106	1106	1093	1039	1039	1066
Jul-17	935	944	929	866	866	879	1006	1006	1066
Aug-17	1072	965	931	916	916	917	996	996	1066
Sep-17	1459	927	983	1029	1029	1021	1005	1005	1066
Oct-17	1328	1155	1170	1341	1341	1316	1060	1060	1066
Nov-17	1391	1286	1277	1332	1332	1324	1094	1094	1066
Dec-17	1322	1393	1354	1375	1375	1369	1133	1133	1066
Jan-18	1345	1347	1358	1336	1336	1337	1159	1159	1066
Feb-18	1186	1353	1346	1343	1343	1343	1186	1186	1066
Mar-18	1049	1284	1281	1229	1229	1237	1190	1190	1066
Apr-18	849	1193	1177	1098	1098	1110	1177	1177	1066
May-18	912	1028	1026	917	917	934	1140	1140	1066
Jun-18	1186	937	948	913	913	919	1115	1115	1066
Jul-18	1129	982	1023	1111	1111	1099	1125	1125	1066
Aug-18	1146	1076	1075	1124	1124	1119	1128	1128	1066
Sep-18	1106	1154	1126	1140	1140	1137	1132	1132	1066
Oct-18	969	1127	1131	1115	1115	1116	1131	1131	1066
Nov-18	1003	1074	1062	1009	1009	1017	1113	1113	1066
Dec-18	1322	1026	1028	1005	1005	1008	1101	1101	1066
Jan-19	1329	1098	1134	1235	1235	1219	1129	1129	1066
Feb-19	1290	1218	1226	1303	1303	1293	1156	1156	1066
Mar-19	1077	1314	1279	1294	1294	1291	1175	1175	1066
Apr-19	941	1232	1216	1136	1136	1147	1166	1166	1066
May-19	1094	1103	1090	995	995	1008	1141	1141	1066

*Sigue en la pagina siguiente*

Fecha	Datos Reales NP4	PPMS	PPMP	$\alpha$ 0.726 PSE MA- PE	$\alpha$ 0.726 PSE MAD	$\alpha$ 0.673 PSE MSE	$\alpha$ 0.062 PSED MA- PE	$\alpha$ 0.062 PSED MAD	$\alpha$ 0.001 PSED MSE
Jun-19	1140	1037	1064	1067	1067	1066	1137	1137	1066
Jul-19	1163	1058	1080	1120	1120	1116	1139	1139	1066
Aug-19	1277	1132	1120	1151	1151	1148	1143	1143	1066
Sep-19	787	1193	1197	1242	1242	1235	1162	1162	1066
Oct-19	912	1076	1045	912	912	933	1118	1118	1066

Fuente: Elaboración propia

Tabla A.5: Datos reales y pronósticos del NP5. Fuente: Elaboración propia.

Fecha	Datos Reales NP5	PPMS	PPMP	$\alpha$ 0.154 PSE MA- PE	$\alpha$ 0.154 PSE MAD	$\alpha$ 0.204 PSE MSE	$\alpha$ 0.073 PSED MA- PE	$\alpha$ 0.075 PSED MAD	$\alpha$ 0.112 PSED MSE
Nov-15	116	0	0	116	116	116	0	0	0
Dec-15	144	0	0	116	116	116	116	116	116
Jan-16	128	0	0	120	120	122	120	120	122
Feb-16	115	129	0	122	122	123	121	122	124
Mar-16	116	129	125	121	121	121	121	121	122
Apr-16	126	120	121	120	120	120	120	120	121
May-16	120	119	121	121	121	121	121	121	123
Jun-16	177	121	121	121	121	121	121	121	122
Jul-16	156	141	144	129	129	133	129	130	135
Aug-16	124	151	152	133	133	137	134	134	140
Sep-16	132	152	144	132	132	135	133	133	138
Oct-16	168	137	139	132	132	134	133	134	138
Nov-16	192	141	147	138	138	141	139	139	145
Dec-16	138	164	166	146	146	151	147	148	157

