Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey

Campus Monterrey

Escuela de Ingeniería y Ciencias

Diseño de un Modelo de Gestión de Inventarios para una Empresa Comercializadora.

Tesis presentada por

Jesús Eugenio Aragón Lozano

Sometida a la

Escuela de Ingeniería y Ciencias
como un requisito parcial para obtener el grado académico de

Maestro en Ciencias

en

Calidad y Productividad

Monterrey, Nuevo León, 4 de Diciembre de 2017

Dedicatoria

A Dios por guiarme siempre en el camino correcto.

A mi familia, a quienes les debo todo lo que soy, por todo su apoyo incondicional, confianza, paciencia, motivación y por la ayuda que han sido para llegar cada día más lejos en mi vida personal y profesional.

A mi padre, quien ha estado siempre presente en mi vida, apoyándome, aconsejándome y ser un ejemplo para mí.

A mi madre, por hacer de mí una persona honesta y sensible ante las situaciones a través de sus consejos, enseñanzas y amor.

A mi hermana, quien ha estado siempre presente en mi vida, apoyándome incondicionalmente en todo momento.

A mis amigos, de quienes he aprendido mucho, por estar presentes en esta etapa de mi vida, por su apoyo y compañía.

Reconocimientos

Me gustaría expresar mi profundo agradecimiento a mis padres y a todos mis amigos que han sido parte fundamental estando a mi lado apoyándome en todos los ámbitos todo el tiempo.

A mi asesor el Dr. José Manuel Sánchez García por el apoyo y la orientación de este trabajo.

A mis sinodales el Dr. Neale Ricardo Smith Cornejo y el Dr. Leopoldo Eduardo Cárdenas Barrón por sus comentarios, apoyo y aportaciones a este trabajo.

Personalmente, a mi mejor amigo Mauricio Ortí, quien me apoyó a lo largo de mi elaboración de la investigación facilitándome herramientas necesarias.

Así también, a mi entrenador de representativo de voleibol, al Tecnológico de Monterrey; y a CONACYT por los apoyos económicos, de alimento y educativos que me fueron proporcionados a lo largo de mi maestría.

Diseño de un Modelo de Gestión de Inventarios para una Empresa Comercializadora

Por

Jesús Eugenio Aragón Lozano

Resumen

En la siguiente investigación se documenta el *Diseño de un Modelo de Gestión de Inventarios para Empresa Comercializadora*. Presenta una metodología para una política inicial de inventarios, basada en el balance entre la oferta y la demanda, para determinar cuánto, cuándo y qué ordenar.

El modelo propone tres fases, la primera selecciona la familia de productos con mayor costo unitario de inventario y realiza la categorización *ABC*. La segunda fase, determina para clase A, el método de pronósticos que se ajusta con mayor precisión al comportamiento de la demanda. Y la tercera fase, establece lotes óptimos y puntos de reorden a través del modelo de Cantidad Económica a Ordenar (*EOQ*), utilizando datos de demanda anual, costo unitario de producto, costo de mantener inventario, costo de ordenar un pedido, tiempo de entrega del proveedor y la tasa de interés del dinero para inventario. En esta misma fase, compara el nivel de servicio de la política propuesta contra la actual. Finalmente, a través de algoritmos de asignación de inventarios a una demanda pronosticada, se llega a secuencias de pedidos con el costo total alcanzado.

Analizando y comparando resultados para facilitar la toma de decisiones sobre qué política de inventarios reduce los costos anuales incurridos por la empresa. El objetivo es minimizar el costo total de la política actual, determinado por una decisión de balance entre el tamaño de lote y frecuencia de pedido.

Lista de Figuras

Figura 1. Gráfico de empresas que segmentan clientes para mejora de servicio [32] 5
Figura 2. Comparativa niveles de prácticas de excelencia empresas en México [31] 10
Figura 3. Componentes de la Cadena de Suministro [35] 12
Figura 4. Visión integral de la cadena de suministro [10] 17
Figura 5. Triángulo de la toma de decisiones logísticas [6] 18
Figura 6. Factores impulsores de la complejidad [27] 20
Figura 7. Gráfico de tercerización de actividades en México [31] 22
Figura 8. Diseño de un modelo conceptual de gestión logística para Pyme [8] 23
Figura 9. Costos relacionados al inventario [25] 27
Figura 10. Comportamiento Costo total Logístico [6] 28
Figura 11. Distribución física ideal de las clases ABC de acuerdo a movimiento de productos.. 36
Figura 12. Gráfico de modelo de inventarios revisión periódica [9] 38
Figura 13. Gráfico de modelo de inventarios revisión continua [9] 39
Figura 14. Gráfico Modelo de Cantidad Económica a Ordenar [9] 41
Figura 15. Gráfico Costo Total del sistema de inventarios 43
Figura 16. Gráfico punto de reorden cuando el tiempo de entrega es menor al tiempo entre pedidos [9] 44
Figura 17. Gráfico punto de reorden cuando el tiempo de entrega es mayor al tiempo entre pedidos [9] 44
Figura 18. Gráfico de Politica I y II 46

Lista de Tablas

Tabla 1. Estratificación de las empresas en México [17] 1
Tabla 2. Estratificación de empresas en México [17]..... 8
Tabla 3. Distribución de valor en la clasificación ABC [30]..... 36
Tabla 4. Comparativa entre modelo de revisión periódica y revisión continua..... 48
Tabla 5. Unidades en almacén por familia de producto..... 65
Tabla 6. Costo de mantenimiento en almacén por familia de productos 66
Tabla 7. Porcentajes de representatividad del costo de almacenaje anual 67
Tabla 8. Claves familia de productos de Baterías..... 67
Tabla 9. Acumulado año 2015 ventas baterías con Clasificación ABC 68
Tabla 10. Acumulado año 2014 ventas baterías con Clasificación ABC 68
Tabla 11. Acumulado del año 2016 ventas baterías con Clasificación ABC 69
Tabla 12. Demanda anual promedio y desviación estándar clase A..... 70
Tabla 13. Patrón y datos para todos los periodos..... 71
Tabla 14. Patrón y datos de gráfico para n=12 72
Tabla 15. Pronóstico suavización exponencial con α=0.1 para n=12..... 73
Tabla 16. Pronóstico Promedio Móvil para n=12..... 74
Tabla 17. Ecuaciones lineales de los productos para n=12..... 75
Tabla 18. Pronóstico Regresión Lineal Simple para n=12 76
Tabla 19. Comparativa de medidas de desempeño de pronósticos para n=12..... 77
Tabla 20. Datos inventarios caso empresa RGD 79
Tabla 21. Situación Actual Inventarios RGD 80
Tabla 22. Resultados de política de inventarios óptima 81
Tabla 23. Resultados comparativos de tamaños de lote a ordenar 81
Tabla 24. Nivel de Servicio Deseado..... 82
Tabla 25 Simulación política actual con pronóstico PM 83
Tabla 26 Comparativa de nivel de servicio obtenido de la política actual 84
Tabla 27 Simulación de pronóstico PM con EOQ..... 85
Tabla 28 Comparativa de nivel de servicio obtenido y deseado..... 86

Tabla 29 Asignación de lotes utilizando EOQ a pronóstico PM 87
Tabla 30 Asignación de lotes utilizando LFL a pronóstico PM 88
Tabla 31 Asignación de lotes periodos específicos a pronóstico PM 89
Tabla 32 Asignación de lotes utilizando Periodo Fragmentado a pronóstico PM 90
Tabla 33 Asignación de lotes utilizando LUC a pronóstico PM 91
Tabla 34 Comparación CT de políticas propuestas 92

Contenido

Introducción **1**

1.1 Definición del Problema 3

1.2 Objetivo de la Investigación 6

1.3 Alcance de la investigación 6

1.4 Beneficios Potenciales 6

Marco Teórico **8**

2.1 Estratificación de empresas 8

2.2 Cadenas de Suministro y Logística 11

2.2.1 Conductores del rendimiento en la Cadena de Suministro 13

2.2.2 Fases de la Gestión de la Cadena de Suministro 16

2.2.3 Puntos Clave para la Integración de la Cadena de Suministro 20

2.2.4 Pymes dentro de Cadenas de Suministro en México 21

2.3 Inventarios 25

2.3.1 Conceptualización 26

2.3.2 Gestión de Inventarios 29

2.4 Modelos para la GI 33

2.4.1 Categorización de Inventarios 34

2.4.2 Clasificación de Modelos para la GI 37

2.4.3 Modelos Tradicionales 40

2.4.4 Comparativa de Modelos para la GI 47

2.5 Análisis y pronóstico de la demanda para la GI 49

2.5.1 Metodologías de Pronósticos 50

2.5.2 Medidas para la selección de pronósticos 55

2.6 Técnicas para asignación de lotes 57

Caso de Estudio: Empresa RGD Corp. **60**

3.1 Desarrollo del caso de estudio 60

3.2 Fase I: Análisis y recolección de información 64

3.2.1 Selección de familia de productos 65
3.2.2 Análisis Categorización ABC 67
3.3 Fase II: Selección de método de pronósticos 71
3.3.1 Pronóstico Suavización Exponencial Simple 72
3.3.2 Pronóstico Promedio Móvil Simple 74
3.3.3 Regresión lineal 75
3.3.4 Comparativa Pronósticos 77
3.4 Fase III: Modelo de Inventarios 78
3.4.1 Modelo de Inventarios EOQ 79
3.4.1.1 Resultados 80
3.4.2 Asignación de lotes 82
3.5 Conclusiones del caso de estudio 92

Conclusiones y recomendaciones 94

Apéndice A 96

Anexo A: Situación actual RGD 98

Anexo B: Análisis Estadístico de los datos 102

Anexo C: Análisis Gráfico de Datos 107

Anexo D: Pruebas de Pronósticos 116

Bibliografía 118

Curriculum Vitae 122

Capítulo 1

Introducción

Actualmente, México vive una situación en donde la economía está sustentada directamente de las Pequeñas y Medianas Empresas (Pymes). De acuerdo al Instituto Nacional de Estadística y Geografía, existen 4 millones 926 mil unidades empresariales de las cuales el 99.8% son pequeñas o medianas empresas, generando de esta forma el 52% del Producto Interno Bruto (PIB) y el 72% del empleo en el país [17]. Por consiguiente, es un factor clave dentro el mercado empresarial para comenzar a escalar y mejorar el desempeño de la economía del país. Es relevante mencionar las condiciones que cumple una Pyme dentro estratificación de empresas realizada por el Diario Oficial de la Federación en el 2009 mostrado en la Tabla 1.

Tabla 1. Estratificación de las empresas en México [17]

	Micro			Pequeña			Mediana		
Sector	Personal	Rango de monto de ventas anuales (mdp)	Tope máximo combinado*	Personal	Rango de monto de ventas anuales (mdp)	Tope máximo combinado*	Personal	Rango de monto de ventas anuales (mdp)	Tope máximo combinado*
Industria	De 0 a 10	Hasta $4	4.6	De 11 a 50	Desde $4.01 hasta $100	95	De 51 a 250	Desde $100.1 hasta $250	250
Comercio	De 0 a 10	Hasta $4	4.6	De 11 a 30	Desde $4.01 hasta $100	93	De 31 a 100	Desde $100.1 hasta $250	235
Servicios	De 0 a 10	Hasta $4	4.6	De 11 a 50	Desde $4.01 hasta $100	95	De 51 a 100	Desde $100.1 hasta $250	235

Tomando como base la información presentada en la Tabla 1, los datos obtenidos para el caso de estudio que se presentará en la tesis representan a una empresa pequeña perteneciente al sector de comercio. Esta fue determinada tomando en cuenta las diversas oportunidades de mejora operativa, pues los retos financieros que enfrentan este tipo de empresas representan un freno al crecimiento económico e intelectual de la empresa misma [18].

En la última década un concepto que ha tomado importancia en la competitividad empresarial es la alineación de los objetivos y la integración de la cadena de suministro, logrando representar una ventaja para numerosas empresas en la búsqueda de entregar sus productos de una forma mejor, más rápida y menos costosa a sus clientes. A partir de lo anterior mencionado han surgido tecnologías y modelos teóricos que permiten acelerar los flujos tanto de productos como información dentro de los procesos involucrados [15].

Las cadenas de abastecimiento están conformadas por empresas de tamaño grande, mediano y pequeño. Para que se pueda llegar a una alineación de objetivos es necesario que exista a lo

largo de todas las empresas involucradas una planeación estratégica continua, así como un flujo de información y de mercancía continuo. Es importante mencionar que gran parte de las Pymes integrantes, se encuentran como intermediario entre dos grandes empresas o como detallista dentro de la cadena de suministro. Teniendo entonces, áreas de oportunidad para agregar valor a los procesos que integran desde el transporte y manufactura de la materia prima hasta que el producto terminado llega al consumidor final [20].

Dentro de las áreas de mejora, la planeación estratégica y los inventarios son dos factores clave donde se requiere de una administración eficiente y un seguimiento continuo, con la finalidad de obtener resultados de mayor impacto. Por un lado, la planeación estratégica permite visualizar, en un horizonte ya sea corto, mediano o largo plazo, una serie de toma de decisiones que requieren de un análisis de indicadores clave que proyecten información relevante de la empresa a través del tiempo. Por el otro lado, la gestión de los inventarios representa para toda empresa del sector industrial, comercio o de servicios una situación de alto nivel de complejidad, provocada por las fluctuaciones de la demanda real, así como los costos relacionados al manejo, mantenimiento, obsolescencia y pedido de mercancía [14].

La convergencia entre los dos factores mencionados da como resultado un punto importante dentro de la cadena de suministro. Esto es, la cantidad de producto más económica a pedir tomando en cuenta restricciones y condiciones, tanto logísticas como financieras, de todas las empresas involucradas. En el caso de las empresas que cuentan con los sistemas para la toma de decisiones (SSD), el seguimiento a los modelos de inventario es constante y actualizado de acuerdo a la variabilidad de la demanda a lo largo del tiempo. Sin embargo, un alto porcentaje de las Pymes que conforman las cadenas de suministro en México no cuentan con ningún indicador dentro de sus sistemas de información para la toma de decisiones y ni con un apego a modelos teóricos para control de inventarios [26].

Existen distintos puntos de vista sobre el manejo de los inventarios, actualmente la tendencia de toda empresa es a reducir al máximo sus niveles de stock en almacén. Esta reducción en los niveles es posible mediante un balance entre la oferta y la demanda del producto, ya sea mediante pronósticos a través de técnicas estadísticas o mediante estrategias logísticas como el establecimiento de un Centro de Distribución para estabilizar la variabilidad de la demanda [26].

En el pasado, los modelos clásicos de problemas de inventarios dentro de la cadena de suministro sugerían que cada ente debía manejar sus almacenes independientemente de sus clientes para evitar que la variabilidad de la demanda fuera a provocar productos faltantes. No obstante, lejos de generar un incremento en las utilidades de los detallistas, provocó gastos mayores en faltantes y en sobrantes de producto debido a que no se analizaba el comportamiento histórico de la demanda. Evolucionando a desarrollar un modelo de inventarios, donde el lote económico a ordenar y el punto de reordenamiento sean actualizados en base a un análisis de pronósticos que estime con

precisión mediante un modelo matemático, el patrón, promedio y variabilidad de cada producto [26].

Hoy en día, el análisis de los datos ha marcado una nueva tendencia dentro de las organizaciones, creando un concepto llamado Inteligencia de Negocios donde con ayuda de sistemas de información es posible identificar alguna relación entre variables, patrones de comportamiento, entre otros. Con la finalidad de llegar a un proceso donde se encuentre involucrada una toma de decisiones, por ejemplo, desarrollar nuevas estrategias para satisfacer el mercado. Como consecuencia, fusionar la inteligencia de negocios con modelos de regresión puede llegar a un pronóstico más cercano a la demanda real y de esta manera evitar conflictos entre las áreas de producción y ventas [21].

En esta tesis se trabajó en el diseño y prueba de un modelo para la gestión de inventarios para Pyme, creado a partir de un análisis de patrones y variabilidad en el comportamiento de datos históricos de una familia de productos, así como de modelos teóricos existentes que cumplan las restricciones y condiciones actuales de la empresa comercializadora a estudiar. Dando como resultado un modelo matemático que explique el comportamiento del pronóstico de la demanda, para de esta manera determinar con qué frecuencia es necesario actualizar el lote a ordenar y el punto de reordenamiento de cada producto.

De manera general, esta investigación se desarrolla mediante una metodología documentada de Tamayo y Tamayo. Se incluyen apartados para la definición del tema de investigación, planteamiento de problema de investigación, elaboración del marco teórico, metodología y presentación del informe. Dentro de la metodología se determinaron una serie de pasos a seguir para la creación del modelo de inventarios para el caso de la empresa comercializadora "RGD Corp." tomando en cuenta datos históricos y restricciones de la misma para posteriormente realizar los cálculos correspondientes.

La estructura de este documento se conforma de siete secciones exceptuando la actual. Primero con una descripción y definición de la problemática a resolver a lo largo de la presente investigación. Más adelante, se presentan los objetivos específicos a cumplir con esta propuesta. Así mismo, la siguiente sección consta del planteamiento de un juego de hipótesis a comprobar. Para más tarde presentar el marco teórico que servirá como fundamento y soporte a la tesis. Y finalmente se propone una metodología a seguir para realizar la investigación, junto con un informe de recomendaciones y conclusiones.

1.1 Definición del Problema

Bajo un entorno de competencia y globalización, donde las empresas que conforman la cadena de suministro son de todos tamaños, hacen de su integración logística una de las áreas de oportunidad para mejoras en el desempeño operacional, de inventarios, manejo de información, entre otros.

Determinando que las Pymes, debido a su impacto directo en el PIB, ponen en riesgo el crecimiento económico del país.

Dentro de las Pymes del sector comercial, únicamente el costo de mantener los inventarios representa entre un 10 y 15% de las ventas totales, y entre un 10 y 25% del valor propio de los inventarios. Razón por la cual ha pasado de ser un costo fijo a ser una situación problemática, que en las grandes empresas es determinada como un foco importante para la reducción y mejora continua. Por lo tanto, como consecuencia para las Pymes, debe de ser un indicador clave para la obtención de una utilidad significativa. Aquellas empresas que han logrado reducir los montos que gastan en los inventarios y sus costos aledaños, han llegado a ofrecer un precio más competitivo al consumidor o una mejora significativa en el rendimiento financiero.

De forma detallada se definen cada uno de los factores que afectan directamente al rezago de las pequeñas empresas en la cadena de abastecimiento. La tendencia de evolución de esta brecha es decreciente gracias a que las Pymes van teniendo un mayor peso dentro de la "complementariedad dinámica". Aportando a las grandes empresas mayor flexibilidad y velocidad de respuesta a cambios en los requerimientos tecnológicos del mercado que no puede cubrir con la infraestructura existente.

Es necesario que las empresas de comercio tradicional actualicen sus metodologías para cumplir los estándares en los niveles de calidad, eficiencia y efectividad a lo largo de la integración de los procesos internos entre proveedores y clientes a través de la cadena de suministro [7]. A partir de lo mencionado, se han identificado las siguientes problemáticas con su respectiva área de oportunidad:

Ausencia Estandarización en Pymes

En México existen Pymes que se resisten a dar el cambio ya sea tecnológico como de procesos o cultural. Esto se refleja directamente en la falta de procedimientos estandarizados, de una estructura organizada con roles y responsabilidades bien definidos, de programas y de planificación a corto, mediano y largo plazo. Encontrando que el punto clave del desempeño económico de una Pyme está directamente vinculado con su gestión y eficacia [26].