*Sigue en la pagina siguiente*

Fecha	Datos Reales NP5	PPMS	PPMP	$\alpha$ 0.154 PSE MA-PE	$\alpha$ 0.154 PSE MAD	$\alpha$ 0.204 PSE MSE	$\alpha$ 0.073 PSED MA-PE	$\alpha$ 0.075 PSED MAD	$\alpha$ 0.112 PSED MSE
Jan-17	151	166	160	145	145	149	147	147	155
Feb-17	149	160	157	146	146	149	149	149	156
Mar-17	156	146	152	146	146	149	150	150	156
Apr-17	109	152	151	148	148	151	151	152	157
May-17	123	138	135	142	142	142	146	147	148
Jun-17	174	129	128	139	139	138	144	144	143
Jul-17	174	135	144	144	144	145	149	149	151
Aug-17	168	157	157	149	149	151	153	154	157
Sep-17	141	172	167	152	152	155	156	157	161
Oct-17	140	161	159	150	150	152	155	155	158
Nov-17	149	150	149	149	149	149	154	154	155
Dec-17	175	143	147	149	149	149	154	154	155
Jan-18	128	155	157	153	153	155	158	158	160
Feb-18	183	151	148	149	149	149	155	155	154
Mar-18	120	162	162	154	154	156	159	160	161
Apr-18	142	144	146	149	149	149	155	155	153
May-18	149	148	142	148	148	147	154	154	151
Jun-18	146	137	145	148	148	148	154	154	151
Jul-18	117	146	144	148	148	147	153	153	150
Aug-18	150	137	135	143	143	141	148	148	143
Sep-18	124	138	139	144	144	143	149	149	145
Oct-18	104	130	133	141	141	139	146	146	140
Nov-18	132	126	121	135	135	132	140	140	132
Dec-18	139	120	124	135	135	132	139	139	131
Jan-19	140	125	128	135	135	133	139	139	132
Feb-19	120	137	135	136	136	135	139	139	133
Mar-19	120	133	131	134	134	132	136	136	130
Apr-19	156	127	126	132	132	129	134	134	127
May-19	102	132	136	135	135	135	137	137	133

*Sigue en la pagina siguiente*

Fecha	Datos Reales NP5	PPMS	PPMP	$\alpha$ 0.154 PSE MA- PE	$\alpha$ 0.154 PSE MAD	$\alpha$ 0.204 PSE MSE	$\alpha$ 0.073 PSED MA- PE	$\alpha$ 0.075 PSED MAD	$\alpha$ 0.112 PSED MSE
Jun-19	132	126	124	130	130	128	132	131	125
Jul-19	147	130	127	130	130	129	132	131	126
Aug-19	117	127	134	133	133	133	134	133	130
Sep-19	138	132	128	131	131	129	131	131	127
Oct-19	112	134	133	132	132	131	132	132	129

Fuente: Elaboración propia

Tabla A.6: Datos reales y pronósticos del NP6. Fuente: Elaboración propia.

Fecha	Datos Reales NP6	PPMS	PPMP	$\alpha$ 0.566 PSE MA- PE	$\alpha$ 0.566 PSE MAD	$\alpha$ 0.264 PSE MSE	$\alpha$ 0.168 PSED MA- PE	$\alpha$ 0.142 PSED MAD	$\alpha$ 0.100 PSED MSE
Nov-15	488	0	0	488	488	488	0	0	0
Dec-15	501	0	0	488	488	488	488	488	488
Jan-16	456	0	0	495	495	491	492	492	491
Feb-16	412	482	0	473	473	482	480	482	484
Mar-16	426	456	451	438	438	464	457	462	469
Apr-16	457	431	435	431	431	454	444	450	460
May-16	440	432	439	446	446	455	445	449	458
Jun-16	417	441	440	443	443	451	440	444	453
Jul-16	427	438	433	428	428	442	429	434	444
Aug-16	378	428	430	427	427	438	424	429	439
Sep-16	525	407	407	399	399	422	405	411	424
Oct-16	447	443	451	471	471	449	440	439	442
Nov-16	372	450	455	457	457	449	441	439	441
Dec-16	413	448	426	409	409	428	416	418	426

*Sigue en la pagina siguiente*

Fecha	Datos Reales NP6	PPMS	PPMP	$\alpha$ 0.566 PSE MA-PE	$\alpha$ 0.566 PSE MAD	$\alpha$ 0.264 PSE MSE	$\alpha$ 0.168 PSED MA-PE	$\alpha$ 0.142 PSED MAD	$\alpha$ 0.100 PSED MSE
Jan-17	376	411	419	411	411	424	411	414	421
Feb-17	433	387	393	391	391	412	396	400	409
Mar-17	354	407	406	415	415	417	404	405	411
Apr-17	380	388	388	380	380	401	383	387	397
May-17	446	389	382	380	380	395	377	381	390
Jun-17	436	393	407	417	417	409	395	395	398
Jul-17	449	421	420	428	428	416	406	403	403
Aug-17	453	444	438	440	440	425	418	414	410
Sep-17	413	446	448	447	447	432	429	423	416
Oct-17	392	438	435	428	428	427	424	420	414
Nov-17	480	419	416	408	408	418	413	411	408
Dec-17	463	428	438	449	449	434	434	429	421
Jan-18	378	445	449	457	457	442	445	439	428
Feb-18	398	440	425	412	412	425	424	422	417
Mar-18	389	413	413	404	404	418	415	415	412
Apr-18	301	388	397	396	396	410	405	406	406
May-18	342	363	355	342	342	381	368	375	383
Jun-18	400	344	345	342	342	371	355	362	372
Jul-18	461	348	362	375	375	379	364	368	375
Aug-18	465	401	403	424	424	400	393	391	389
Sep-18	392	442	439	447	447	417	416	410	403
Oct-18	452	439	429	416	416	411	408	405	399
Nov-18	390	436	438	436	436	422	423	417	408
Dec-18	410	411	417	410	410	413	413	410	404
Jan-19	345	417	411	410	410	412	412	410	404
Feb-19	384	382	384	373	373	395	390	391	391
Mar-19	386	380	378	379	379	392	386	388	389
Apr-19	430	372	380	383	383	390	384	385	386
May-19	378	400	399	410	410	401	398	396	394

*Sigue en la pagina siguiente*

Fecha	Datos Reales NP6	PPMS	PPMP	$\alpha$ 0.566 PSE MA- PE	$\alpha$ 0.566 PSE MAD	$\alpha$ 0.264 PSE MSE	$\alpha$ 0.168 PSED MA- PE	$\alpha$ 0.142 PSED MAD	$\alpha$ 0.100 PSED MSE
Jun-19	403	398	396	392	392	395	390	390	389
Jul-19	413	404	399	398	398	397	393	393	391
Aug-19	457	398	405	407	407	401	399	398	394
Sep-19	452	424	425	435	435	416	418	414	406
Oct-19	412	441	441	445	445	425	431	425	415

Fuente: Elaboración propia

Tabla A.7: Datos reales y pronósticos del NP7. Fuente: Elaboración propia.

Fecha	Datos Reales NP7	PPMS	PPMP	$\alpha$ 0.337 PSE MA- PE	$\alpha$ 0.167 PSE MAD	$\alpha$ 0.216 PSE MSE	$\alpha$ 0.077 PSED MA- PE	$\alpha$ 0.070 PSED MAD	$\alpha$ 0.085 PSED MSE
Nov-15	885	0	0	885	885	885	0	0	0
Dec-15	842	0	0	885	885	885	885	885	885
Jan-16	521	0	0	871	878	876	878	879	878
Feb-16	504	749	0	753	818	799	823	828	817
Mar-16	936	622	615	669	766	735	771	781	761
Apr-16	576	654	714	759	794	779	792	799	786
May-16	653	672	664	697	758	735	755	765	746
Jun-16	754	722	672	682	740	717	735	745	725
Jul-16	672	661	706	707	743	725	733	742	724
Aug-16	594	693	683	695	731	714	718	728	710
Sep-16	624	673	655	661	708	688	693	704	684
Oct-16	864	630	638	648	694	674	676	687	667
Nov-16	497	694	719	721	722	715	699	706	693
Dec-16	603	662	642	646	685	668	662	672	654