Análisis tradicional de los datos

Tan sólo el 64% de las empresas tradicionales cuentan con herramientas para analizar datos históricos, comportamientos y patrones para la toma de decisiones requiere de gran inversión de tiempo, puesto que en promedio la mayoría de las empresas se basan únicamente en la experiencia y conocimiento del tomador de decisiones. En ocasiones sin contar con indicadores clave, ni con la segmentación de clientes necesaria y mucho menos con la infraestructura tecnológica para recolectar datos confiables (Figura 1). Tan sólo el 32% de las empresas en México cuentan con

sistemas de TI para el pronóstico de la demanda, obstaculizando el que tengan un panorama claro en la toma de decisiones dejando pasar oportunidades de mejora.

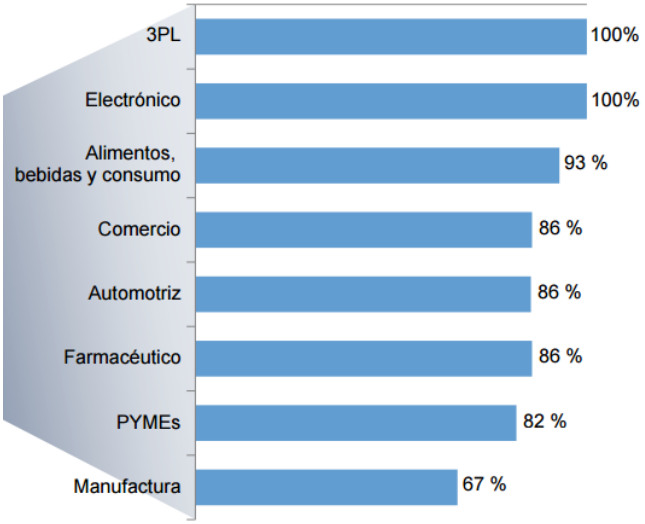


Figura 1. Gráfico de empresas que segmentan clientes para mejora de servicio [32]

Ausencia de visión sobre la cadena de suministro completa

Distintas empresas involucradas a lo largo de la cadena de suministro no cuentan con una visión sistemática de la misma. Dando importancia únicamente lo que repercute directamente a la empresa misma y sus alrededores. Sin tomar en cuenta la cantidad de contratiempos y costos que son generados a partir de la variabilidad de la demanda en todos los integrantes de la cadena [18], Un factor clave, son los lotes o cantidades de material requeridos y surtidos, tomando en cuenta información proveniente tanto del proveedor como del cliente. Existe un área de oportunidad para la integración de sistemas que permitan contar con una estrategia aplicable en tiempo real a lo largo de toda la cadena con el fin de realizar pronósticos y mejorar los procesos, realizando aún procesos de la cadena de suministro de manera manual. [32]

Desconocimiento sobre gestión de inventarios

Empresas exitosas han demostrado con el paso del tiempo que la administración inventarios en una organización del sector industrial, comercial o de servicios es una problemática que requiere de una mejora continua. Por consiguiente, el desconocimiento que las Pymes tienen sobre modelos de inventarios o modelos de regresión para la reducción de niveles de inventarios y sus costos derivados, es una desventaja existente ante la variabilidad en la demanda. Es importante mencionar que el 50% de las empresas cuentan con un sistema para el control de inventarios hecho en casa [32]. Traduciendo las fallas en el desorden que existe en las Pymes respecto a la priorización, sin

tomar en cuenta el gasto representativo al que se incurre en sobrantes, faltantes, obsolescencia, entre otros.

1.2 Objetivo de la Investigación

Desarrollar y documentar una metodología para establecer una política inicial de inventarios, basada en la determinación de un punto de equilibrio entre la oferta y la demanda, dadas las condiciones de una Pyme.

Con la aplicación del modelo de inventarios se busca que las Pymes del sector comercio mejoren el nivel de servicio y reduzcan los costos de mantenimiento de los productos existentes en el almacén, esto es posible a través del logro de cuatro objetivos principales que son:

- Reducir las pérdidas por mercancía obsoleta, causada por los sobrantes de producto.
- Crear un punto de partida para la gestión de inventarios en una Pyme.
- Reducir el costo total del sistema de inventarios actual.
- Agregar valor en las operaciones logísticas dentro de los roles de una Pyme a lo largo de la cadena de suministro.

1.3 Alcance de la investigación

La investigación se limita al desarrollo y documentación de un modelo de inventarios que apoye el proceso de compras y control de inventarios en el almacén de una Pyme, utilizando indicadores básicos económicos y técnicas para la gestión de inventarios. También se presenta un caso de estudio práctico y real en la industria comercial, donde se aplica un análisis para la selección de la familia de productos con mayor impacto económico y una modelación apegada a la teoría.

La parte práctica del caso de estudio corresponde a la recolección de información en una Pyme del sector comercial, donde los datos que se presentan son representativos de la situación real. La implementación en la práctica no se incluye dentro de la investigación, desarrollando únicamente la propuesta de una política de inventarios.

1.4 Beneficios Potenciales

La documentación del presente proyecto permite:

- Definir los principios y elementos de la cadena de suministro, que permitan el desarrollo de proyectos logísticos para la gestión de inventarios dentro de las Pymes.

- Resaltar los beneficios de contar con punto de equilibrio entre oferta y demanda para determinar los sistemas de inventarios y logística de una Pyme.

- Presentar a través del caso de estudio la forma de aplicación del modelo propuesto, comparando y simulando las herramientas seleccionadas.

- Motivar proyectos futuros de la aplicación del modelo y desarrollo de más completos modelos para la gestión avanzada de inventarios.

Capítulo 2

Marco Teórico

A continuación, se presenta a detalle una conceptualización que tiene como objetivo brindar un soporte teórico al modelo a diseñar. Para llevar a cabo esta propuesta es necesario dividir en subtemas para una mayor especialización en el desarrollo del modelo de inventarios resultante. Es necesario tomar en cuenta una descripción de conceptos generales de inventarios, cadena de suministro, gestión de inventarios y términos como logística que encuentran una relación.

Más adelante, las diferentes técnicas para la clasificación de inventarios, así como para el análisis de datos históricos de ventas con modelos de regresión. Así mismo, descripción detallada de distintos modelos para la gestión de inventarios con una comparativa, de tal forma que se pueda determinar el modelo que más se adapte a las condiciones de la empresa a estudiar.

2.1 Estratificación de empresas

En México existe una estratificación, de acuerdo con el INEGI, una empresa puede pertenecer, presentados en la Tabla 2.

Tabla 2. Estratificación de empresas en México [17]

	Micro			Pequeña			Mediana		
Sector	Personal	Rango de monto de ventas anuales (mdp)	Tope máximo combinado*	Personal	Rango de monto de ventas anuales (mdp)	Tope máximo combinado*	Personal	Rango de monto de ventas anuales (mdp)	Tope máximo combinado*
Industria	De 0 a 10	Hasta $4	4.6	De 11 a 50	Desde $4.01 hasta $100	95	De 51 a 250	Desde $100.1 hasta $250	250
Comercio	De 0 a 10	Hasta $4	4.6	De 11 a 30	Desde $4.01 hasta $100	93	De 31 a 100	Desde $100.1 hasta $250	235
Servicios	De 0 a 10	Hasta $4	4.6	De 11 a 50	Desde $4.01 hasta $100	95	De 51 a 100	Desde $100.1 hasta $250	235

Podemos observar como las empresas pueden ejercer dentro de un conjunto de sectores: comercio, industria y servicios. El sector de comercio abarca todas aquellas empresas que se dedican a la compra y venta de bienes. El sector de industria cubre a las compañías que realizan transformación de materia prima en productos terminados, consumibles o nuevo material a procesar. Y finalmente el sector de servicios son aquellas que prestan un servicio [17].

Volumen de ventas y operaciones

Podemos observar en la Tabla 2 la clasificación de empresas de acuerdo al volumen de ventas en micro, pequeña o mediana. En el caso de las microempresas el volumen de ventas es hasta $4 millones de pesos (mdp) anuales, las pequeñas empresas van de $4.01 hasta $100 mdp anuales y las medianas de los $100.01 a los $250 mdp anuales. Además, pueden ser categorizadas de acuerdo al volumen de operaciones, las microempresas cuentan con menos de 11 empleados laborando, las pequeñas cuentan entre 11 y 50 empleados trabajando, y las medianas empresas van de los 51 a los 100 empleados en los sectores de comercio y servicios, y para el sector industrial de 51 a los 250 empleados [17].

Naturaleza de empresas comercializadoras

Para cada empresa existen diferentes tipos de naturaleza de actividades, ya sea importadora, exportadora o distribuidora. La primera naturaleza importadora, son aquellas empresas que compran bienes en otros países para comercializarlo en el mercado nacional. Por el contrario, las empresas exportadoras, son aquellas que compran o producen los productos en tierras nacionales para comercializarlo en mercado extranjero. Y las empresas distribuidoras se dedican a la compra de bienes al por mayor, vendiéndolos a empresas pequeñas que son las que tienen el contacto con el consumidor final. [29]

Rol de Pymes en Economía

En el país como en el mundo, las Pymes han tomado un papel clave en la economía internacional gracias a que más del 90% de las empresas son micro, pequeñas y medianas; representando el sector de la economía que aporta el mayor número de unidades económicas y más del 50% del empleo. En México, la aportación económica de las Pymes genera el 72% del empleo y contribuye cerca del 52 % del Producto Interno Bruto (PIB). Además, representa un eje central de la economía en el país, ya que el Gobierno Federal ha tomado la decisión de realizar acuerdos comerciales y talleres para elevar la competitividad en procesos logísticos y gestión de la cadena de suministro. [8]

Debido a la importancia de las Pymes en la economía nacional, el nivel de buenas prácticas a lo largo de la cadena de suministro marca una diferencia significativa en el beneficio obtenido en ingresos y utilidades. La Secretaría de Economía en México [31] determinó cuatro niveles dentro de las prácticas de excelencia con la finalidad de analizar indicadores que los posicionen en cualquiera de los siguientes niveles: Básico, Estándar, Avanzado y de Clase Mundial. Cabe señalar que las Pymes en México se encuentran ubicadas en un nivel Estándar con proyección de crecimiento en un periodo de dos años (Figura 2). Demostrando que gracias a los proyectos de integración de las mismas al mundo empresarial competitivo y a las herramientas de TI en conjunto con las buenas prácticas tomadas de empresas exitosas es aquello que puede incrementar el rendimiento dentro de la cadena de suministro.

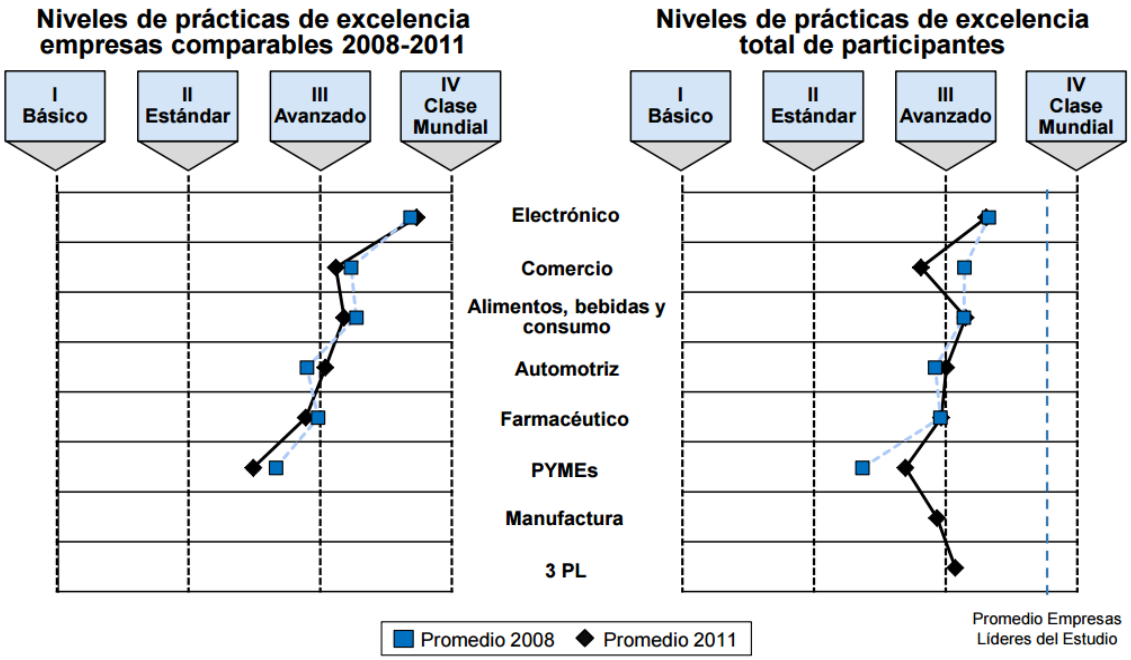


Figura 2. Comparativa niveles de prácticas de excelencia empresas en México [31]

Dado a lo anterior mencionado, las Pymes son un punto clave a mejorar, presentando barreras a su desarrollo en distintos ámbitos como la falta de infraestructura adecuada para obtener un desempeño óptimo, acceso limitado a fondos de capital para préstamos, ausencia de estructura en los impuestos, entre otros. Estas barreras son aquellas que provocan que un alto porcentaje de las Pymes fracasen o cuenten con un periodo de vida menor a los 5 años. Razón por la cual el gobierno en este punto juega un rol importante para determinar el crecimiento y apoyo a los emprendedores o dueños de las Pymes. [19]

En México, durante los últimos 30 años se fue creando la base de la economía, en su mayoría conformada por Pymes de giro tradicional. No obstante, con el paso del tiempo a pesar de seguir contando con un nivel representativo de influencia en indicadores clave de la economía del país, se han perfeccionado programas que tienen como objetivo principal desarrollar tecnológicamente e intelectualmente estas Pymes. Actualmente, el objetivo es lograr que tengan acceso a la información mediante talleres básicos administrativos y logísticos, ya que la globalización va incluyendo todo tipo de empresas en la cadena de suministro. Por ejemplo, en países de primer mundo como Estados Unidos la tasa de fracaso de este tipo de empresas es menos, esto gracias a que la base de su crecimiento es la innovación y la tecnología, permitiendo que el flujo de información y productos en la cadena de valor sea constante y estable. [19]

2.2 Cadenas de Suministro y Logística

La cadena de suministro es determinada de múltiples puntos de vista dependiendo del área en la cual se desenvuelva, en este caso el más general la define como un conjunto de empresas directamente relacionadas por uno o más flujos ascendentes (*Upstream*) o descendentes (*Downstream*) que pueden contener productos, servicios, información y finanzas de un proveedor al cliente o viceversa [35].

Por el otro lado, un elemento altamente vinculado e inmerso a lo largo de toda la cadena de suministro es la Logística, definido como la combinación perfecta de almacenaje, transporte y distribución necesarios para entregar el producto correcto, en la cantidad, lugar y tiempo correcto con la calidad y documentación correcta [34].

Un producto o servicio es entregado al consumidor final gracias a la combinación perfecta entre la cadena de suministro y la logística. Actualmente, han surgido diferentes modelos de negocio que han revolucionado la forma de entrega de estos bienes. No obstante, la logística sigue teniendo el mismo objetivo, que junto con la cadena de suministro llegan a involucrar a todas las partes interesadas, con la finalidad de que el producto o servicio llegue de la forma más rápida al menor costo agregando el mayor valor agregado posible al cliente [10].

Componentes en la Cadena de Suministro

Esta cadena de suministro está compuesta de manera general por un proveedor de materia prima, una fábrica, un centro de distribución, un mayorista, un minorista, servicios de transporte y finalmente el consumidor. Como podemos observar en la Figura 3 el flujo de los productos, información o finanzas normalmente es en una dirección, hacia el consumidor. No obstante, en los últimos años ha nacido un nuevo concepto que es la logística inversa, encargada del flujo hacía el integrante necesario por cuestiones de defectos y errores en los bienes [35].

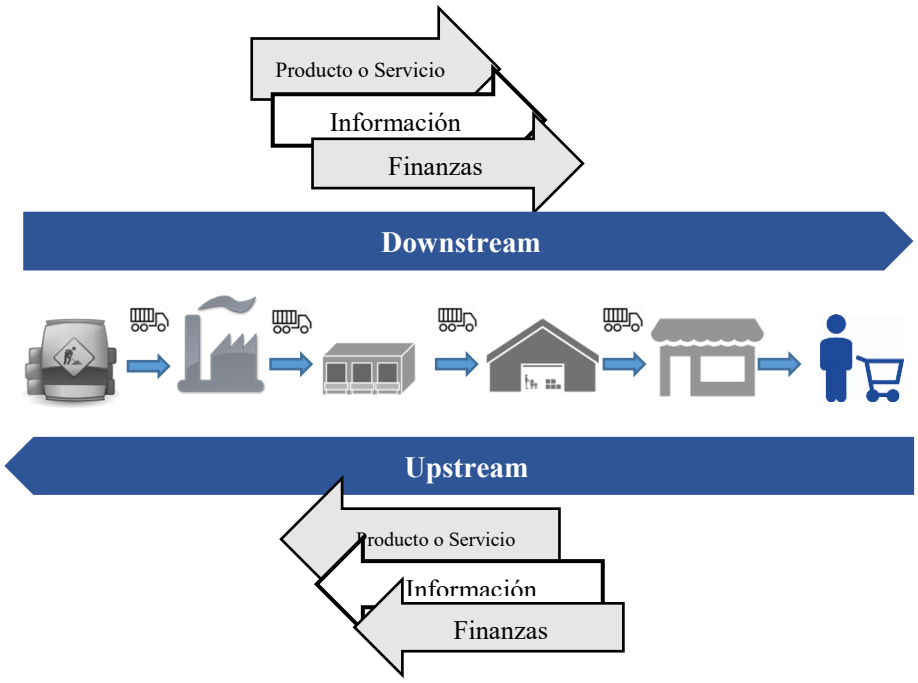


Figura 3. Componentes de la Cadena de Suministro [35]

A partir de lo anterior mencionado, se llega a lo que hoy ha tomado mayor importancia, la gestión de la cadena de suministro. Se ha demostrado mediante diferentes maneras que un trabajo coordinado, integrado y alineado tiene mejores resultados para todos los que conforman la cadena. Un claro ejemplo es el caso de Wal-Mart. Quien, en los últimos años se dedicó a invertir gran parte de su capital en transporte e infraestructura de información. El funcionar como punto de contacto con el consumidor le ha permitido integrar con ayuda de sistemas de información las partes interesadas en la cadena de suministro. Así mismo, se ha encargado de compartir la información con el objetivo de que todos tengan conocimiento y les permita programar la producción o entrega de acuerdo a la demanda real de algún producto o servicio [10].

Para un mayor entendimiento, es necesario explicar a detalle el ejemplo mencionado. Primero que nada, *Wal-Mart* provee el producto, precio e información de disponibilidad al cliente; más adelante el consumidor transfiere los fondos a *Wal-Mart*, y esto permite que pueda ser transmitida en tiempo real la información de punto de ventas y la orden de reposición al almacén o al distribuidor. Estos dos últimos actores transfieren de regreso la orden de reposición vía terrestre. *Wal-Mart* transfiere los fondos destinados a la orden de reposición al distribuidor, para lo cual el distribuidor provee precios y fechas de entrega a *Wal-Mart*. Finalmente, mercancía con defectos puede ser devuelta para reciclaje [10].

2.2.1 Conductores del rendimiento en la Cadena de Suministro

Existen diferentes puntos de vista entre autores que sugieren tomar en cuenta conductores que interactúan para determinar el desempeño a lo largo de toda la cadena de suministro en términos de costos, sensibilidad de respuesta y eficiencia. En este caso, se encuentran la localización física de las facilidades, inventarios, transportación, información, abastecimiento y estimación de precios. El objetivo de estos conductores es encontrar la forma de estructurarlos de tal manera que se pueda llegar al nivel deseado de velocidad de respuesta al menor costo posible [10].

Instalaciones

Primero que nada, la localización física de la infraestructura abarca toda estrategia geográfica que permita ubicar, comprar, administrar o rentar eficientemente los lugares donde se encontrarán los almacenes, puntos de consumo, etc. Por ejemplo, *Amazon*, incrementó el número de facilidades de almacenamiento ubicados cerca de los clientes, mejorando notablemente su velocidad de respuesta. En el caso contrario, *Blockbuster*, por cuestiones financieras fue cerrando tiendas, tendiendo impacto directo en su atención al cliente [10].

Inventarios

Los inventarios, toma en cuenta toda materia prima, producto en proceso y producto terminado que se mueve dentro de la cadena de suministro. Debido a que el inventario representa para cada empresa un activo, va a requerir de un capital financiero para la compra del mismo. Por lo tanto, cambiar drásticamente las políticas de inventario, puede alterar la eficiencia y velocidad de respuesta de la cadena. Un claro ejemplo es el de *Grainger*, proveedora estadounidense de consumibles y herramientas para la industria, que buscó la mejor velocidad de respuesta comprando montos grandes de inventario para poder satisfacer la demanda, esta estrategia reduce significativamente la eficiencia de la empresa al incurrir en costos por almacenamiento, mantenimiento y manejo de los productos. A comparación del caso de la empresa Zara, quien se enfocó en un trabajo de tiempos cortos de entrega, de reabastecimiento y de desarrollo de nuevos productos; teniendo como resultado ambos factores en su punto óptimo, alta velocidad de respuesta a un costo bajo [10].

Transportación

La transportación se integra por todas las decisiones que se toman con la finalidad de actividades que son llevadas a cabo para mover el producto de un punto a otro dentro de la cadena de suministro, a través de medios propios o terceros, así como las rutas. Tomar las decisiones correctas para llegar al balance entre velocidad de respuesta y costo, puesto que se puede dejar a empresas terceras como *FedEx*, empresa estadounidense especialista en envíos, la logística con proveedores y clientes. Sin embargo, los niveles de los costos asociados se verán incrementados, reduciendo significativamente la eficiencia. En el otro caso, la empresa *Grainger* ha estructurado

la logística de transporte en base a todos los integrantes de la cadena de suministro, de tal manera que ofrecen un servicio de traslado del día siguiente utilizando transporte terrestre [10].

Información

Consiste en el análisis de los datos que respectan a las instalaciones, inventarios, transporte, costos, precios y clientes en toda la cadena de suministro. La información es considerada uno de los conductores potencialmente más grandes, que puede llevar a la cadena de suministro a sus más altos niveles de velocidad de respuesta a cambios en el mercado y eficiencia en el desempeño del servicio al cliente. Dos de los ejemplos más importantes son *Amazon* y *Oxxo*. Empresas que apostaron por tecnologías de información, en el caso de Oxxo, les permite encontrar un pronóstico de unidades a surtir más cercano a la demanda real, teniendo control total en la velocidad de respuesta a un bajo costo. En el caso de Amazon, invertir cerca de 2 billones de dólares en herramientas tecnológicas que permitan una integración, de tal forma que sus órdenes realizadas por los clientes puedan controlar los movimientos de productos en sus almacenes de manera automatizada e independiente [10].

Abastecimiento

Es la decisión sobre quién va a desempeñar cada actividad específicamente en la cadena de suministro, tal como producción, almacenamiento, transporte y gestión de la información. En un punto estratégico, las decisiones sobre que procesos y funciones van a ser desempeñadas por la empresa y su infraestructura, y cuales es factible que la realicen terceros bajo un contrato de nivel de servicio. Un caso de decisión sobre abastecimiento, es el de *Motorola*, quien decidió por ahorro en costos de manufactura mantener subcontratada su producción en plantas ubicadas en China, absorbiendo los incrementos de traslado del producto a otros países [10].

Costeo

Determina el valor monetario de los bienes o servicios entregados a lo largo de la cadena de suministro, para poder cumplir con el precio pactado al consumidor final. Usualmente el precio afecta el comportamiento del comprador, teniendo impacto directo en la cadena completa, en ocasiones pensando que el único afectado es el cliente directo. No obstante, para cada caso de lo que para el cliente sea más importante, la estrategia de balance entre tiempo de entrega y bajos costos puede ser modificada [10].

Cada uno de los conductores mencionados están compuestos por actividades logísticas, que a su vez la eficiencia con la que son realizadas cuenta con una variabilidad dependiendo de la organización o proveedor que la lleve a cabo y del nivel dentro de la cadena en la cual se esté realizando. Sin embargo, cada una de estas actividades tiene una serie de decisiones tomadas como respaldo permitiendo que existan dos tipos: actividades clave y actividades de apoyo [6].

Actividades Clave

Las actividades clave son aquellas que cuentan con una vitalidad para llevar a cabo el flujo de información o productos a lo largo de la cadena de suministro. Entre ellas:

a) Transporte y Distribución

Actividades relacionadas con el traslado y distribución de los productos de un punto a otro. Por ejemplo, la selección del modo de transporte, ruta, programación de vehículos, consolidación de flete, quejas, entre otras.

b) Manejo de Inventarios

Actividades afines con el movimiento de los productos ya sea internamente o hacia el exterior. Por ejemplo, establecimiento de políticas de surtido, estimación de ventas a corto plazo, definición de localización a cada producto, reacomodo, etc.

c) Estándares de Servicio al Cliente

Actividades vinculadas con la estandarización del nivel de servicio. Por ejemplo, necesidades y requerimientos del cliente para determinar la logística necesaria, fijar el nivel de servicio, determinar la respuesta del cliente al servicio, etc.

d) Flujo de Información y Procesamiento de Pedidos

Actividades necesarias para que el flujo de información entre empresas integrantes de la cadena de suministro no se vea afectada. Por ejemplo, reglas de pedido, estandarización de documentos, métodos de transmisión de la información, etc.

Actividades de Apoyo

Las actividades de apoyo son aquellas que funcionan como soporte a las actividades clave, no obstante, también juegan un rol relevante para la efectividad en la cadena de suministro. Entre ellas:

a) Almacenamiento

Actividades que llevan a cabo decisiones para determinar el espacio, localización de existencias actuales, alimentación de existencias al sistema, puntos de carga y descarga en almacén, entre otras.

b) Manejo de Materiales

Actividades que se enfocan en las políticas de reemplazo de equipo para manejo de inventarios, almacenamiento y recuperación de existencias, procedimiento para levantamiento de pedidos, etc.

c) Compras

Actividades para la selección de proveedores, determinación de momentos para realizar la compra y los tamaños de lote a ordenar.

d) Mantenimiento de Información

Actividades para el control del flujo de la información, análisis de datos históricos o en tiempo real existentes; recopilación, almacenamiento y manipulación de la información, entre otros.

e) Embalaje

Actividades para determinar la protección de los inventarios, procedimientos para el manejo y almacenamiento adecuado, procedimientos para el envío de mercancía a clientes, entre otros.

Estos dos grupos de actividades han sido segmentados porque algunas se llevarán a cabo en todos los canales logísticos en la cadena de suministro, mientras que otras por alguna empresa en particular. Las actividades clave contribuyen a la coordinación efectiva de las tareas que forman el camino crítico de la distribución de los productos, así como una aportación mayoritaria al costo total logístico [6].

2.2.2 Fases de la Gestión de la Cadena de Suministro

De acuerdo a Chopra y Meindl [10] la gestión de la cadena de suministro implica actividades ligadas a una serie de toma de decisiones, las cuales requieren de una evaluación y análisis de información incluida en indicadores del nivel de servicio. Diferentes autores proponen que la cadena de suministro en una empresa debe ser analizada y desarrollada desde un punto de vista integral. Teniendo en cuenta lo anterior, la cadena de suministro cuenta con tres fases para poder llevarse a cabo. Primero que nada, el Diseño o Estrategia de la cadena de suministro; más tarde la Planeación de la cadena de suministro; y finalmente, la Operación de la cadena de suministro.

Cada una de ellas contiene procesos y actividades clave, que requieren de un diseño estratégico, una planeación y una operación con altos niveles de eficiencia a través de las entidades que integran la cadena de suministro. A pesar de contener actividades diferentes, muchas de ellas pasan por las tres fases únicamente que son aplicadas en el área requerida.

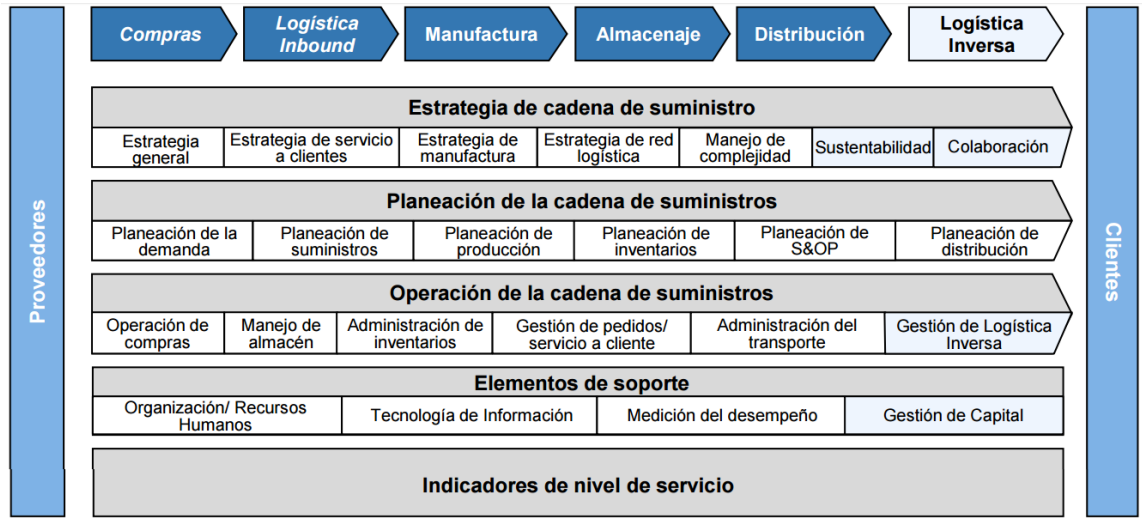


Figura 4. Visión integral de la cadena de suministro [10]

1) Diseño o Estrategia de la cadena de suministro

En esta fase se toman decisiones a largo plazo sobre la estrategia general, de servicio a clientes y de la red logística en los próximos años de la cadena, es decir, dónde se encontrarán localizados los recursos, puntos de abastecimiento, puntos de consumo, y que procesos desempeñará cada estación. Decisiones estratégicas pueden incluir el trabajar ciertos procesos por si mismos o buscar terceros (*outsourcing*) que lo hagan. Por ejemplo, decisiones sobre la capacidad y localización de la producción o almacenes, modos de distribución, tipos de sistemas de información a utilizar, entre otros.

2) Planeación de la cadena de suministro

Las decisiones tomadas durante la fase de planeación consideran un marco de tiempo de tres meses a un año, contemplando reparaciones detalles de la configuración de la cadena de suministro establecidos durante la fase estratégica. El objetivo de esta fase es maximizar el excedente de la cadena de suministro que se puede generar sobre el horizonte de planificación, dadas las limitaciones establecidas durante la fase estratégica o el diseño. Dentro de las actividades clave se encuentra la realización de pronósticos del año entrante, ya sea de demanda, precios, costos u otros factores importantes en el mercado. También incluye decisiones sobre qué mercados serán cubiertos con que ubicaciones, subcontratación de manufactura, políticas de inventarios, duración y alcance de promociones de precio.

La planeación logística de la cadena de suministro puede ser de tres tipos dependiendo del horizonte de tiempo en el que se lleve a cabo: estratégica, táctica y operativa. Por lo general, la planeación estratégica es considerada de largo alcance donde el horizonte de tiempo llega a ser

mayor a un año. La planeación táctica considera un horizonte de tiempo intermedio no mayor al año. Finalmente, la planeación operativa lleva a cabo toma de decisiones de corto alcance con frecuencia diaria o cada hora. En consecuencia, cada planeación requiere una perspectiva de abordaje distinta. Por ejemplo, la información en una planeación estratégica es incompleta o imprecisa, manejando datos promedio buscando la optimalidad en las soluciones. Sin embargo, la planeación operativa trabaja con información de mayor precisión, requiriendo metodologías que puedan manejar la gran cantidad de datos [6].

La planeación logística de la cadena de suministro cuenta con cuatro áreas clave interrelacionadas entre sí: niveles de servicio al cliente, ubicación de instalaciones, decisiones de inventario y decisiones de transportación (Figura 5).

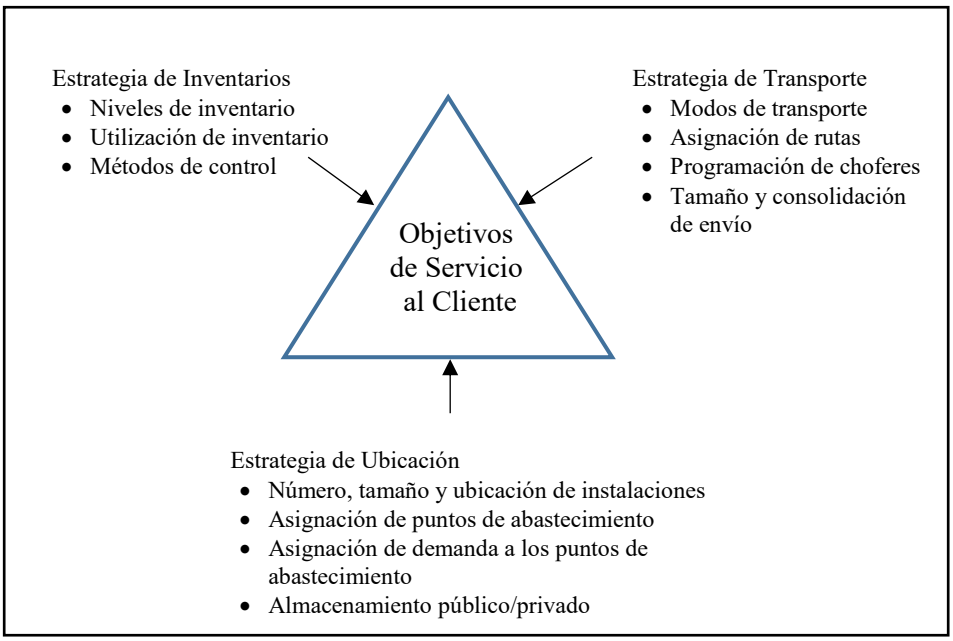


Figura 5. Triángulo de la toma de decisiones logísticas [6]

Objetivos de servicio al cliente

Las decisiones logísticas para incrementar la eficiencia tienen relación directa con el nivel determinado de servicio al cliente, porque el diseño del sistema debe estar basado en estrategias que cumplan con los estándares de servicio. Usualmente los bajos niveles de servicio es un reflejo de inventarios centralizados en ciertas ubicaciones, así como el uso de medios de transporte menos costos sacrificando el tiempo de respuesta y la flexibilidad ante los cambios en el mercado. Por el contrario, para llegar a tener altos niveles de servicio, los costos logísticos se elevarán a razones exponenciales dependiendo de qué tan cercano al 100% quiere la empresa que se acerque el nivel de respuesta. Es relevante mencionar que las empresas tienen que tomar la decisión de hasta qué punto los costos incurridos en la parte logística son cubiertos con la utilidad obtenida de la venta de los productos [6].

Estrategia de ubicación de instalaciones

En esta área la determinación de la localización geográfica de los puntos de abastecimiento para una mejor planeación logística. Establecer el número de ubicaciones, localización exacta, tamaño y capacidad de la ubicación y la asignación de la demanda a satisfacer por medio de rutas de entrega. Siempre debe de tener como objetivo la continua reducción de los costos de distribución totales, a través de asignaciones con los menores costos posibles o los que mayor utilidad proyecten, tomando como base costos asociados al manejo, transporte, mantenimiento, infraestructura, etc. [6]

Decisiones de inventario

Las decisiones que hacen referencia al manejo de inventarios, entre las cuales figura desde la planeación y cálculo de pronósticos de demanda, hasta la asignación de inventarios a puntos de abastecimiento, ya sean entradas o salidas; la ubicación y ordenamiento de productos en el almacén; la administración de niveles de inventario mediante el uso de diferentes métodos y políticas para el control de los inventarios. Tomando en cuenta los factores señalados, debe de considerarse dentro de una etapa de planeación de la estrategia logística [6].

Estrategia de transporte

Dentro de las decisiones a tomar dentro de la estrategia de transporte se encuentran la selección del modo de transporte, tamaño de los envíos, establecimiento y programación de las rutas. Partiendo todas las decisiones de la cercanía de los almacenes a los clientes, se puede determinar un cierto nivel de servicio al cliente. Sin embargo, la estrategia de transporte es necesario que considere un equilibrio entre costos y beneficios obtenidos dependiendo de las capacidades de la empresa [6].

3) Operación de la cadena de suministro

El horizonte de tiempo es el día a día de la cadena de suministro. Las decisiones giran en torno a las órdenes de los clientes. La configuración de la cadena de suministro es considerada reparada, y las políticas de planeación se encuentran definidas. El objetivo de esta fase de la cadena es manejar de la mejor forma posible las órdenes de los clientes. La incertidumbre existente sobre información de la demanda en las decisiones es baja, debido a que son tomadas en un término corto.

Para una mejor toma de decisiones es importante enfocar un objetivo de tiempo en el cual se esperarán los resultados. Las fases previamente mencionadas abren el panorama a poder enfocar el resultado de la propuesta de la tesis en alguna de ellas. El modelo propuesto, a pesar de esperar ser una decisión plenamente de operación, requiere de un diseño y estrategia a lo largo de toda la

cadena de suministro, esto debido al análisis previo que es necesario realizar para determinar las cantidades de producto a ordenar de cada integrante.

2.2.3 Puntos Clave para la Integración de la Cadena de Suministro

Como se mencionó en el apartado anterior, existen dos flujos, que a lo largo de toda la cadena de suministro tienen presencia con exactamente el mismo peso en importancia, bienes/servicios e información (incluye las finanzas). En consecuencia, se puede deducir, que el poner especial atención en generar un alto nivel de integración, involucra un incremento en la comunicación y coordinación de las actividades logísticas de la empresa con sus proveedores y clientes. La coordinación, colaboración y cooperación son tiene como objetivo mejorar la eficiencia total de la cadena de suministro a través de una planeación, pronósticos y resurtidos colaborativos [27].