*Sigue en la pagina siguiente*



Fecha	Datos Reales NP7	PPMS	PPMP	$\alpha$ 0.337 PSE MA-PE	$\alpha$ 0.167 PSE MAD	$\alpha$ 0.216 PSE MSE	$\alpha$ 0.077 PSED MA-PE	$\alpha$ 0.070 PSED MAD	$\alpha$ 0.085 PSED MSE
Jan-17	528	655	626	631	671	654	646	656	638
Feb-17	677	543	578	596	647	627	621	632	611
Mar-17	804	603	600	624	652	638	622	631	614
Apr-17	765	670	691	684	678	674	642	649	638
May-17	658	749	735	712	692	693	655	659	653
Jun-17	480	742	721	694	686	686	650	654	648
Jul-17	713	634	623	622	652	641	618	624	614
Aug-17	699	617	637	652	662	657	626	630	623
Sep-17	468	631	655	668	668	666	631	634	630
Oct-17	650	627	588	601	635	623	600	605	597
Nov-17	594	606	612	617	637	629	601	605	599
Dec-17	594	571	596	609	630	621	594	598	592
Jan-18	698	613	593	604	624	615	588	591	585
Feb-18	981	629	641	636	636	633	598	600	598
Mar-18	552	758	780	752	694	708	652	648	657
Apr-18	702	744	714	685	670	675	633	631	636
May-18	561	745	712	691	676	681	640	637	644
Jun-18	612	605	644	647	656	655	624	622	626
Jul-18	510	625	609	635	649	645	618	617	620
Aug-18	528	561	570	593	626	616	597	597	598
Sep-18	455	550	543	571	610	597	582	583	581
Oct-18	696	498	504	532	584	566	557	560	554
Nov-18	612	560	572	587	602	594	573	573	572
Dec-18	666	588	597	596	604	598	574	574	574
Jan-19	672	658	635	619	614	613	583	582	585
Feb-19	728	650	661	637	624	626	592	590	595
Mar-19	582	689	687	668	641	648	610	606	614
Apr-19	597	661	652	639	631	634	602	599	606
May-19	551	636	626	625	626	626	598	595	602

*Sigue en la pagina siguiente*

Fecha	Datos Reales NP7	PPMS	PPMP	$\alpha$ 0.337 PSE MA- PE	$\alpha$ 0.167 PSE MAD	$\alpha$ 0.216 PSE MSE	$\alpha$ 0.077 PSED MA- PE	$\alpha$ 0.070 PSED MAD	$\alpha$ 0.085 PSED MSE
Jun-19	680	577	589	600	613	610	588	586	590
Jul-19	456	609	615	627	624	625	599	595	602
Aug-19	462	562	556	569	596	588	574	573	575
Sep-19	687	533	513	533	574	561	553	553	552
Oct-19	408	535	573	585	593	588	569	568	570

Fuente: Elaboración propia

Tabla A.8: Datos reales y pronósticos del NP8. Fuente: Elaboración propia.

Fecha	Datos Reales NP8	PPMS	PPMP	$\alpha$ 0.139 PSE MA- PE	$\alpha$ 0.155 PSE MAD	$\alpha$ 0.238 PSE MSE	$\alpha$ 0.036 PSED MA- PE	$\alpha$ 0.098 PSED MAD	$\alpha$ 0.098 PSED MSE
Nov-15	202	0	0	202	202	202	0	0	0
Dec-15	377	0	0	202	202	202	202	202	202
Jan-16	331	0	0	226	229	244	215	236	236
Feb-16	243	303	0	241	245	264	223	257	256
Mar-16	312	317	292	241	245	259	225	257	256
Apr-16	251	295	302	251	255	272	232	270	270
May-16	260	269	276	251	254	267	234	269	269
Jun-16	321	274	266	252	255	265	236	270	270
Jul-16	339	277	288	262	266	279	243	283	283
Aug-16	221	307	309	273	277	293	251	297	297
Sep-16	286	294	280	265	268	276	249	286	286
Oct-16	326	282	281	268	271	278	253	289	289
Nov-16	254	278	294	276	280	290	259	299	299
Dec-16	396	289	279	273	276	281	259	294	294