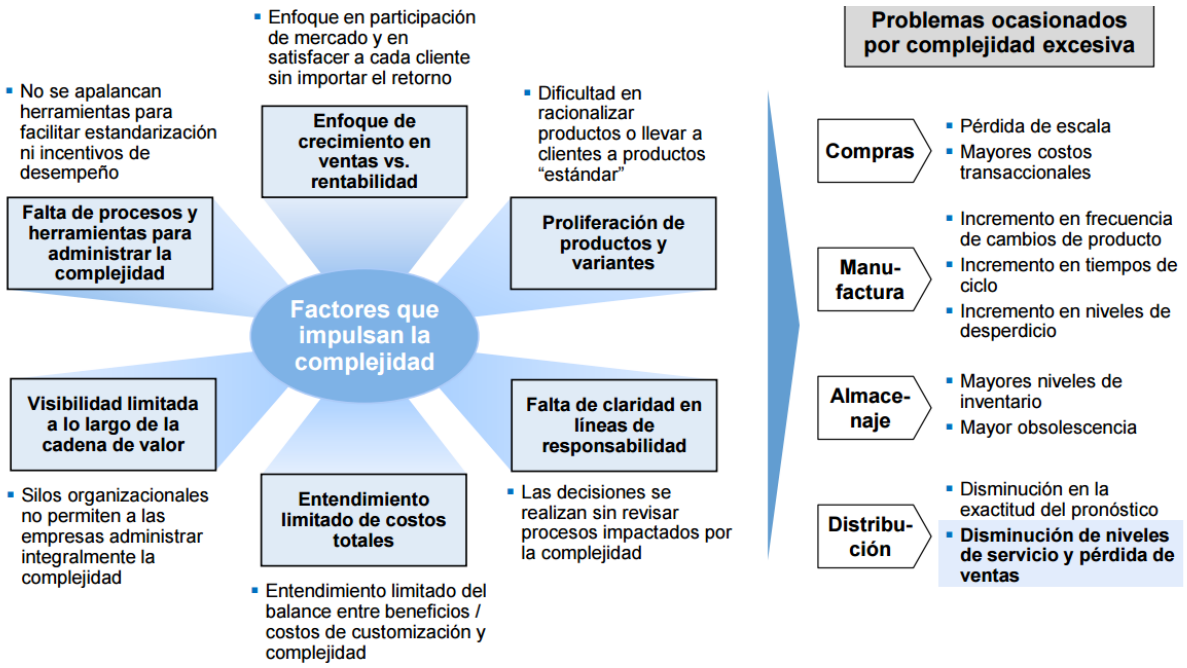


Figura 6. Factores impulsores de la complejidad [27]

Por un lado, la integración logística hace referencia a distintas prácticas y actividades operacionales para coordinar el flujo de materiales del proveedor al consumidor final a lo largo de la cadena de valor. Por el otro lado, la integración de la información se refiere a compartir información clave a lo largo de la red de empresas inmersas en la cadena de suministro habilitada por la Tecnología de Información (TI), con el objetivo de entregar un producto terminado al consumidor final con el mayor valor agregado posible al menor costo.

Los objetivos del acceso inmediato a la información es la transmisión en tiempo real de datos para la toma de decisiones, llevando así a una reducción en costos, inventarios sobrantes, inventarios faltantes, tiempos de entrega, tamaño de lote a ordenar, entre otros [27]. Al permitir el acceso a la información, es posible realizar las entregas a tiempo, por lo tanto existe una probabilidad menor de sufrir el efecto "*bullwhip*" y llenarse de inventario sin tener la demanda suficiente. Así también, compartir la información sobre el comportamiento de la demanda en tiempo real da como resultado una mejor planeación de inventario a todos los miembros de la cadena de suministro [13].

Es importante mencionar que para lograr una integración completa de la cadena de suministro se requiere que todos los involucrados busquen el mismo objetivo de agregar el mayor valor posible al producto terminado directo al consumidor final, al menor costo posible. Tomando en cuenta que hace referencia a una especie de alianza estratégica mejor conocida como una "relación bajo un propósito común", involucrando competencias interpersonales e interorganizacionales como la confianza, compromiso, credibilidad, comunicación, entre otros [39].

Gran parte de las empresas tienen conocimiento de conceptos básicos para entender los beneficios de formar estos vínculos estratégicos. Sin embargo, un alto porcentaje de las Pymes con un giro tradicional no cuentan con esta visión de compartir información, pues piensan que los beneficios que obtiene su cliente dependen directamente de su proveedor directo y de su mercado de clientes mismo. Con el paso del tiempo, México ha estructurado gran parte de los programas de apoyo a empresas apuntando directamente a las Pymes, por lo que se ha demostrado madurez laboral con el objetivo de tener una relación ganar-ganar con la totalidad de sus proveedores y clientes integrantes de la cadena de valor [8].

2.2.4 Pymes dentro de Cadenas de Suministro en México

La globalización, los desarrollos tecnológicos y el crecimiento acelerado de los mercados han permitido que exista una convergencia entre todo tipo y tamaño de empresas, con el objetivo de tener flexibilidad ante el cambio y una velocidad de respuesta al mercado inmediata. Es a partir de esto, que surge el concepto de "complementariedad dinámica" como nueva forma de incrementar las capacidades tanto en la manufactura, como en la distribución y procesos internos [7].

La denominada "complementariedad dinámica" cuenta con un alto nivel de complejidad, ya que para poder alinear e integrar los modelos de gestión logística y de cadena de suministro entre una Pyme y una empresa grande en México, es necesario que ambas partes cumplan cierto nivel de integración de la información. Esto quiere decir que es necesario contar con información de manera electrónica, estandarización de los procesos involucrados, así como la definición de áreas y responsabilidades. Por consiguiente, la brecha que existe en cuestiones tecnológicas, culturales, estructurales y económicas es aquella que limita esta interacción empresarial [8].

Problemáticas para la integración de Pymes en la Cadena de Suministro

A causa del tamaño y falta de recursos económicos, es común que dentro de una Pyme los empleados lleven a cabo actividades de distintas áreas, de las cuales algunas no son expertos en el tema; puesto que el mismo personal que toma las decisiones también ejercen un rol importante en la planeación financiera, de producción, administración de los recursos humanos y de comercialización, entre otras. Teniendo como consecuencia una problemática en el desarrollo de actividades logísticas de baja calidad debido a la falta de preparación técnica, así como la aplicación incorrecta del concepto de cadena de suministro [13].

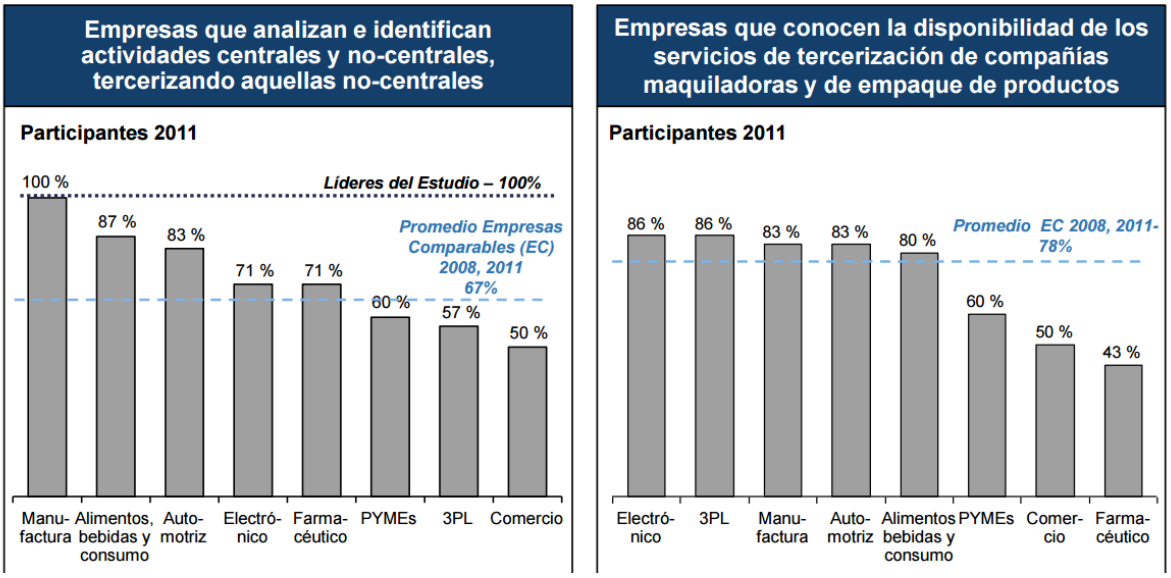


Figura 7. Gráfico de tercerización de actividades en México [31]

Cabe señalar que una razón, por la que las Pymes entregan acciones logísticas de baja calidad, es debido al desconocimiento y falta de identificación de las actividades centrales y no centrales, para establecer cuáles deben ser desempeñadas por la empresa misma y cuáles pueden ser delegadas a terceros especializados en el área (Figura 7) [31].

Por otro lado, existen diversos obstáculos que afectan el desempeño de las Pymes, entre ellos está la competitividad, acceso limitado a la información, opciones de financiamiento limitadas y poco costeables, suministro inadecuado de servicios públicos, acceso limitado a redes de contacto para incentivar la competitividad. Reflejando los siguientes indicadores vitales para la cadena de abastecimiento: entrega de productos con baja calidad, entregas tardías o no existen entregas de producto en su cadena de suministro, diferencias físicas en producto entregado, entre otros [13].

Gestión Logística de Pymes en Cadenas de Suministro

Existe un modelo para la gestión logística que identifica, un primer ciclo, integrado por las áreas y procesos producción, ventas y logística; un segundo ciclo que incluye la planeación de materiales, la gestión de inventarios y almacenamiento de materia prima, el plan de compras y pedidos al proveedor; mientras que el tercer ciclo tiene como eje el plan de ventas y propiamente la ejecución del mismo. Teniendo como desventaja que aborda puntos similares en los tres ciclos mencionados, haciéndolo redundante y tardado en determinar. Así mismo, la interrelación entre cada una de las áreas de interés es débil, lo que implica una desintegración total del sistema y un reto cuando se pretende adoptar para mejorar la competitividad de una Pyme [8].

Razón por la cual nace el siguiente modelo conceptual propuesto por Cano, Orue, Marínez, Mayett y López [8] para la gestión logística en una Pyme mostrado en la Figura 8. Ofreciendo una solución integral para la administración de cuatro de las áreas más importantes: Inventarios, Almacenamiento, Producción y Distribución, así como la aplicación de las herramientas que mejorarán el desempeño logístico de la cadena de suministro.

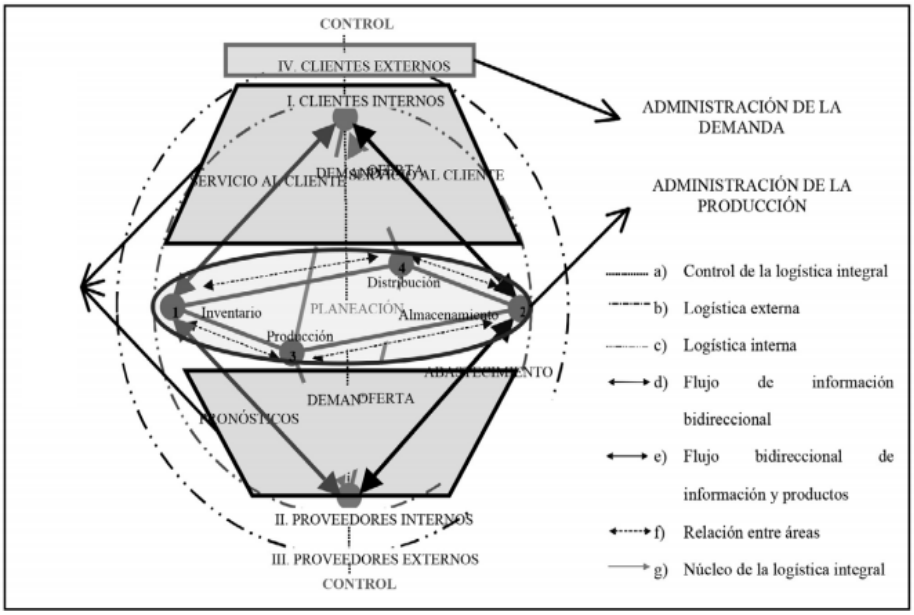


Figura 8. Diseño de un modelo conceptual de gestión logística para Pyme [8]

El funcionamiento de dicho modelo se conforma de los siguientes componentes:

1) Inventarios: Área con el objetivo de establecer a través de modelos cuantitativos, en ocasiones incluidos dentro de algún sistema de Tecnología de Información, cuánto y cuándo pedir los materiales.

2) Almacenamiento: Área con el objetivo de trabajar bajo el sustento de buenas prácticas y metodologías para el resguardo y control eficiente de las materias primas, producto terminado o consumibles.

3) Producción: Área con el objetivo de trabajar bajo un programa maestro de la producción el cual tendrá que satisfacer los requerimientos del mercado/cliente en tiempo, cantidad y calidad. Es necesario identificar las herramientas necesarias y factibles de mejora continua de aplicación en el proceso de transformación de bienes y del inventario en proceso.

4) Distribución: una alta capacidad de respuesta al cliente al más bajo costo es el objetivo de esta área; esto implica crear valor en la cadena de suministro a través de la optimización del nivel de inventario de producto terminado, así como de tiempo en la transportación y entrega del mismo.

La Logística Interna (c) es nombrada de esta forma debido a que el flujo de productos, resultados o información transmitido no sale de ningún proceso interno de la organización. Por lo que se lleva a cabo entre miembros de la misma organización, tomando uno el papel de Cliente Interno (I) recibiendo el resultado de un proceso anterior de un Proveedor Interno (II), para posteriormente pasar a ser proveedor interno del siguiente proceso, y así sucesivamente.

Los Proveedores Externos (III) son aquellas empresas que abastecen la materia prima a la empresa, con la finalidad de llevar a cabo los procesos involucrados. Por un lado, el Cliente Externo (IV) es aquel socio estratégico fuera de la organización que decide si adquirir los bienes de la empresa de entre la oferta existente en el mercado. Por lo tanto, la empresa como tal, debe enfocar gran parte sus recursos de manera continua en ellos, para captar y fomentar relaciones a largo plazo. Sin embargo, antes de asegurar un nivel de servicio determinado es necesario realizar una evaluación y selección de proveedores externos que garanticen el abastecimiento en el momento deseado de insumos, materiales o productos de calidad, con el objetivo de lograr la satisfacción de los clientes internos y externos.

A partir del proceso mencionado anteriormente, nace la Logística Externa (b); sin embargo, para que esta pueda ser eficiente es necesario el funcionamiento indispensable de la Logística Interna (c). El eje del modelo es el flujo sincronizado y paralelo de información proveniente de clientes de

la empresa a proveedores y viceversa (g); es decir, la demanda da inicio en los Clientes Externos y la oferta en los Proveedores Externos.

Los flujos de información y productos (d,e) a partir del eje (g) generan la demanda pronosticada a través de las ventas históricas y el abastecimiento de los materiales necesarios en el tiempo y forma; éstos a su vez realizan una función de soporte para dar inicio a la planeación de las cuatro áreas principales del modelo (Inventarios, Almacenamiento, Producción, Distribución). Al mismo tiempo es importante manejar una interrelación (f), planeación y control (a) que tenga impacto directo en el nivel de servicio al cliente de la empresa mediante los flujos de información y productos (d y e) del sistema.

Finalmente, las dimensiones que se han identificado para dar respuesta a la estructura del modelo conceptual de gestión logística para Pyme son: compras, abastecimiento de materiales, producción, distribución, servicio al cliente y, por último, flujo de información [8]. En el caso particular de la tesis, en esta sección se demuestra la importancia que tienen los inventarios en las Pymes, siendo un componente fundamental para el desarrollo del modelo explicado. En consecuencia, debido a que los causantes que dan lugar a los costos generados por los inventarios no pueden ser suprimidos en su totalidad, una de las opciones con altos niveles de confiabilidad es aplicar sistemas óptimos de gestión y control con el objetivo de balancear la demanda con el producto ordenado [26].

Una de las situaciones que generan una mayor complejidad en la mayoría de las Pymes, es el cálculo de los inventarios de seguridad y puntos de reordenamiento (o inventarios máximos). Estos últimos son determinados sobre el promedio de la demanda haciendo a un lado toralmente la variabilidad de la misma. Una de las recomendaciones consiste entonces en liberar capital reservado especialmente en inventarios de seguridad de productos con baja variabilidad y distribuirlo en inventarios de seguridad de productos con alta variabilidad [26].

2.3 Inventarios

El objetivo de esta sección es explicar la importancia de los inventarios en todos los casos posibles donde todos los sectores jueguen un papel principal. No obstante, en la situación particular de esta tesis, se hará énfasis en información relacionada a los inventarios de las empresas del sector de comercio. Esto con la finalidad de especializar la conceptualización de términos que funcionen como base teórica para el desarrollo de un modelo para la gestión de inventarios vinculada a empresas dedicadas a la compraventa de productos importados o distribuidos.

Los inventarios han logrado tener un impacto significativo a lo largo de las diferentes áreas dentro de una empresa, incluyendo ventas, producción, finanzas, tecnologías de información, contabilidad, mejora continua, entre otras. Empresas de supermercado estadounidenses como *WalMart*, o de ventas tipo *Marketplace* por internet como Amazon, han demostrado como el control absoluto sobre la gestión de los inventarios a lo largo de la cadena de suministro apoyado

en las herramientas de *TI*, es un punto clave para incrementar las ganancias de la empresa y reducir los costos al cliente. En el caso de *Toyota*, empresa japonesa de manufactura de autos, ha desarrollado metodologías de Manufactura Esbelta, donde uno de los objetivos principales era la reducción de inventarios al nivel mínimo, desencadenando el desarrollo de una nueva ideología plasmada en un sistema completo de manufactura. [12]

El nacimiento del inventario es a partir de la discrepancia entre la oferta y la demanda, en ocasiones con objetivos de satisfacer cantidades atípicas en la demanda o almacenaje para futuras ventas. Un rol, dentro de la estrategia competitiva, de los inventarios en la cadena de suministro es funcionar como acelerador a la velocidad de respuesta al consumidor, de tal forma que podamos cumplir el nivel de servicio deseado o establecido. Sin embargo, a medida que los niveles de inventarios incrementan, el margen de utilidad se ve comprometido, razón por la cual en la cadena de suministro se busca encontrar el punto de balance en contra de la eficiencia de los costos [10].

2.3.1 Conceptualización

Para toda organización de comercio, manufactura o servicios es necesario contar en todo momento con materia prima, producto terminado, producto en proceso, insumos o consumibles para mantener un trabajo continuo. Estos conceptos mencionados complementan la definición de inventario. Sin embargo, la siguiente explicación define mejor el concepto de inventario: "Bienes tangibles como artículos, materiales, suministros, productos y recursos renovables o no renovables que posee una empresa, con el objetivo de ser gestionados para satisfacer una necesidad actual o futura, son utilizados para su transformación, consumo, alquiler o venta" [29].

Funciones de un Inventario

Un inventario tiene diferentes funciones y objetivos que cumplir, es decir las razones por las cuales existen dentro de una organización [25], entre ellos:

- Protección del precio: Obtener un beneficio económico en el costo por volumen comprado o como precaución ante algún cambio en los precios por tipo de cambio.

- Economías de escala: Reducciones en costos de distribución o almacenaje.

- Fluctuaciones en la demanda: Cumplir y satisfacer la demanda a pesar de su variabilidad natural.

- Inventario de seguridad: Contar con un producto a pesar de situaciones extraordinarias por las cuales pueda existir una falta de entrega de mercancía por parte de un proveedor.

- Inventario por anticipación: Compra anticipada de un producto de temporada.

En el caso particular de una Pyme, al no contar con la capacidad de mantener un inventario para cada uno de los casos mencionados, es necesario obtener un modelo híbrido que reúna información de distintos modelos teóricos que son aplicables a una empresa grande con aquellos que cumplan la totalidad de las restricciones de la Pyme. Por lo tanto, estas restricciones requieren de metodologías con mayores niveles de confiabilidad para la determinación de los lotes a solicitar.