*Sigue en la pagina siguiente*

Fecha	Datos Reales NP8	PPMS	PPMP	$\alpha$ 0.139 PSE MA-PE	$\alpha$ 0.155 PSE MAD	$\alpha$ 0.238 PSE MSE	$\alpha$ 0.036 PSED MA-PE	$\alpha$ 0.098 PSED MAD	$\alpha$ 0.098 PSED MSE
Jan-17	253	325	328	290	294	308	270	317	317
Feb-17	254	301	303	285	288	295	270	308	308
Mar-17	270	301	282	281	283	285	270	301	301
Apr-17	273	259	274	279	281	282	271	298	298
May-17	270	266	266	278	279	280	272	295	295
Jun-17	249	271	269	277	278	277	273	293	293
Jul-17	316	264	262	273	273	271	272	286	286
Aug-17	235	278	282	279	280	281	277	294	294
Sep-17	277	267	266	273	273	270	275	284	284
Oct-17	286	276	269	274	274	272	276	284	284
Nov-17	339	266	276	275	276	275	278	286	286
Dec-17	396	301	300	284	285	290	283	297	297
Jan-18	365	340	345	300	303	316	292	319	318
Feb-18	305	367	361	309	312	327	299	330	330
Mar-18	339	355	345	308	311	322	301	329	329
Apr-18	365	336	340	313	315	326	305	334	334
May-18	380	336	345	320	323	335	311	343	343
Jun-18	417	361	360	328	332	346	317	353	353
Jul-18	224	387	388	341	345	363	326	370	370
Aug-18	299	340	327	324	326	330	320	345	345
Sep-18	417	313	308	321	322	322	320	339	339
Oct-18	307	313	343	334	337	345	329	357	357
Nov-18	260	341	330	330	332	336	329	350	350
Dec-18	323	328	309	321	321	318	326	335	335
Jan-19	321	297	310	321	321	319	327	335	335
Feb-19	307	301	308	321	321	320	328	334	334
Mar-19	384	317	310	319	319	317	328	330	330
Apr-19	260	337	342	328	329	333	334	342	342
May-19	277	317	313	319	318	315	330	328	328

*Sigue en la pagina siguiente*

Fecha	Datos Reales NP8	PPMS	PPMP	$\alpha$ 0.139 PSE MA- PE	$\alpha$ 0.155 PSE MAD	$\alpha$ 0.238 PSE MSE	$\alpha$ 0.036 PSED MA- PE	$\alpha$ 0.098 PSED MAD	$\alpha$ 0.098 PSED MSE
Jun-19	267	307	296	313	312	306	328	319	319
Jul-19	305	268	280	306	305	297	325	309	309
Aug-19	350	283	284	306	305	299	325	309	309
Sep-19	328	307	313	312	312	311	328	317	317
Oct-19	318	328	324	315	314	315	329	319	320

Fuente: Elaboración propia

Tabla A.9: Datos reales y pronósticos del NP9. Fuente: Elaboración propia.

Fecha	Datos Reales NP9	PPMS	PPMP	$\alpha$ 0.355 PSE MA- PE	$\alpha$ 0.386 PSE MAD	$\alpha$ 0.261 PSE MSE	$\alpha$ 0.160 PSED MA- PE	$\alpha$ 0.160 PSED MAD	$\alpha$ 0.136 PSED MSE
Nov-15	108	0	0	108	108	108	0	0	0
Dec-15	148	0	0	108	108	108	108	108	108
Jan-16	181	0	0	122	123	118	121	121	119
Feb-16	173	146	0	143	146	135	141	141	137
Mar-16	172	167	164	154	156	145	154	154	148
Apr-16	163	175	172	160	162	152	163	163	157
May-16	135	169	170	161	163	155	167	167	162
Jun-16	223	157	155	152	152	150	161	161	158
Jul-16	181	174	180	177	179	169	183	183	178
Aug-16	181	180	183	179	180	172	187	187	183
Sep-16	130	195	185	179	180	174	190	190	186
Oct-16	164	164	165	162	161	163	175	175	175
Nov-16	202	158	159	163	162	163	174	174	175
Dec-16	195	165	174	177	178	173	186	186	185