Costos de un Inventario

Siempre que exista una diferencia entre el inventario y la demanda existirá una pérdida económica, ya sea sobrante o faltante. Razón por la cual, una de las principales desventajas de tener altos niveles de inventarios, es el costo directo e indirecto incurrido por manejo, almacenamiento, obsolescencia, robo, entre otros. Para toda empresa, es importante tomar en cuenta que un inventario por sí mismo, siempre traerá un costo total logístico, vinculado con costos en distintas áreas, presentados en la Figura 9.

Figura 9. Costos relacionados al inventario [25]

Los costos relacionados al inventario son, el costo de compra del producto expresado usualmente en términos monetarios, contemplando costos por pago en distinto tipo de cambio (pesos mexicanos, dólares, etc). Otro costo importante es el referente al espacio físico que utiliza dentro del almacén expresado en unidades de medición con la posibilidad de traducción a términos monetarios al momento de enlistar los costos incurridos en el mantenimiento del almacén, por

ejemplo, servicios básicos, renta, limpieza, etc. Dos costos que no son visibles directamente son el ordenamiento o preparación y el de manejo de inventario, abarcando cualquier costo incurrido relacionado al embarque, recepción, movimientos internos, revisión de calidad, entre otros. Finalmente, los costos relacionados a las pérdidas por robo, daño y obsolescencia, contabilizados en unidades de producto [25].

Los costos de inventarios generalmente caen en tres vertientes, la primera es el valor monetario actual del producto, observado en órdenes de compra y capital invertido en una familia de productos. La segunda, son los salarios del personal responsable de los procesos de solicitado, recepción, manejo, etc. Y la tercera, son los costos por mantenimiento, llámese renta de espacio físico, equipo y empleados de manejo de productos en almacén, impuestos pagados, etc. [25]

A partir de las tres vertientes, existe un costo total logístico, resultante a partir de los costos de transporte y de almacenamiento. Su comportamiento se muestra en la Figura 10.

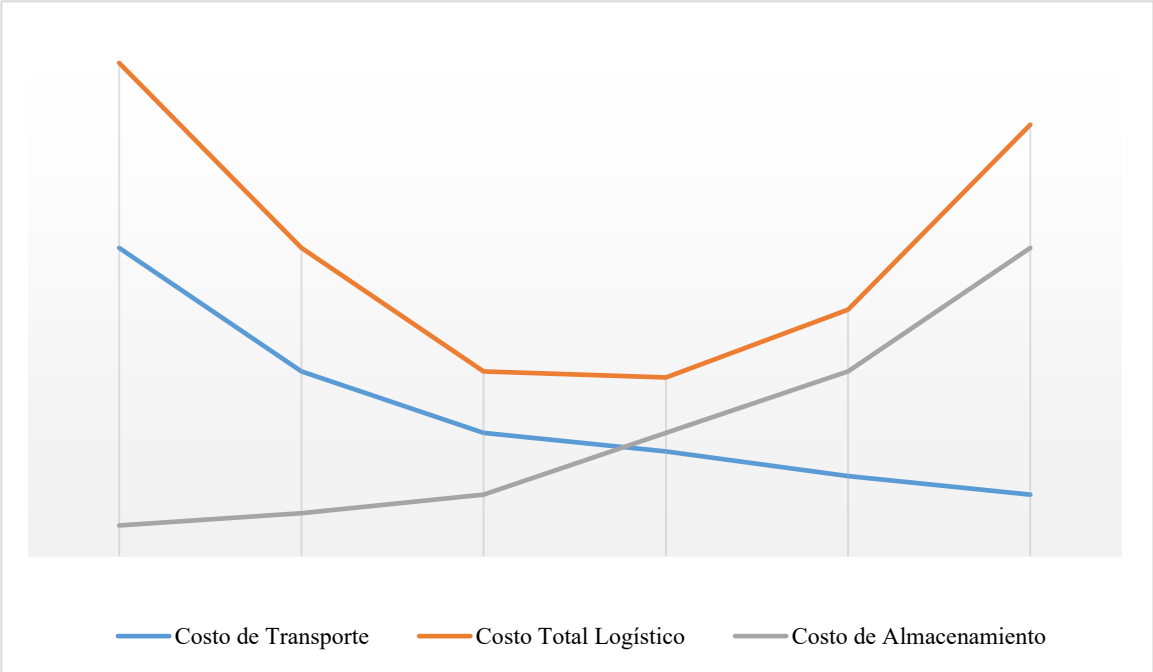


Figura 10. Comportamiento Costo total Logístico [6]

Un punto importante dentro de los costos que giran alrededor de la logística en los inventarios es que a medida que uno incrementa el tamaño de lote, existe un decremento en los costos de transporte y de almacenamiento, así como en el costo total logístico debido al comportamiento de las economías de escala. Sin embargo, existe un punto mínimo en el costo total logístico, durante

el cual los costos tanto de almacenaje como de manejo son óptimos, dando lugar al tamaño de lote óptimo a ordenar. La razón por la cual existe el mínimo es porque las capacidades tanto de transporte y almacenamiento llegan a un límite, por lo cual una extensión a éstas capacidades, de manera "emergente" o mediante tercerización de servicios, representa un costo más elevado a lo previsto. [6]

Otro factor que rige el comportamiento del costo total logístico, es el nivel de servicio, ya que es la tasa de disponibilidad de un artículo establecida por una política en particular y se expresa como la probabilidad de cumplir con la demanda a partir de las existencias o reservas actuales. Por ende, partiendo de este objetivo planteado por la gente de toma de decisiones, se puede mencionar que es un soporte para la planeación de ordenamiento de lotes y de la administración de los niveles de inventario [9].

2.3.2 Gestión de Inventarios

En cualquier organización, todo aquello que represente un cumplimiento de objetivos a un plazo determinado y un costo de por medio, es totalmente candidato una estrategia de gestión. Los inventarios por su parte, siempre se encuentran en la búsqueda de satisfacer la demanda con la mayor disponibilidad de productos al menor costo posible en el tiempo que se requiera [38]. Esto es realizable debido a una serie de procesos dentro de una gestión eficiente y efectiva, entre ellos, supervisión, planificación, control y retroalimentación. Por todo lo mencionado, es determinante que dentro de la empresa exista una verificación constante de donde se almacenará, dónde solicitarlo y bajo qué condiciones; así como pronosticar a través de metodologías estadísticas o teóricas la demanda a cumplir, control de inventarios y además de retroalimentar continuamente, con información real, la revisión los planes y pronósticos [29].

Razón por la cual, la Gestión de Inventarios (*GI*) tiene su nacimiento a partir de la identificación como uno de los factores con más altos índices de afección de forma directa y significativa a los indicadores financieros, operativos y al servicio al cliente por parte de las empresas. Se argumenta que las organizaciones que cuentan con la capacidad de gestionar los inventarios, pueden incrementar la ganancia total, que a su vez incrementa los niveles de los indicadores de capital humano, producción y satisfacción del cliente [1]

Una de las tareas primordiales de la *GI* es el transformar los objetivos generales del negocio en acciones para el control de inventario diario, así como llegar a un punto de equilibrio entre la inversión destinada a los inventarios y el nivel de servicio al cliente deseado que les permita anticiparse a los cambios en el mercado [1]

Tomando como punto de partida el que las empresas que administran altos volúmenes de inventario, usualmente tienen que absorber entre el 20 por ciento y 40 por ciento del capital de trabajo de una empresa para cubrir los costos asociados como de almacenamiento, transporte y

manejo de ítems. La gestión de inventarios es un proceso clave dentro de la cadena de suministro, teniendo la posibilidad de llegar a ser una ventaja competitiva ante el mercado. Por lo que administrarlo de la mejor manera posible y atender los cambios en la demanda, permiten que se tenga control sobre los tiempos de respuesta y costos [38].

Factores en la *GI*

En la actualidad, la *GI* es llevada a cabo a través de sistemas de información, técnicas, metodologías y controles que permiten a la empresa mantener los niveles deseados de inventarios para cada producto, teniendo siempre como objetivo el balance entre las cantidades compradas (oferta) con las vendidas (demanda), además de la optimización de los costos por mantenimiento y reposición de material [5]

Los principales factores que intervienen en la *GI* [29] son:

- *Demanda:* es de los factores más importantes dentro de la gestión de los inventarios, pues lo más óptimo es igualar las cantidades ordenadas con la demanda real ya sea constante o estacionaria, con la finalidad de evitar un sobre inventario o desabasto de los productos. La demanda depende de tres componentes: el precio, la competencia, marketing y la situación económica del mercado consumidor.

- *Nivel de servicio:* nivel de satisfacción que tienen los consumidores al comprar cierto producto. Se integra desde el trato dado al cliente, hasta el riesgo de imagen que se tiene ante los clientes en caso de no contar con producto para satisfacer la demanda. Es importante que a medida que la empresa busque mayor nivel de satisfacción del cliente, involucra más información que analizar, más costos, más almacenamiento, más pedidos, etc.

- *Costos:* para mantener una *GI* adecuada, el indicador principal para la toma de decisiones de adoptar o no determinada política es el costo. Esto debido a que la empresa debe de minimizar los costos que aseguren la rentabilidad de la empresa. Entre los costos más relevantes están: de mantenimiento, ordenamiento, manejo, faltantes, etc.

- *Tiempo de entrega:* son los días en los que tarda un proveedor en reponer la mercancía desde el momento en que fue solicitada, hasta el momento en que se recibió el producto en el almacén.

  La base esencial de toda gestión adecuada de los inventarios está formada por los siguientes componentes dentro de los factores:

- *Pronósticos confiables*: metodologías basadas en un sustento teórico, puede ser estadístico, matemático o que determinen la cantidad más cercana a la demanda real.

- *Nivel de servicio al cliente deseado*: siempre buscar mejorar el nivel de cumplimiento cada que un cliente solicita algún producto, traducido en la disponibilidad del producto o servicio.

- *Revisión continua de inventarios físicos:* verificación visual, mediante herramientas tecnológicas o personal de trabajo, de controles internos en almacén que aseguren el nivel de existencias físicas de acuerdo a las del sistema de información.

- *Confiabilidad en nivel de servicio de proveedores:* es la base para poder determinar el nivel de servicio que se ofrece al cliente, evaluado en tiempos de entrega, calidad de entrega, entre otros.

- *Minimizar Inventarios de Seguridad*: como objetivo para llegar a los costos logísticos óptimos por inventario, la cantidad óptima siempre va a depender directamente de la variabilidad, estabilidad y confiabilidad de las entregas de los proveedores.

- *Disponibilidad*: de producto en el momento adecuado, de manera que de abasto para satisfacer la demanda junto con su variabilidad.

- *Costo de gestionar los inventarios:* implicando manejo, solicitado, almacenado, mantenimiento, etc. como parte del conjunto de costos incurridos.

- *Rotación de los productos:* de forma periódica con la finalidad de evitar mercancía rezagada por obsolescencia.

- *Control de tiempos:* de surtido, recepción y entrega de órdenes de entrega, con el objetivo de cumplir los estándares establecidos de servicio al cliente.

- *Gestión del espacio físico de almacenes:* localización eficiente física de producto en almacenes, con el objetivo de llevar una planificación de la capacidad actual y el desarrollo de nuevos proyectos para el mejor desempeño.

- *Control de mermas:* mercancía dada como pérdida en almacén por robo, daño parcial o total, obsolescencia, etc.

IKEA, una empresa sueca exitosa en la manufactura de muebles con bajos costos operativos, ha logrado desarrollar una estrategia competitiva a lo largo de su cadena de suministro. Incluyendo infraestructura tecnológica, planeación de pedidos, reducciones a las dimensiones de empaque y la mano de obra agregada al producto. Principios clave que le ha permitido bajar los costos

logísticos de espacio para almacenamiento, manejo, transporte y fabricación de cada uno de sus productos ya que la mayoría de ellos son transmitidos al consumidor final [22].

Remarcando puntos importantes que permitieron el incremento al nivel de servicio al cliente, así como la eficiencia en el uso de los almacenes. El primero de ellos es el desarrollo de un indicador logístico llamado "costo por toque", determinando que mientras más manos toquen al producto en el manejo, carga, envío, recepción, entre otros; mayor será el costo asociado. El segundo de ellos es la logística dentro de los puntos de consumo con respecto a la revisión continua de la cantidad mínima y máxima de productos disponibles para venta, previendo siempre un proceso administrado de resurtido [22].

Problemáticas dentro de la *GI*

De acuerdo con diferentes estudios realizados, las empresas enfrentan distintas amenazas respecto al manejo de inventarios [37] debido a las siguientes problemáticas identificadas:

1. Incremento significativo de los niveles de existencias físicas, provocado por los inventarios de seguridad que se adquieren por prevención a cambios en los precios, obsolescencia por la mala pronosticación de la demanda, descuentos de volumen, entre otros.

2. Costo de oportunidad del capital invertido en productos para inventario, incrementando la incertidumbre de la inversión.

3. Pérdidas de venta ocasionadas por la falta de productos en inventario, a su vez generado por un mal pronóstico de solicitado de producto.

4. Deficiente tasa de reemplazo y rotación de productos, obteniendo altos niveles de producto obsoleto.

5. Presión por atender mercados más complejos.

6. Control de los costos asociados a los inventarios.

7. Cumplimiento del Nivel de Servicio deseado.

8. Restricciones de capacidad física o económica.

Estas problemáticas son aquellas que a cualquier empresa, en caso de no contar con una adecuada *GI*, tienen impacto en la reducción de la productividad y el nivel de servicio al cliente hasta en un 25 por ciento. Sin embargo, la administración de los inventarios es necesaria dentro de cualquier

empresa, ya que ofrece planificación, dirección, control y evaluación de las actividades para la obtención de productos de manera eficiente, eficaz y efectiva.

***GI* en las Pymes**

Cada uno de los componentes anteriores representa un reto para cualquier empresa independientemente del tamaño y giro. Para una empresa del sector comercio, el nivel de complejidad se incrementa por la gran cantidad de ítems, almacenes, proveedores que pueden llegar a tener concentrados en diferentes puntos. Tomando en cuenta lo anterior, dentro de una Pyme lo óptimo para la toma de decisiones respecto al manejo de los recursos como el espacio, dinero, mano de obra y capacidades de los proveedores, sería un análisis actualizado frecuentemente y con una recolección de la mayor información posible tomada de indicadores clave.

Diferentes estudios realizados por la Secretaría de la Economía en México nos reflejan en los resultados, como a pesar de tener un avance significativo, sigue existiendo un rezago de las Pymes sobre el conocimiento de información básica sobre la cadena de suministro, mencionando que el 64% de las empresas cuentan con herramientas de análisis de información de manera informal [32]. Dato que nos refleja el área de oportunidad existente en cuestiones de implementación de herramientas tecnológicas para la aceleración en la recaudación de información para el proceso de toma de decisiones.

Para que las Pymes puedan gestionar eficientemente sus inventarios es necesario que tengan noción del impacto que puede llegar a tener en su estrategia competitiva. Ofreciendo un mayor valor agregado al producto que se entrega al consumidor final, reflejado en costo, disponibilidad, confiabilidad y rapidez en respuesta al producto solicitado. Sin embargo, dos factores importantes que obstaculizan el crecimiento de las Pymes, son la resistencia al cambio y la falta de conocimiento de nuevas tecnologías y metodologías para la gestión de los inventarios [28].

Existen tres prácticas básicas para iniciar la gestión de los inventarios en una empresa, una es la categorización de los inventarios dependiendo de la importancia y ganancia que represente para las ventas de la empresa; la siguiente es la automatización del flujo de la información para aumentar la velocidad con la que se toman decisiones respecto a inventarios; y finalmente, los métodos para la predicción de la demanda que entreguen los menores niveles de sobrante y faltante [37].

2.4 Modelos para la GI

Un sistema de inventarios es la serie de políticas y controles que monitorean los niveles de inventario actuales y determinan aquellos que deben de ser mantenidos, así como el punto mínimo en el cual se debe solicitar un tamaño específico de lote. Un modelo para la GI se desarrolla a partir de la necesidad de controlar los niveles de inventario y las cantidades a ordenar de producto, con

el objetivo de minimizar los costos en los que incurre la empresa por mantener, manejar, solicitar los inventarios, así como reducir al máximo la ineficiencia de la mercancía a la espera de su venta [23].

Objetivos

Los inventarios en una empresa representan uno de los activos más fuertes de la contabilidad, por lo tanto, quiere decir que, con cualquier desequilibrio inesperado, el riesgo que corre el capital invertido es muy alto. A partir de lo anterior, fueron surgiendo modelos teóricos para la GI que son aplicables a las condiciones generales de una empresa, desarrollando híbridos que cumplan con las características específicas como restricciones de dinero, espacio, información disponible, etc. Una vez desarrollado, es necesario que se esté actualizando constantemente el modelo, de acuerdo al comportamiento histórico de la demanda.

A continuación, se presentan algunos objetivos [29] por los cuales es creado un modelo de GI:

- Encontrar el punto de equilibrio entre oferta y demanda, de tal forma que se puedan responder los siguientes cuestionamientos ¿Qué compro? ¿Cuánto compro? ¿Cuándo compro?

- Minimizar los costos totales del sistema de inventario, tomando en cuenta el costo de ordenar, costo de mantener inventario, costo de faltantes, costo del producto, entre otros. Aumentado como resultado la rentabilidad de la organización.

- Asegurar el nivel de servicio que fue establecido y prometido al cliente, con la finalidad de tener el producto deseado en el momento que sea solicitado.

- Diseñar un modelo de GI a la medida de la empresa, tomando en cuenta una evaluación de las capacidades de personal, económicas, infraestructura, restricciones de proveedores, tipo de producto, etc.

- Evaluar la capacidad física del almacén y sus condiciones.

- Asegurar la disposición de los materiales, en las mejores condiciones económicas para satisfacer las necesidades próximas y futuras.

2.4.1 Categorización de Inventarios

Toda empresa que cuenta con grandes cantidades de productos en inventario es candidata a la categorización de los mismos. Esta categorización o priorización se hace tomando en cuenta diferentes indicadores, dos de los más básicos giran en torno a las unidades vendidas y por el otro

lado, al monto que representan las ventas de un producto determinado en los ingresos totales. Se clasifica de acuerdo a cuál tenga mayor peso representativo en las ventas y la logística involucrada.

El objetivo de clasificar o categorizar los inventarios, de acuerdo a la influencia que llegan a tener en los ingresos totales, es determinar la estrategia de compra-venta y acomodo de los productos en almacén que tengan como resultado una reducción significativa del tiempo de respuesta al consumidor y aumenten el mayor valor posible al producto entregado. Es a partir de esta necesidad que las grandes empresas tienen como base para la gestión de inventarios, una categorización conocida como ABC proveniente de la Regla de Pareto.

Clasificación ABC

La Regla de Pareto (*RP*) es un principio determinado por Vilfredo Pareto de forma estadística. En el siglo XIX, el economista italiano observó que el 20% de la población italiana poseía el 80% de la tierra utilizada. Más tarde descubrió que este fenómeno y proceso natural en la economía tenía la misma distribución. Por ejemplo, en algún proyecto el 20% del esfuerzo produce el 80% del resultado, en las ventas el 20% de los clientes general el 80% del ingreso, el 20% de los vendedores general el 80% de las ventas totales, 80% de los costos o pérdidas son causados por el 20% de los problemas existentes en una organización, entre otros [30].

Es a partir de la *RP* que nace el análisis ABC para los inventarios, utilizado por las empresas para simplificar las actividades de organización y manejo de los productos de una cantidad grande de distintos ítems, conocidos como *Stock-keeping Units* (*SKUs*). Considerando la frecuencia de ordenamiento, permite a la parte administrativa enfocar los esfuerzos en aquellos que son más solicitados por los clientes con la finalidad de maximizar el nivel de servicio al cliente, sin embargo, no se enfoca en minimizar los costos de inventario [24].

El análisis convencional ABC se basan en un solo criterio que es el uso anual del dólar, sin embargo, existen otros criterios cualitativos y cuantitativos como el costo de mantenimiento por unidad, variabilidad de tiempo de resurtido, sustituibilidad, escasez, durabilidad, entre otros [37]. La metodología de clasificación de inventario ABC divide normalmente los inventarios o proveedores en tres categorías basado en costo por unidad y cantidad mantenida en inventario o entregada en un periodo de tiempo. Esta permite que diferentes técnicas y estrategias gerenciales sean aplicadas a ciertos segmentos del inventario, en orden de incrementar la utilidad y reducir los costos [30].

Como se mencionó anteriormente, la clasificación de inventario ABC produce tres o más clases, no obstante, las grandes empresas utilizan frecuentemente un sistema de doce clases. De acuerdo con la *RP* puede ser dividido en una Clase A, Clase B o Clase C dependiendo del valor general a la empresa que tenga cada producto (Tabla 3) [30].

Tabla 3. Distribución de valor en la clasificación ABC [30]

Categoría	% de Productos	% de Valor General
Clase A	15 - 20 %	80%
Clase B	30 - 35 %	15%
Clase C	50%	5%

La Categoría "A" o Clase A, incluye a todos aquellos ítems que para la organización representan aproximadamente entre el 15 y 20% del inventario total, pero aportan el 80% del valor total del mismo. Es importante prestar especial atención en tiempo real a la optimización de los inventarios de esta categoría, pues la magnitud del impacto puede ser mayor con un mínimo cambio a los costos de manejo de producto.

La Categoría "B" o Clase B, representa entre el 30 y 35% del inventario total de ítems, aportando el 15% del valor. Estos productos generalmente son manejados a través de inventarios de periodo con un sistema formal de gestión. Y finalmente la Categoría "C" o Clase C, representa el 50% del inventario total contribuyendo con únicamente el 5% del valor. Para esta categoría las organizaciones tienen procesos relajados alrededor de estos productos, cuidando únicamente que los niveles de estos inventarios se mantengan lo más bajos posibles para evitar pérdidas.

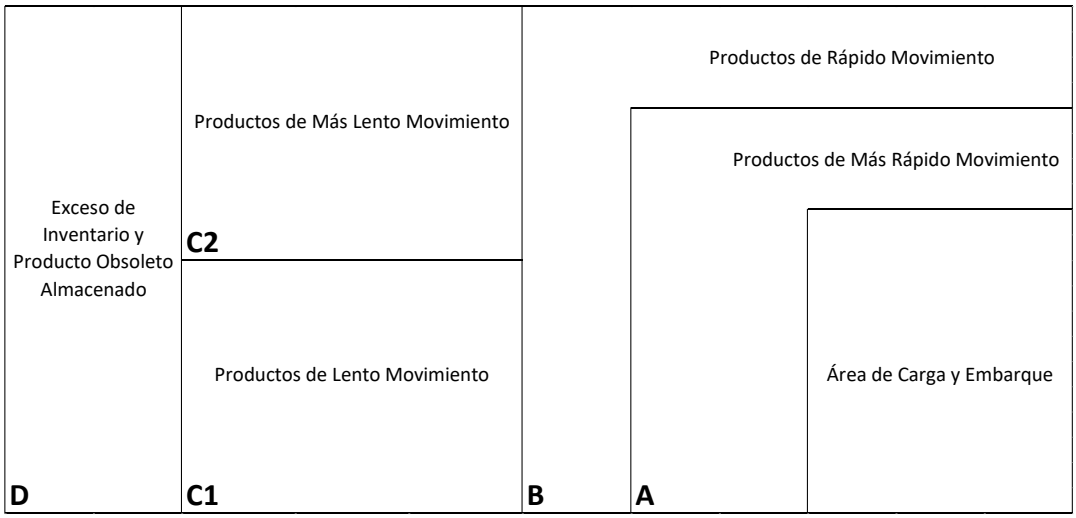


Figura 11. Distribución física ideal de las clases ABC de acuerdo a movimiento de productos

Se puede observar como entre más cercano está a el área de carga y embarque, mayor es el nivel de rotación. De acuerdo con la Figura 11, se observa que usualmente las clasificaciones C2 y D, son aquellas donde cae la mercancía obsoleta o que el movimiento es excesivamente lento. Lo ideal para un almacén es localizar físicamente los productos de acuerdo con la rotación en un periodo determinado de tiempo. Teniendo impacto en indicadores como tiempo y velocidad de respuesta al cliente, niveles de inventarios, entre otros.

Estas clasificaciones funcionan como un paso inicial al comienzo de una gestión de inventarios, gracias a que discriminan aquellos productos que, por su naturaleza, en cierto indicador clave aportan un mayor valor al desempeño de la organización. Además, el nivel de impacto permite desarrollar estrategias que incrementen los niveles de eficiencia y nivel de servicio al consumidor.

2.4.2 Clasificación de Modelos para la GI

Los modelos para la GI pueden tener distintas clasificaciones, entre las cuales están las siguientes:

Según la demanda [29] puede ser:

- *Determinística:* cuando la demanda es conocida y constante, normalmente es bajo pedido.

- *Probabilística:* cuando la demanda cuenta con una variabilidad y es estimada bajo un análisis estadístico que permite ordenar una cantidad aproximada a la demanda real.

Según el tipo de revisión de inventario [23]:

- *Sistema de inventario de revisión Periódica:* este modelo está basado en establecer pedidos en espacios de tiempo predeterminados, se monitorea el inventario en base a un periodo determinado por la administración, si al revisar se encuentra por encima del punto de reorden se continua con el periodo siguiente de revisión, en caso contrario se coloca el pedido, teniendo siempre como referencia alcanzar el nivel máximo de inventario (Figura 12). Este sistema contiene sólo dos parámetros:

    - Periodo de revisión fija (TR)
    - Máximo nivel de Inventario (S), es igual a la Ecuación (1)

$$S = Demanda(Tiempo\ de\ revisión + Tiempo\ de\ entrega) + Inv.de\ Seguridad$$

Donde simplificada queda de la siguiente forma:

$$S = \overline{D}(TR + \tau) + Z\sigma_{T+\tau} \quad (1)$$

Siendo $\overline{D}$ la demanda promedio en un periodo de tiempo, T el tiempo de revisión, τ el tiempo de entrega del proveedor, Z el valor normalizado del nivel de servicio deseado y $\sigma_{T+\tau}$ la desviación estándar durante los periodos de revisión y entrega.

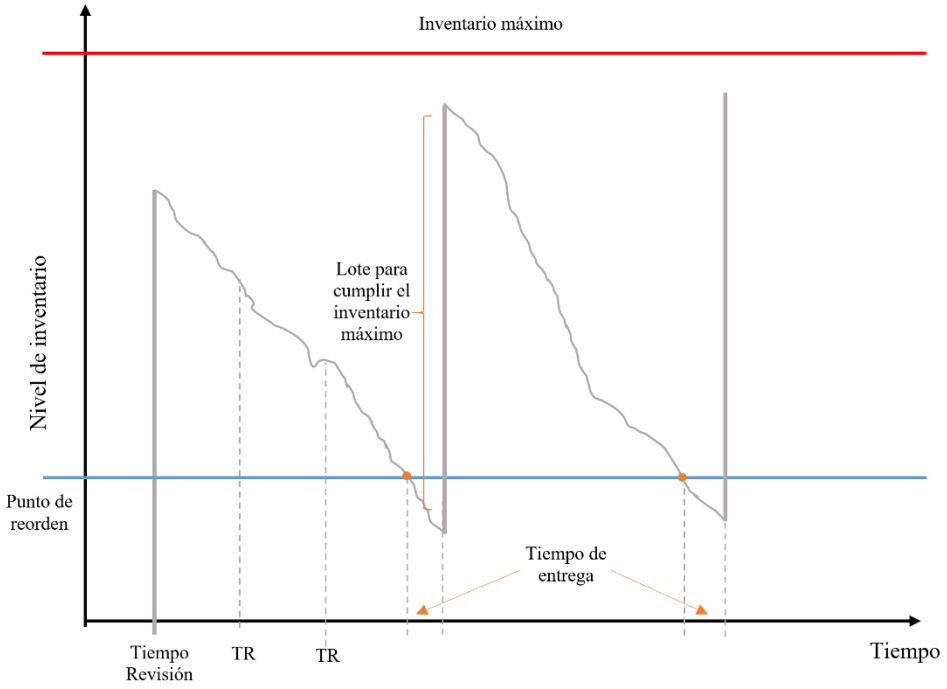


Figura 12. Gráfico de modelo de inventarios revisión periódica [9]

Este modelo es recomendado para empresas que no cuentan con la infraestructura tecnológica para monitorear en tiempo real. Así mismo, cuando los espacios físicos se encuentran cerca del personal que va a realizar el pedido al proveedor para poder contabilizar los productos al final de un ejercicio o periodo establecido, siendo esta cada semana, quincena, mes o el periodo de mayor conveniencia a la organización. Por otro lado, es utilizado en su mayoría por supermercados, ferreterías o negocios que por su actividad comercializan altas cantidades de productos con precios unitarios bajos.

- *Sistema de inventario de revisión Continua:* en este modelo se monitorea en tiempo real o de forma automática el inventario cada vez que se realiza un retiro o adición de productos, pues se supone que la demanda presume de ser conocida y continua, detectando así cuando se encuentre en un nivel de reordenamiento para solicitar el lote fijo óptimo. El tiempo entre pedidos es siempre variable, dependiendo de la demanda del producto (Figura 13). El parámetro a tomar en cuenta es la cantidad económica a ordenar (Q^*)

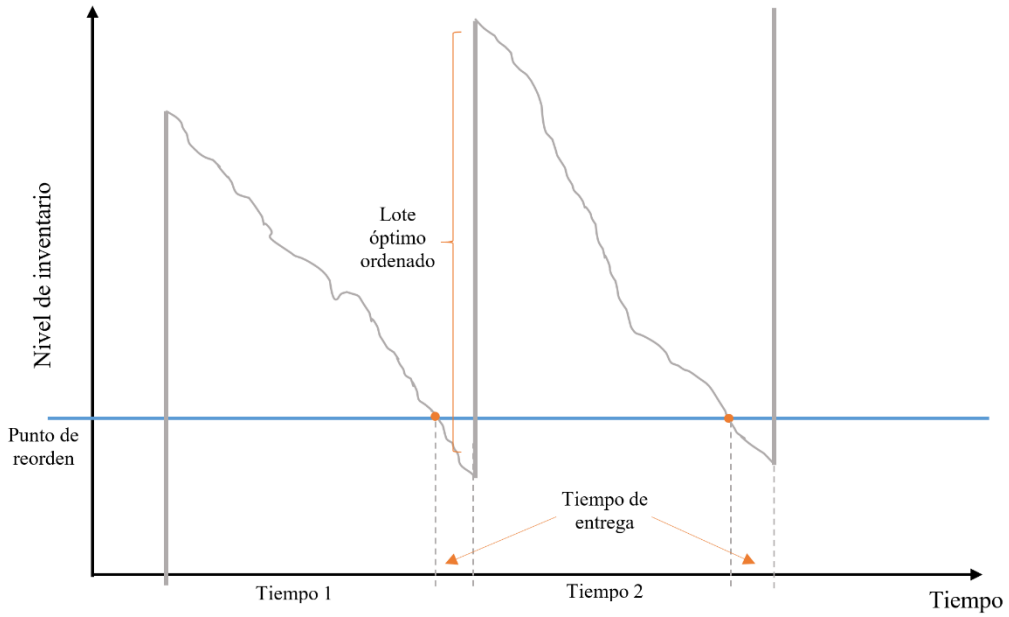


Figura 13. Gráfico de modelo de inventarios revisión continua [9]

Este tipo de modelo de inventario es utilizado en aquellos casos en los cuales la organización cuenta con infraestructura tecnológica, ya sea de RFID o códigos de barra, para monitoreo físico en tiempo real de las existencias, teniendo automatizado el proceso de emisión de la orden al proveedor y la cantidad a solicitar.

Según el tiempo de reposición:

- *Surtido instantáneo:* cuando el lote a ordenar es comprado ya como producto terminado.

- *Surtido continuo:* cuando un lote es preparado para la fabricación y se va surtiendo al mismo tiempo que satisface la demanda hasta llegar al inventario máximo.

2.4.3 Modelos Tradicionales

Como se mencionó en secciones previas, todo inventario en el cual se invierte representa dinero en riesgo transmitido a través de los productos en obsolescencia, deterioro, caducidad, merma, robo, etc. Por lo que desarrollar un modelo de inventarios requiere una estrategia la cual consiste en cinco fases para tener como resultado el cumplimiento de los requisitos y capacidades de la organización que lo requiere. Motivo por el cual una previa clasificación es si el modelo cuenta con restricciones o no, esto dependiendo de la infraestructura, capital financiero, humano que pudiera influir en el manejo del inventario.

Demanda Determinística

El ejemplo, del cual es determinado cualquier sistema o política de inventarios, es a partir del modelo de Cantidad Económica a Ordenar (*EOQ*) para satisfacer una demanda determinística. Donde los datos obtenidos de la demanda son constantes y conocidos en todo momento, lo que permite realizar pedidos de lotes de un mismo tamaño.

Para desarrollar un modelo base de inventarios, que brinde como resultado la cantidad óptima a ordenar y el punto en el nivel de inventario donde se requiere solicitar el producto, es necesario seguir las siguientes etapas [9]:

1. Establecer las condiciones necesarias y los supuestos de la situación analizada

   - La tasa de demanda es constante, continua y conocida
   - Los tiempos de entrega son conocidos y constantes.
   - El tamaño de lote se encuentra completo y situado en el inventario al mismo tiempo.
   - El lote no contiene productos defectuosos
   - No se permiten faltantes, ni escasez de existencias cuando los tiempos de entrega son conocidos.
   - Los costos son fijos.
   - El horizonte de planeación es infinito
   - No se permiten descuentos
   - No hay inflación

2. Establecer la simbología básica del *EOQ*

D = razón de demanda (unidades/uds. de tiempo)

A = costo de ordenar pedido/lote ($/pedido)

h = Costo unitario de mantener el inventario ($/unidades/uds. tiempo)

Dependiendo de los datos que se tengan disponibles

puede ser $h = iC = iC + w = w$

Donde, i= tasa de interés (%/unidad de tiempo)

w= otros costos de inventario ($/unidades/ud. de tiempo)

T = tiempo entre lotes o pedidos (unidades de tiempo)

Q = tamaño de lote (unidades)

τ = tiempo de entrega (unidades de tiempo)

r = punto de reorden (unidades)

n = número de pedidos

C = costo de producto ($)

3. Construir la gráfica a través del tiempo

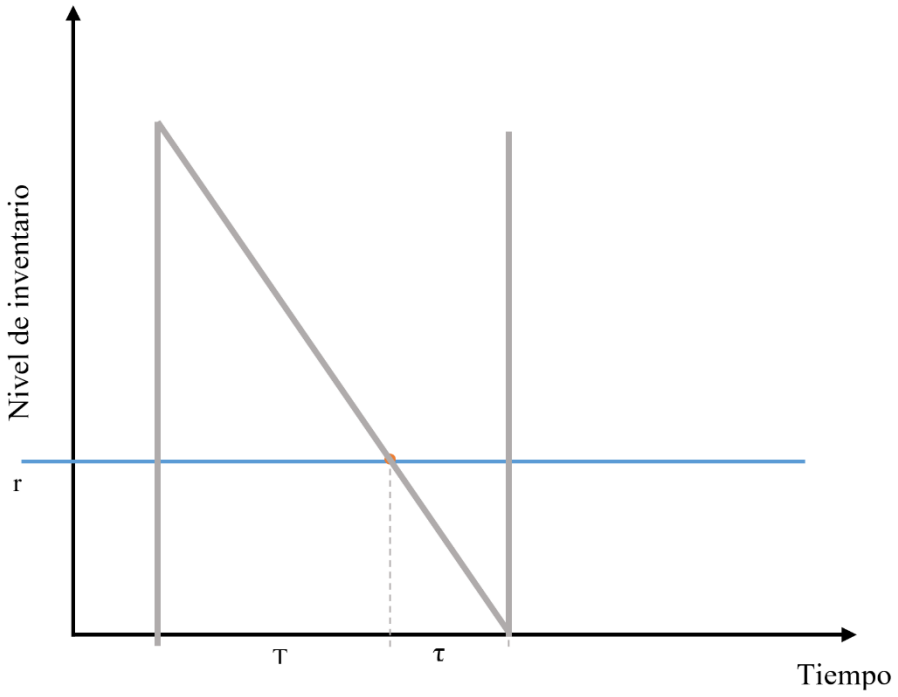


Figura 14. Gráfico Modelo de Cantidad Económica a Ordenar [9]

4. Construir función de costo total

Todo modelo de inventarios básico al tener como objetivo la minimización de costos totales, toma en cuenta la siguiente estructura de costos primordial para la Ecuación (2):

$$\begin{bmatrix} Costo\ total\ del\ sistema \\ de\ inventarios \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Costo\ total \\ de\ pedidos \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} Costo\ total \\ de\ inventario \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} Costo\ total \\ de\ productos \end{bmatrix} \quad (2)$$

Dentro de los costos totales de pedidos se toman en cuenta la cantidad de pedidos realizados al año y el costo en el que incurre la empresa cada que se solicita alguna mercancía a un proveedor. Conforme van existiendo mayores restricciones o capacidades de la organización se van anexando costos adicionales por faltantes, descuentos, sobrantes, reproceso, entre otros.

Desarrollando la fórmula en términos de las variables involucradas, la Ecuación (3) representa los conceptos generales involucrados en los costos mencionados en (2), quedando de la siguiente manera:

$$CT_{\substack{sist. \\ inv.}} = A \begin{bmatrix} num. \\ pedidos \end{bmatrix} + h \begin{bmatrix} inventario \\ promedio \end{bmatrix} + C[lote] \begin{bmatrix} num. \\ pedidos \end{bmatrix} \quad (3)$$

Desglosando los términos, obtenemos la Ecuación (4) que nos da el costo total de la siguiente manera:

$$CT(Q) = A\frac{D}{Q} + h\frac{Q}{2} + CD \quad (4)$$

5. Optimizar la función del costo total de inventarios

Para llegar a un nivel óptimo en la minimización del costo total del sistema de inventarios, es necesario calcular un lote óptimo (Figura 15).

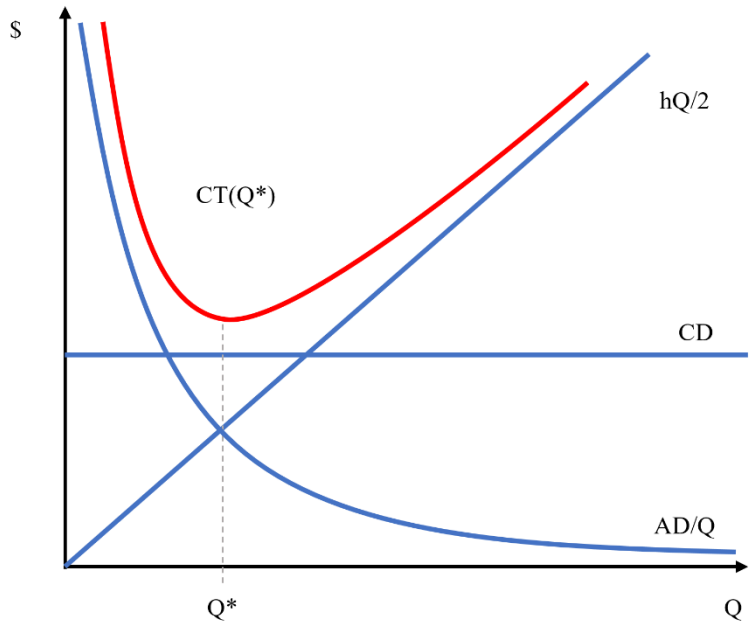


Figura 15. Gráfico Costo Total del sistema de inventarios

Quedando la fórmula del lote óptimo expresada en la Ecuación (5) de la forma:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2AD}{h}} \tag{5}$$

En ocasiones el lote óptimo no cumple con las restricciones tanto del proveedor como de la misma organización, teniendo que determinar un lote factible que entregue los menores costos posibles.