*Sigue en la pagina siguiente*

Fecha	Datos Reales NP9	PPMS	PPMP	$\alpha$ 0.355 PSE MA-PE	$\alpha$ 0.386 PSE MAD	$\alpha$ 0.261 PSE MSE	$\alpha$ 0.160 PSED MA-PE	$\alpha$ 0.160 PSED MAD	$\alpha$ 0.136 PSED MSE
Jan-17	153	187	184	183	184	179	192	192	191
Feb-17	223	183	177	172	172	172	183	183	184
Mar-17	202	190	194	190	192	185	198	198	197
Apr-17	163	193	198	195	196	190	203	203	202
May-17	195	196	186	183	183	183	194	194	195
Jun-17	139	187	190	187	188	186	197	197	197
Jul-17	174	166	167	170	169	174	181	181	184
Aug-17	177	169	167	172	171	174	180	180	183
Sep-17	212	163	170	174	173	175	180	180	183
Oct-17	126	188	187	187	188	184	191	191	192
Nov-17	148	172	167	165	164	169	172	172	176
Dec-17	203	162	157	159	158	164	164	164	169
Jan-18	212	159	172	175	175	174	176	176	178
Feb-18	160	188	188	188	189	184	188	188	188
Mar-18	136	192	183	178	178	178	180	180	182
Apr-18	134	169	165	163	162	167	167	167	170
May-18	223	143	148	153	151	158	156	156	160
Jun-18	118	164	173	178	179	175	176	176	177
Jul-18	167	158	155	157	155	160	158	158	161
Aug-18	139	169	160	160	160	162	160	160	162
Sep-18	133	141	152	153	152	156	152	152	155
Oct-18	139	146	140	146	145	150	145	145	148
Nov-18	172	137	140	143	142	147	141	141	145
Dec-18	199	148	151	154	154	154	149	149	150
Jan-19	169	170	172	170	171	165	164	164	163
Feb-19	120	180	176	169	170	166	165	165	164
Mar-19	144	163	156	152	151	154	151	151	152
Apr-19	164	144	147	149	148	152	148	148	149
May-19	146	143	150	154	154	155	152	152	152

*Sigue en la pagina siguiente*

Fecha	Datos Reales NP9	PPMS	PPMP	$\alpha$ 0.355 PSE MA- PE	$\alpha$ 0.386 PSE MAD	$\alpha$ 0.261 PSE MSE	$\alpha$ 0.160 PSED MA- PE	$\alpha$ 0.160 PSED MAD	$\alpha$ 0.136 PSED MSE
Jun-19	167	151	148	151	151	153	149	149	150
Jul-19	153	159	158	157	157	156	154	154	154
Aug-19	136	155	157	156	156	155	153	153	153
Sep-19	143	152	148	149	148	150	147	147	148
Oct-19	144	144	145	147	146	148	145	145	146

Fuente: Elaboración propia

Tabla A.10: Datos reales y pronósticos del NP10. Fuente: Elaboración propia.

Fecha	Datos Reales NP10	PPMS	PPMP	$\alpha$ 0.226 PSE MA- PE	$\alpha$ 0.205 PSE MAD	$\alpha$ 0.190 PSE MSE	$\alpha$ 0.104 PSED MA- PE	$\alpha$ 0.050 PSED MAD	$\alpha$ 0.081 PSED MSE
Nov-15	349	0	0	349	349	349	0	0	0
Dec-15	292	0	0	349	349	349	349	349	349
Jan-16	379	0	0	336	337	338	337	343	340
Feb-16	279	340	0	346	346	346	345	347	346
Mar-16	252	317	319	331	332	333	331	340	335
Apr-16	260	303	290	313	316	318	314	331	321
May-16	301	264	273	301	304	307	301	323	310
Jun-16	243	271	277	301	304	306	299	320	307
Jul-16	308	268	265	288	291	294	285	312	295
Aug-16	360	284	282	292	295	296	287	311	295
Sep-16	245	304	315	308	308	309	299	315	304
Oct-16	226	304	292	294	295	296	286	307	293
Nov-16	236	277	267	278	281	283	271	298	280
Dec-16	298	236	247	269	272	274	261	291	271