6. Determinar las ecuaciones para le punto de reorden del modelo de inventarios *EOQ*

El punto de reorden se define como la cantidad mínima a la cual se permite caer el inventario (inventario físico + inventario en tránsito – Pedidos) antes de ser colocado un nuevo pedido de reabastecimiento con el fin de satisfacer las necesidades de los consumidores.

Caso donde el tiempo de entrega del producto es menor al tiempo entre pedidos.

Caso τ < T

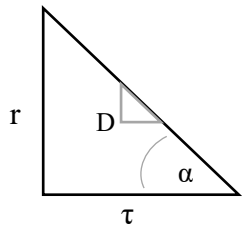


Figura 16. Gráfico punto de reorden cuando el tiempo de entrega es menor al tiempo entre pedidos [9]

Donde la Ecuación (7) describe el cálculo del punto de reorden. Y para comparar el tiempo de entrega (τ) con el tiempo T se utiliza la ecuación (6).

$$T = \frac{Q}{D} \tag{6}$$

$$r = \tau D + Inventarios\ de\ Seguridad \tag{7}$$

En caso contrario donde el tiempo de entrega del producto es mayor al tiempo entre pedidos, es decir

Caso τ > T

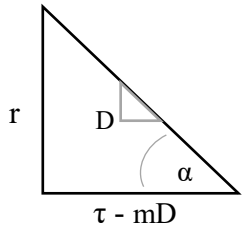


Figura 17. Gráfico punto de reorden cuando el tiempo de entrega es mayor al tiempo entre pedidos [9]

La ecuación (8) describe el cálculo del punto de reorden.

$$r = \tau D - mQ + Inventario\ de\ Seguridad \tag{8}$$

Donde,

$$m = \left\lfloor \frac{\tau}{T} \right\rfloor \tag{9}$$

Demanda Probabilística

Existen casos donde los datos de la demanda en la organización no son constantes y cuentan con una variabilidad conocida. Esto permite que realizando un análisis estadístico previo se puedan obtener resultados de la cantidad óptima a ordenar en cada periodo con su respectivo punto de reordenamiento [9]. Es necesario establecer que los datos obtenidos sigan una función probabilística con distribución normal.

Para este tipo de modelo de inventario probabilístico pueden existir dos posturas:

- Política I o de Nivel de Servicio

  Esta política expresa aquella probabilidad de no tener el nivel de inventario dentro de los faltantes durante el tiempo de entrega del producto. Este valor es expresado entre 0 y 1.

- Política II o de "*Fill rate*"

  Por el otro lado, esta política expresa la probabilidad de que la demanda sea cubierta con el nivel inventario disponible en todo momento. Este valor se expresa entre 0 y 1.

Las siguientes variables son añadidas:

α = Nivel de Servicio para la política I.

β = Nivel de *Fill rate* para la política II.

$\overline{D}$ = Demanda promedio de la distribución probabilística por unidad de tiempo.

σ = Desviación estándar de la demanda.
τ = Tiempo de entrega (constante/variable)

Donde, si es variable

μ_L= Tiempo de entrega promedio de acuerdo con una distribución normal de probabilidad.

σ_L= Desviación estándar del tiempo de entrega.

$\overline{D}_\tau$ = Demanda durante el tiempo de entrega.

Donde, $\overline{D}_\tau = \overline{D}\tau$ o si es variable el tiempo de entrega $\overline{D}_\tau = \overline{D}\mu_L$

${\sigma_\tau}^2$ = Varianza de la demanda durante el tiempo de entrega.

Donde, ${\sigma_\tau}^2 = \sigma^2\tau$ o si es variable el tiempo de entrega ${\sigma_\tau}^2 = \mu_L\sigma^2 + \overline{D}^2{\sigma_L}^2$

σ_τ = Desviación estándar de la demanda durante el tiempo de entrega

Donde, $\sigma_\tau = \sigma\sqrt{\tau}$

s = Inventario de seguridad

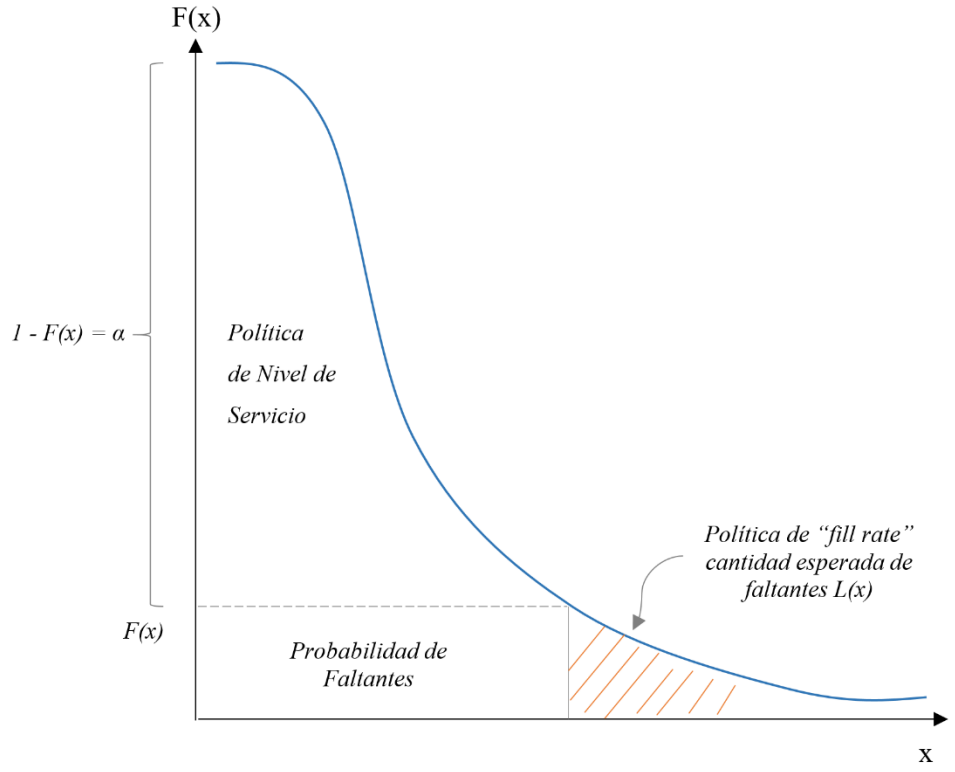


Figura 18. Gráfico de Politica I y II

Para desarrollar una política de inventarios que cumpla con una demanda probabilística, es necesario definir primero que tipo de postura se va a adoptar. Por un lado, existe la postura enfocada al nivel de faltantes, es decir no contar con faltantes durante el tiempo de entrega. Por el otro lado, la postura *fill rate*, esperando que la demanda sea cubierta con el inventario disponible. Sin embargo, un punto importante es que existe la posibilidad de calcular ambas políticas para definir cuál brinda mayor cobertura en el nivel de servicio al cliente.

Restricciones

Existen diferentes tipos de restricciones dentro de los modelos de inventarios. Sin embargo, aquellos que tienen relación directa con el costo total son los siguientes:

- Espacio: lugar físico disponible para acomodar los lotes de producto en almacén.
- Dinero: recurso financiero disponible para pago de los lotes.
- Número de pedidos: cantidad de veces que se ordena el producto al proveedor en un periodo determinado de tiempo.

2.4.4 Comparativa de Modelos para la GI

Cada modelo de inventarios debe cumplir con las restricciones, capacidades y disponibilidad de información existente en la empresa sobre la demanda. Razón por la cual es importante realizar una comparativa, donde se refleje las ventajas y desventajas de cada uno de ellos (Tabla 9). Primero que nada, es necesario determinar en un primer plano el objetivo de la empresa para el área de GI, si la estrategia va a ser de mantener un stock por promoción o reducir en su mayor parte los niveles de inventario, entre otras.

Una vez obtenido el objetivo, es necesario plantear las capacidades económicas, de infraestructura y de personal disponibles para el manejo de producto en almacenes. Esto permite tener una visión más clara de qué modelo puede adaptarse de una mejor forma a la organización. La primera comparativa realizada gira en torno al tipo de revisión que se va a realizar como política de inventario, periódica o continua, pues de esta decisión depende básicamente el tiempo en que se solicitan los pedidos y los tamaños de lote [9].

Tipo de Revisión de Inventario

El factor tipo de revisión de inventario es determinante para establecer el tipo de política de inventarios a adoptar, debido a que rige desde los tamaños de lote, hasta los tiempos en que se realizarán los pedidos de producto a proveedores. Cada una va enfocada a un tipo de organización distinta, pues en ocasiones las condiciones físicas, geográficas, económicas o de recurso humano, son aquellas que condicionan a optar por cualquiera de las dos.

Tabla 4. Comparativa entre modelo de revisión periódica y revisión continua

Aspecto	Revisión Continua	Revisión Periódica
Cantidad a ordenar	Q - el tamaño de lote es constante	Q - el tamaño de lote es variable cada vez que se coloca un pedido, pues siempre se busca llegar a un nivel máximo de inventario (S)
Cuando ordenar	R - cuando la posicion de inventario es igual o menor al nivel del punto de reordenamiento	T - cuando llega el periodo de revisión
Registro	El registro de inventario se realiza al momento en que se retira o agrega un producto al almacén.	Solo se cuenta durante el periodo de revisión
Tipo de artículo	Artículos de mayor valor, críticos o importantes, que tienen un margen de utilidad significativo.	Artículos de menor valor, con mayor dificultad de realizar la revisión.
Ventajas	Mayor control sobre el nivel de inventario, evitando así caer en faltante de producto. Permite tener monitoreo remoto de los inventarios, es decir no es necesario estar físicamente para levantar un pedido. Estabilidad en pedidos realizados a proveedor.	No incurre en altos costos para control de inventarios. El inventario inicial, compras, fletes, devoluciones, rebajas son conocidos durante el periodo determinado para la revisión manejando cuentas individuales. Permite obtener de forma más sencilla el estado de resultados.
Desventajas	Requiere de una mayor inversión en infraestructura tecnológica para el monitoreo en tiempo real de existencias físicas. Contempla una demanda constante, lo que lo hace vulnerable a cualquier cambio átipico en la demanda	Menor control sobre los niveles de inventario, debido a que se llega a tener conocimiento una vez que fue realizada la revisión. Dificil realizar un conteo físico para llevar un control de robos, errores, extravíos. Es necesario un inventario físico para conocer el valor real de lo existente. Requiere de mejores políticas internas

Cada una de ellas cuenta con sus similitudes, diferencias, ventajas y desventajas, por lo tanto, analizar previo a una implementación, es un requerimiento para tener éxito al adoptar alguna política de inventarios. Una de las diferencias más remarcables es que la revisión continua cuenta con un punto de reorden fijo, el cual se apega más a la demanda en tiempo real de un producto determinado, a diferencia de la periódica que al tener un tiempo de revisión establecido, es necesario esperar a que se cumpla el periodo para poder revisar si el nivel de inventario se encuentra por debajo del punto de reorden.

Por otro lado, dentro de la revisión continua se argumenta que es necesaria una mayor inversión en sistemas de control y tecnología de monitoreo en tiempo real que permita saber el momento exacto donde se llegó al nivel de reordenamiento, para poder notificar que se debe realizar el pedido o en su defecto solicitar automáticamente el lote de producto. A diferencia de la revisión periódica que con un sistema de control básico de personal de almacén, es difícil percibir cualquier faltante de producto en tiempo real, quedando un poco vulnerable ante cambios drásticos en el comportamiento de la demanda.

El tipo de productos que maneja la revisión continua son aquellos que tienen un valor alto en el mercado, permitiendo en su margen de utilidad el uso de tecnología para un monitoreo remoto. En cambio, la revisión periódica es utilizada con productos de bajo valor donde las cantidades son grandes y el conteo de existencias físicas representa un mayor tiempo dedicado

El tamaño de lote en la revisión continua es constante gracias a que con tiempos de entrega estables, el producto debe llegar cuando el nivel de producto está en su mínimo, evitando así los faltantes de producto o *stock out*. En el caso contrario, la revisión periódica cuenta con un parámetro de inventario máximo donde cada tiempo de revisión el tamaño de lote es la diferencia entre este punto superior y el nivel de inventario en ese momento.

Tipo de Demanda

Para la selección del modelo de acuerdo con el tipo de demanda, es necesario definir y localizar la información disponible en la empresa que se busca intervenir con la política de inventarios. De tal manera que, si no se cuenta con la información suficiente o en tiempo real para establecer un dato efectivo de demanda continua, es necesario realizar los cálculos estadísticos necesarios para definir una demanda probabilística.

En el caso de la demanda continua, es aplicable cuando el producto no cuenta con variabilidad en los pronósticos permitiendo que sean cantidades conocidas. Es decir, es determinada por el tipo de producto, así como del comportamiento de consumo, siendo frecuente y estable en cuanto al precio, es lo que permite determinar el tipo de modelo de inventarios a aplicar.

Por un lado, en la demanda continua, los lotes solicitados, así como la determinación de su tamaño se rige por un pronóstico, donde se considera que a lo largo de un periodo va a permanecer y mantenerse en un mismo nivel. Por el otro lado, en un modelo *EOQ* con demanda probabilística los valores que puede obtener en un periodo son aleatorios basados en una distribución con media y desviación estándar conocida [9].

2.5 Análisis y pronóstico de la demanda para la GI

Con el paso del tiempo el comportamiento de las ventas a nivel global ha incrementado su variabilidad, por lo que es importante entender, recolectar y analizar los datos de tal forma que se

pueda encontrar la manera más rápida y eficiente de satisfacer la demanda. Un punto crítico, que tiene como objetivo cumplir un nivel de servicio eficientemente, es el control de los niveles de inventario a partir de una planeación de pronósticos calculado, buscando siempre igualar la cantidad exacta de la demanda, evitando así los faltantes o sobrantes de producto.

Para toda empresa, en todo mercado global existe cierta variabilidad en la demanda, dada por la inestabilidad de la economía, temporadas de consumo, nuevos productos emergentes, entre otros. Un apropiado pronóstico de demanda es indispensable para planear los niveles de inventario que requiere la empresa, evitando excesos o incluso inexistencias que puedan generar costos adicionales.

Se define pronóstico como una proyección de la posible demanda en un periodo de tiempo, toma en cuenta factores como patrones de comportamiento, ciclos, temporadas, etc. que puedan alterar o afectar la demanda del consumidor. La mayoría de las empresas dentro de la cadena de suministro buscan tener pronósticos con un nivel de confiabilidad alto, pues de no ser así existe el llamado efecto "*bullwhip*" el cual si no se cuenta con un orden a la hora de realizar los pedidos, puede alterar la producción y pronósticos de todos los proveedores involucrados.

En la actualidad, las empresas que buscan altos niveles de eficiencia son necesarios pronósticos más efectivos, factor que motivó y abrieron paso a que se pensara en un balance de pronósticos a nivel cadena de suministro. Estas herramientas forman parte de la planeación dentro de la cual se está consciente de las siguientes características de cualquier pronóstico realizado [10]:

1. Los pronósticos siempre son imprecisos, a pesar de ser muy cercanos al valor real de la demanda, siempre existe un error dentro del pronóstico o variabilidad en la demanda.

2. Los pronósticos definidos a largo plazo usualmente son menos precisos que aquellos que son a corto plazo. Debido a que los de largo plazo tienen una desviación estándar del error relativo a la media mayor a la de corto plazo.

3. Mientras más lejos se encuentre la empresa del consumidor final, mayor es el nivel de distorsión de la información que recibe. Donde la variación en las órdenes va intensificando su amplitud.

2.5.1 Metodologías de Pronósticos

Cada empresa debe entender factores que los rodean como la demanda histórica, tiempo de entrega de resurtido, plan de descuentos a precios, etc. Esto para seleccionar la metodología correcta que encuentre un balance entre los factores objetivos y subjetivos de los pronósticos. Los métodos de pronóstico están clasificados de acuerdo a cuatro tipos:

- Cualitativos
- Series de tiempo
- Causal
- Simulación

Métodos Cualitativos

Este tipo de metodologías hoy en día son utilizados para pronósticos muy generales de algún mercado en específico, debido a que se basan en criterios como la experiencia, opinión, criterio, conocimiento de una o más personas. A pesar de existir *TI* y *SI* que automáticamente entregan pronósticos calculados, en los negocios tradicionales existe una revisión manual previa a cualquier inicio de manufactura o compra de producto, pues la confiabilidad que las generaciones pasadas depositan en la tecnología no siempre es la esperada. Por lo tanto, estos métodos confían de manera subjetiva en el juicio humano y en la inteligencia de los mismos.

Un ejemplo de método cualitativo es la investigación de mercado, pues recauda información a través de estudios, encuestas, grupos de enfoque o entrevistas que posiblemente puedan tener hallazgos de algún comportamiento de los compradores objetivo, teniendo como desventaja que las opiniones difícilmente son fáciles de traducir a números en un pronóstico. Otro ejemplo, es el método Delphi, que reúne a un conjunto de expertos en el tema que a través de un consenso iterativo llegan a un pronóstico aproximado de acuerdo con su conocimiento, teniendo como desventaja que puede llegar a ser costoso de llevar a cabo periódicamente [23].

Series de Tiempo

Este tipo de metodologías utilizan datos históricos para construir un pronóstico, asumiendo que la demanda en el pasado es un buen indicador del comportamiento futuro. Estos métodos son más apropiados cuando el patrón básico de la demanda no varía significativamente de un año a otro. Una técnica que es usada con frecuencia son los modelos de regresión, que mediante una ecuación matemática puede explicar el comportamiento de los datos históricos y de las variables involucradas en el mismo [10].

Las series de tiempo hacen referencia a los datos estadísticos que son recopilados, observados o registrados en intervalos de tiempo regular (diario, semanal, semestral, anual, etc.). Este término es aplicado a casos como ventas anuales totales de almacenes, producción anual, entre otros. Permitiendo de esta manera que el comportamiento a lo largo de periodos determinados de tiempo, expliquen los próximos valores que puede tomar la demanda en un futuro [9].

Las series de tiempo contemplan cuatro tipos de variaciones que dan el comportamiento y aspecto errático a los valores, estos son:

- Tendencia secular: se refiere a toda aquella variación propia de la serie que afecta el crecimiento o reducción de la misma. Siendo un resultado de factores que intervienen a largo plazo en el patrón de comportamiento.

- Variación estacional: componentes de la serie de tiempo que representa la variabilidad debido a influencias temporales o de estación, ocurriendo año tras año en los mismos periodos, aproximadamente con la misma intensidad.

- Variación cíclica: esta variabilidad permanece inclusive después de que las variaciones estacionales o irregulares han desaparecido, y que no dependen de factores sociales, físicos, etc.