*Sigue en la pagina siguiente*

Fecha	Datos Reales NP10	PPMS	PPMP	$\alpha$ 0.226 PSE MA-PE	$\alpha$ 0.205 PSE MAD	$\alpha$ 0.190 PSE MSE	$\alpha$ 0.104 PSED MA-PE	$\alpha$ 0.050 PSED MAD	$\alpha$ 0.081 PSED MSE
Jan-17	236	253	260	275	277	279	265	290	272
Feb-17	184	257	254	266	269	271	256	283	264
Mar-17	272	239	228	248	251	254	238	272	248
Apr-17	332	231	241	253	256	258	241	270	249
May-17	308	263	275	271	271	272	256	275	260
Jun-17	360	304	296	279	279	279	264	277	265
Jul-17	277	333	330	298	295	294	282	284	278
Aug-17	231	315	314	293	292	291	279	282	277
Sep-17	332	289	278	279	279	279	268	275	268
Oct-17	214	280	294	291	290	289	280	280	276
Nov-17	277	259	259	274	274	275	265	272	265
Dec-17	228	274	265	274	275	275	266	271	265
Jan-18	248	240	250	264	265	266	256	265	257
Feb-18	292	251	244	260	262	263	252	262	254
Mar-18	287	256	265	267	268	268	258	264	258
Apr-18	204	276	275	272	272	272	263	265	261
May-18	345	261	251	257	258	259	249	257	250
Jun-18	294	279	286	277	276	275	267	264	263
Jul-18	284	281	291	280	280	279	272	266	267
Aug-18	201	308	291	281	280	280	273	267	269
Sep-18	379	260	259	263	264	265	258	259	257
Oct-18	343	288	298	289	288	287	282	269	275
Nov-18	343	308	320	301	299	297	294	276	285
Dec-18	308	355	336	311	308	306	305	282	295
Jan-19	245	331	333	310	308	306	307	284	297
Feb-19	252	299	293	295	295	295	295	279	289
Mar-19	296	268	270	286	286	287	287	276	283
Apr-19	279	264	274	288	288	288	289	277	284
May-19	230	276	275	286	286	287	287	276	283

*Sigue en la pagina siguiente*

<b>Fecha</b>	<b>Datos Reales NP10</b>	<b>PPMS</b>	<b>PPMP</b>	$\alpha$ <b>0.226</b> <b>PSE</b> <b>MA-PE</b>	$\alpha$ <b>0.205</b> <b>PSE</b> <b>MAD</b>	$\alpha$ <b>0.190</b> <b>PSE</b> <b>MSE</b>	$\alpha$ <b>0.104</b> <b>PSED</b> <b>MA-PE</b>	$\alpha$ <b>0.050</b> <b>PSED</b> <b>MAD</b>	$\alpha$ <b>0.081</b> <b>PSED</b> <b>MSE</b>
Jun-19	379	268	260	273	275	276	275	271	274
Jul-19	231	296	306	297	296	295	296	281	291
Aug-19	236	280	280	282	283	283	283	275	281
Sep-19	221	282	263	272	273	274	273	271	273
Oct-19	260	229	243	260	263	264	262	265	264

Fuente: Elaboración propia



# BIBLIOGRAFÍA

---

- APICS, A. (2011), «APICS Operations Management Body Of Knowledge Framework», .
- ARROW, K. J., T. HARRIS y J. MARSCHAK (1951), «Optimal inventory policy», *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, págs. 250–272.
- BALLOU, R. H. (2004), *Logística: Administración de la cadena de suministro*, Pearson Educación.
- BARRIOS, E. (2017), «Ciclo de vida de un producto y sus estrategias relacionadas», *Argentina: Universidad Nacional de la Patagonia Austral*.
- BATTINI, D., A. PERSONA y F. SGARBOSSA (2014), «A sustainable EOQ model: Theoretical formulation and applications», *International Journal of Production Economics*, **149**, págs. 145–153.
- BROWN, R. G. (1959), *Statistical forecasting for inventory control*, McGraw/Hill.
- CHAPMAN, S. N. (2006), *Planificación y control de la producción*, Pearson educación.
- CHASE, R. (2009), «R. Jacobs y N. Aquilano. Administración de operaciones: Producción y cadena de suministro». Twelfth edition. Mexico DF McGraw-Hill», .
- CHOPRA, S. y P. MEINDL (2008), *Administración de la cadena de suministro*, Pearson educación México DF.
- CHOPRA, S. y M. SODHI (2004), «Supply-chain breakdown», *MIT Sloan management review*, **46**(1), págs. 53–61.
- CORTES ZAPATA, J. (2014), *Fundamentos de la Gestión de Inventarios*.
- DE KOSTER, R., K. J. ROODBERGEN y R. VAN VOORDEN (1999), «Reduction of walking time in the distribution center of De Bijenkorf», en *New trends in distribution logistics*, Springer, págs. 215–234.

- EHRHARDT, M. C. y E. F. BRIGHAM (2007), *Finanzas corporativas*, Cengage Learning Editores.
- ERLENKOTTER, D. (1990), «Ford Whitman Harris and the economic order quantity model», *Operations Research*, **38**(6), págs. 937–946.
- FIAEP (2014), «Control y manejo de inventario y almacén», *Recuperado de: <http://fiaep.org/inventario/controlymanejodeinventarios.pdf>*.
- FRAZELLE, E. y R. SOJO (2007), «Logística de Almacenamiento de Clase Mundial», *Grupo editorial Noma*.
- GOLDSBY, T. J. y R. MARTICHENKO (2005), *Lean six sigma logistics: Strategic development to operational success*, J. Ross Publishing.
- HANKE, J. E., A. G. REITSCH y D. W. WICHERN (2001), *Business forecasting*, tomo 9, Prentice Hall Upper Saddle River, NJ.
- HERNÁNDEZ, I. B. M., F. G. GARCÍA *et al.* (2010), «Política de Inventario, un aporte a la eficiencia», *Contribuciones a la Economía*, **9**.
- KHOJASTEH-GHAMARI, Y. (2012), «Warehouse management: Productivity improvement in automated storage and retrieval systems», en *Warehousing in the global supply chain*, Springer, págs. 233–260.
- KRAJEWSKI, L. J., L. P. RITZMAN, M. K. MALHOTRA, C. VILLAREAL y M. DEL PILARTR (2008), *Administración de operaciones: procesos y cadenas de valor/Operations management*, 658.5, Pearson Educación,.
- KRITTANATHIP, V., S. CHA-UM, S. SUWANDEE, S. RAKKARN y C. RATANAMANEICHAT (2013), «The Reduction of Inventory and Warehouse Costs for Thai Traditional Wholesale Businesses of Consumer Products», *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, **88**, págs. 142–148.
- MATHEW, A., E. S. NAIR *et al.* (2013), «Demand forecasting for economic order quantity in inventory management», .
- MEKEL, C., S. P. ANANTADJAYA y L. LAHINDAH (2014), «Stock Out Analysis: An Empirical Study on Forecasting, Re-Order Point and Safety Stock Level at PT Combiphar, Indonesia», *RIBER: Review of Integrative Business and Economics Research*, **3**(1), págs. 52–64.
- MORENO, J. (2018), «Prontuario de Finanzas Empresariales», .
- MULLER, M., E. SÁNCHEZ, S. NCHEZ EFRA, H. A. JOS *et al.* (2004), *Fundamentos de administración de inventarios*, Editorial norma.

- PRADO BUSTAMANTE, J. R. (1992), «La planeación y el control de la producción», .
- SADEGHI, A. (2015), «Providing a measure for bullwhip effect in a two-product supply chain with exponential smoothing forecasts», *International Journal of Production Economics*, **169**, págs. 44-54.
- SALLENAVE, J. P. (2002), «La Gerencia Integral; No le tema a la Competencia, Témale a la Incompetencia! Editorial Norma», .
- SILVER, E. A., D. F. PYKE, R. PETERSON *et al.* (1998), *Inventory management and production planning and scheduling*, tomo 3, Wiley New York.
- SIPPER, D. y R. L. BULFIN (1999), «Planeación y control de la producción», *Informe técnico*, McGraw-Hill.
- SMITH, J. D. (1998), *The warehouse management handbook*, Tompkins press.
- VIDAL, C. J. (2010), «Fundamentos de control y gestión de inventarios», *Calí. Colombia: Universidad Del Valle*.