- Variación irregular: es provocada por factores a corto plazo, cuestiones inesperadas, impredecibles y que no son recurrentes afectando a la serie de tiempo. Este factor le da la aleatoriedad natural de la serie.

Toda serie de tiempo está compuesta por una tendencia, la cual puede ser lineal o no lineal. La tendencia lineal viene dada por el movimiento general a largo plazo de la misma serie, pudiendo ser en aumento o en disminución. El método que mejor ajusta la línea recta a los datos es el Método de Mínimos Cuadrados. Así mismo, un método utilizado dentro de las series de tiempo para determinar la ecuación son los Modelos de Regresión Lineal [10].

La regresión tiene como objetivo encontrar la relación del comportamiento con diferentes variables que tienen influencia en ella. Específicamente en el pronóstico de la demanda busca determinar la ecuación que la explique a partir de una o más causas. De tal forma que exista una predicción sistematizada que tenga una variabilidad menor con respecto al consumo real del producto [2].

Así mismo existen métodos derivados de las series de tiempo, entre los cuales están la suavización exponencial, promedio móvil y descomposición.

Suavización Exponencial

Incluido dentro de las series de tiempo, es el método de pronósticos más utilizado en el mercado empresarial gracias a la simpleza de uso. Su funcionamiento, a diferencia de otros métodos, se da con pocos registros de periodos anteriores, destacando siempre los hechos más recientes sobre los antiguos. En cada ocasión que es calculado el pronóstico, la observación anterior es reemplazada con la demanda más reciente [40].

La formulación es sencilla, sólo requiere el pronóstico anterior, la demanda real del periodo de pronóstico y la constante de suavización. La precisión es mayor debido a que es un modelo

exponencial, así como a la flexibilidad de poder darle mayor importancia a la demanda más reciente o a la más antigua. Una de las desventajas, es la respuesta a la tendencia, ya que cuando hay cambios sistemáticos que hacen que el error de pronóstico sea mayor.

El método de suavización exponencial simple trabaja a través de una constante de suavización alfa (α) que tiene un valor comprendido entre 0 y 1. Aunque la aplicación real de su valor suele variar entre 0,05 y 0,50. La función de la constante de suavización es como un factor de ponderación, su variación se hace de acuerdo al peso que se quiera dar a datos recientes (alfa más elevado) o anteriores (alfa más bajo). En este sentido, si se hace un cálculo con α=1, el pronóstico de la demanda será exactamente igual al del periodo actual [40].

La fórmula de suavización exponencial es la siguiente:

$$Nuevo\ pronóstico = Pronóstico\ del\ periodo\ anterior + \alpha(Demanda\ real\ del\ periodo\ anterior - Pronóstico\ del\ periodo\ anterior)$$

Donde,

F_t = Nuevo Pronóstico

F_{t-1} = Pronóstico del periodo anterior

α = Constante de suavización

A_{t-1} = Demanda real del periodo anterior

Quedando la siguiente formulación:

$$F_t = F_{t-1} + \alpha(A_{t-1} - F_{t-1}) \tag{10}$$

$$0 < \alpha < 1 \quad y \quad t < 0$$

Promedio móvil

Es utilizado para ítems de clase B o C, es decir, aquellos que cuenten con demanda intermitente. Se establece un promedio de la demanda pasada (patrón constante y pequeñas fluctuaciones) dando el mismo peso a las últimas *N* demandas: entre mayor sea *N* (entre 8 y 15), menor será el coeficiente de variación y el peso de los últimos datos, lo que no permite respuesta rápida. En la ecuación (11) F_t es el nuevo pronóstico, A_t la demanda real del periodo *t*, y *N* es el número de periodos totales del pronóstico determinado por el evaluador.

$$F_t = \frac{A_t + A_{t-1} + A_{t-2} + \cdots + A_{t-N+1}}{N} \tag{11}$$

Es importante mencionar que mientras más periodos se tomen en cuenta para el promedio móvil, la curva tendrá una amplitud mayor. Por el otro lado, entre menos tendrá un mayor apego a la curva de los datos reales. Las cantidades más utilizadas son el promedio móvil de tres periodos y el de cinco.

Causal

Estas metodologías asumen que los pronósticos de la demanda están altamente correlacionados con ciertos factores del entorno. Estos desarrollan un modelo de causa y efecto entre la demanda y otras variables. Que permitan explicar mediante una ecuación matemática, determinada mediante el análisis de regresión, los valores de una variable en términos de la otra. Esta metodología busca distintos factores que pueden intervenir en el comportamiento, buscando siempre el que mayor acercamiento a los datos tenga.

Toma como base la obtención del valor de la variable dependiente a pronosticar de acuerdo con una relación de causa-efecto con otras variables totalmente independientes. El análisis de regresión lineal o regresión simple es la función más básica que puede explicar el comportamiento de la demanda, tomando como base la siguiente ecuación (16):

$$Y = a + bX \tag{12}$$

Donde,

Y = variable de respuesta o del pronóstico

X = variable predictora o del periodo de tiempo

a = valor de intersección con el eje X

b = valor de la pendiente (positiva o negativa)

La Ecuación (12) tiene como objetivo explicar el comportamiento de forma sencilla y básica, sin tomar en cuenta diversos factores externos que puedan afectar en la variable de respuesta.

Simulación

Dentro de los métodos de pronóstico que utilizan la simulación, se crea una imitación de las elecciones de los consumidores. Esto es posible gracias a *SI* expertos, que mediante el desarrollo de un algoritmo, tienen la capacidad de analizar los datos combinando las metodologías de series de tiempo y causales

Una vertiente de cualquier organización es la inteligencia competitiva, sin importar el sector y el giro, la cual en conjunto con la *TI* conceptos como inteligencia de negocios, *big data* y *data mining*, permiten poder encontrar tendencias, relaciones entre variables, comportamientos, patrones, etc.

en los datos de cualquier área, con el objetivo de llegar a una toma de decisión o desarrollo de estrategia competitiva eficiente [16]. Por ejemplo, empresas como *Amazon* en la venta en línea de productos y *Netflix* en la transmisión de películas en línea, han logrado desarrollar algoritmos que sean capaces de analizar datos históricos de manera independiente y automática, para predecir el comportamiento y posibles preferencias de sus consumidores, permitiéndoles gestionar sus recursos y niveles de inventario de una mejor manera.

2.5.2 Medidas para la selección de pronósticos

Para la selección de un método de pronósticos existen diferentes variables a considerar, al momento de seleccionar la técnica o método de pronóstico más adecuada, entre ellas las siguientes:

- El patrón de los datos.
- El contexto del pronóstico.
- La relevancia y disponibilidad de datos históricos.
- El grado de exactitud deseado.
- El periodo de tiempo que se va a pronosticar.
- El análisis de costo-beneficio del pronóstico.
- El punto del ciclo de vida en que se encuentra el producto.

Para llevar a cabo un pronóstico generalmente se sigue el siguiente proceso fundamental:

1. **Formulación del problema y recolección de datos**. Estos dos elementos se tratan como un único paso porque el problema determina los datos adecuados. Si no se dispone de los datos adecuados el problema tendría que redefinirse o se tendría que acudir a un método puramente cualitativo.
2. **Manipulación y limpieza de datos**. Es posible tener muchos o pocos datos, datos irrelevantes, datos desactualizados, etc., todos ellos requerirán de cierto procesamiento para obtener los datos necesarios y adecuados. Identificar el patrón de los datos es un punto clave en la manipulación de los datos, los cuales pueden ser cuatro diferentes, horizontal, tendencia, estacionario y cíclico.
3. **Construcción y evaluación del modelo**. Implica emplear los datos en un modelo de pronósticos que sea adecuado en términos de minimización del error de pronóstico.
4. **Aplicación del modelo (el pronóstico real)**. Consiste en los pronósticos reales del modelo que se generan una vez que se han recolectado y quizás reducido a sólo los datos adecuados, tan pronto se ha elegido un modelo adecuado de pronósticos.

5. **Evaluación del pronóstico**. Implica comparar los valores del pronóstico con los valores históricos reales. Frecuentemente, el examen de los patrones de errores lleva al analista a modificar el procedimiento de pronósticos.

El punto clave para la efectividad de un pronóstico está en la evaluación del mismo, previo a su aplicación como punto de partida para la gestión de los inventarios. Por lo cual se presentan medidas de desempeño que los tomadores de decisión requieren verificar para asegurar que sean lo más parecidos a la situación real.

Medidas de desempeño

Para la evaluación de un método de pronósticos existen diversas medidas de desempeño,
Es necesario el cálculo de error que permita observar con que certeza el pronóstico está siendo realizado. Determina qué modelo de pronóstico debe de ser implementado, así como muestra las características de la variabilidad de la demanda, permitiendo establecer los inventarios de seguridad. Permitiendo indicar cuando el modelo se encuentre por fuera de los rangos de control estadístico [36].

El error de un pronóstico se calcula de la siguiente forma:

$$e_t = x_t - \hat{x}_t \tag{13}$$

El error absoluto por su parte es de la siguiente manera:

$$|e_t| = |x_t - \hat{x}_t| \tag{14}$$

El error cuadrático es el siguiente:

$$e_t{}^2 = (x_t - \hat{x}_t)^2 \tag{15}$$

Dónde,

$e_t = Error\ del\ pronóstico$

$x_t = Valor\ real\ de\ la\ demanda$

$\hat{x}_t = Pronóstico\ de\ demanda$

Todos para el periodo *t*

Como cálculos subsecuentes de mayor importancia está el error porcentual absoluto, error medio absoluto, error cuadrático medio y error porcentual medio absoluto.

- *Error Porcentual Absoluto*

$$APE = 100 * \frac{|e_t|}{x_t} \tag{16}$$

- *Error Medio Absoluto*

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^{n} |e_t|}{n} \tag{17}$$

- *Raíz de Error Cuadrático Medio*

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^{n} {e_t}^2}{n}} \tag{18}$$

- *Error Porcentual Medio Absoluto*

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^{n} {|e_t|}/{x_t}}{n} \tag{19}$$

2.6 Técnicas para asignación de lotes

Es importante que, como parte de la planeación en un horizonte finito, se realice una asignación de inventario para una demanda pronosticada. Para lo cual, existen técnicas y algoritmos que apoyan de forma heurística el desarrollo de estos resultados. Teniendo como medida de desempeño el costo total de seguir este orden de pedidos, el cual está conformado por el costo de ordenar, costo de almacenamiento y el costo del producto mismo Ecuación (24).

$$CT = A(np) + h \sum I_t + C \sum Q_t \tag{20}$$

Donde,

A = costo de ordenar

np = número de pedidos

h = costo de almacenamiento por unidad

I_t = inventario por periodo t

C = costo del producto

Q_t = lote ordenado en el periodo t

Lot for Lot (*LFL*)

El objetivo de esta técnica es la reducción al mínimo de inventarios. Se adapta mejor a un sistema de venta tipo *pull* o programada. Esto debido a que busca siempre cumplir con la cantidad exacta de la demanda, utilizada en gran parte para la metodología *Just in Time.* Por lo tanto la secuencia de pedidos tiene el objetivo de igualar siempre la cantidad de producto de la demanda [10].

EOQ

Utilizando las cantidades calculadas de lote óptimo, punto de reorden se realiza periodo tras periodo la asignación de inventario a los pedidos realizados [9].

Algoritmo de Periodo Fragmentado

Utilizar el costo de ordenamiento (A) y costo de manejo de inventario (h) para determinar el número de unidades de la demanda por periodo (D_t) que es conveniente acumular en un pedido de acuerdo con la proporción de la Ecuación (21) [9]. Para realizar la primera iteración es necesario calcular el *PFB*.

$$PFB = \frac{A}{h} \tag{21}$$

$PF_1 = 0$
$PF_2 = D_2$
$PF_3 = D_2 + 2D_3$
$PF_t = D_2 + 2D_3 + 3D_4 + \ldots + (t\text{-}1)D_t$

Para determinar lote a ordenar y detener la iteración, para comenzar una nueva, existe una condición a cumplir la cual consiste en lo siguiente:

Si, $PF_{m+1} > PFB$

Entonces, $Q_i = D_1 + D_2 + D_3 + \ldots + D_t$

Costo Unitario Mínimo (*LUC*)

Técnica utilizada para determinar la cantidad por pedido que resulte el menor costo por periodo [9]. Donde se realizan iteraciones siguiendo la ecuación (22).

$$CT(t) = \frac{A + hD_2 + 2hD_3 + 3hD_4 + \cdots + (t-1)hD_t}{D_1 + D_2 + D_3 + \cdots + D_m} \tag{22}$$

Se detiene la iteración en el momento que se cumpla la siguiente condición:

$CT\ (t+1) > CT\ (t)$

Entonces, $Q_i = D_1 + D_2 + \ldots + D_t$

Algoritmo de lotes para periodos asignados

Se determina un número de periodos que se buscan realizar en un solo pedido. Es decir, se ordenan los requerimientos netos del periodo actual, o los del periodo actual más los del siguiente y así sucesivamente, incrementando el número de periodos a abarcar en un solo periodo. Todo esto dependiendo cual entregue el menor costo unitario [10].

Capítulo 3

Caso de Estudio: Empresa RGD Corp.

3.1 Desarrollo del caso de estudio

En este capítulo se describe caso de estudio teórico-práctico y real de la empresa RGD Corp., Pyme distribuidora de productos para motor. La parte práctica se desarrolla a través de una metodología propuesta que se integra por tres fases.

En la primera fase se efectuará el análisis de costos para la selección de la familia de productos de acuerdo al costo unitario de inventario. Así mismo, se realiza la clasificación *ABC* de la línea de productos seleccionada de acuerdo con el movimiento mensual.

Una vez determinado el grupo de productos con mayor impacto económico, se procede a la selección del pronóstico de la demanda. Aquel que tenga un mayor ajuste al comportamiento de los datos históricos de la demanda, tomando como medida de desempeño y precisión el *MAD*.

Finalmente, en la tercera fase, se calculan los tamaños de lotes y punto de reordenamiento óptimos. Comparando en una simulación de asignación de lotes a cada periodo, con cinco técnicas de asignación de inventario a una demanda pronosticada. De tal forma que se puedan unificar tanto la oferta (inventarios) como la demanda (pronósticos).

El diseño del caso se realizó tomando como guía los casos tipo Harvard.

Una agradable tarde de febrero del 2017, el director general de la empresa RGD observó que, debido al crecimiento de la organización, es necesario empezar a tener un proceso con respaldo teórico para sus metodologías, evitando así la influencia empírica para el control de los inventarios.

Al entrar al almacén vio que se contaba con mercancía obsoleta que desde hace 5 años no había tenido alguna rotación o venta, así como ciertos faltantes de productos que se sabe cuentan con una demanda constante y conocida. Específicamente la familia de productos de baterías contaba con el mayor valor en pérdidas por falta de mantenimiento, por lo tanto, en ese caso era necesario evitar tener inventario por periodos largos de tiempo.

Sabiendo que existen productos a los cuales se les requiere dar mantenimiento constante que implica un costo extra, el director general empezó a indagar sobre distintas formas básicas para llevar un control de la gestión de los inventarios, buscando siempre mantener la misma velocidad de respuesta y nivel de servicio al cliente.

Empresa RGD Corp.

RGD Corp. es una empresa que se encuentra ubicada a lo largo de la cadena de suministro justo después de la planta de fabricación como distribuidor mayorista, teniendo como clientes directos a detallistas (refaccionarias) o consumidores directos (fleteras, talleres, autotransporte).

RGD Corp. es una Pyme que cuenta con un total de 12 empleados, entre ellos dos repartidores, tres vendedores, dos encargados de cobranza, dos contadores, un almacenista, un gerente y el director general.

La empresa trabaja 312 días al año, una jornada de 8 horas diarias de lunes a sábado. Para lo cual contempla los siguientes salarios mensuales del personal:

- Almacén $6,750
- Reparto $6,500
- Ventas $9,000
- Cobranza $7,000
- Contabilidad $8,000
- Gerencia $15,000
- Dirección General $20,000

Productos

En la organización se cuentan con cinco vertientes que ofrecen un total de 53,652 productos al mercado mayorista y minorista de motores de servicio ligero, pesado e industrial:

- Lubricantes
- Filtros
- Baterías
- Balatas
- Anticongelante
- Químicos/Aditivos

Proveedores

RGD Corp. cuenta con una sola sucursal de venta y almacén ubicados en Oaxaca. Con ella abastece a todas las líneas de productos que ofrece al mercado de los municipios de la región central de Oaxaca, y una gran parte de regiones vecinas. Cada familia de productos cuenta con diversos proveedores variando distintos factores tanto a nivel producto como entre ellos.

En la parte Lubricantes, existen cuatro proveedores diferentes, entre ellos figuran por un lado dos marcas internacionales, P66 de Estados Unidos y VDL de Canadá, MXT y LBR son las dos marcas mexicanas, variando entre ellos la calidad, precio y rendimiento. Para los Filtros, se manejan cuatro marcas diferentes, entre ellas las aplicaciones de motor dependiendo de la región o continente de procedencia. Así mismo, las Balatas abastecidos por el proveedor GRX y Baterías por EXD siendo un proveedor único. Finalmente, los Químicos son abastecidos a través de tres proveedores

distintos el primero BCM ofreciendo productos de calidad, ecológicos a un precio elevado, el segundo PRS siendo especialista en anticongelantes y fabricante de aditivos, y el tercero GNK como proveedor único de aditivos a precio competitivo.

Canal de distribución, logística e inventarios

RGD Corp. cuenta con clientes los cuales atiende por venta telefónica, correo electrónico, visita física y por contrato. Ofreciendo en ocasiones un solo producto a un cliente con la búsqueda de un crecimiento en volumen de compra en todas las familias de productos existentes. Sin embargo, como principal fuente de ingreso es la venta de lubricantes para flotas de autotransporte y filtros de mantenimiento.

Por el otro lado en la actualidad, no se cuenta con un área destinada al control de la logística de los inventarios. No obstante, si se cuenta con procesos para la preparación de pedidos con la siguiente participación de empleados: dos almacenistas, un gerente de operaciones y compras, dos vendedores y el director general.

La política de inventarios actual consiste en un conteo manual periódico, estableciendo en base a la experiencia y juicio experto de la gerencia, el momento en el que se requiera. Para determinar las cantidades a ordenar, se toma como referencia las unidades vendidas en un periodo de un mes y medio, agregando posibles ventas sobre pedido. Entregando un resultado aproximado sin análisis de datos históricos, ni cálculos de tendencia suponiendo siempre que existe un crecimiento de las ventas.

Para transportar los pedidos realizados, cada proveedor cuenta con sus propias políticas de envío, teniendo tres modalidades distintas: servicio de flete pagado por el proveedor, flete con vehículos de la planta y servicio de flete subcontratado por RGD Corp. Se recibe la mercancía en el primer piso del único almacén, distribuido en tres pisos, por lo que la mercancía se mueve manualmente dejando los productos de mayor peso en el primero, subiendo los de menos peso al tercer piso.

Clientes

La empresa RGD Corp. cuenta con dos mercados en sus ventas principalmente, el mayorista y el minorista. Por un lado, el mayorista incluye empresas de autotransporte que cuentan con su propio control de mantenimientos, también talleres de mantenimiento y flotillas de transporte urbano y de pasaje foráneo. Por el otro lado, el minorista incluye clientes que acuden a la tienda detallista por la mercancía.

El transporte para entrega de productos a los clientes va incluido en el precio del producto. Existen excepciones donde ciertos productos por infraestructura, dimensiones y capacidades del almacén son entregados directamente de la planta al cliente.

Como parte de un servicio de la empresa, se cuenta con clientes que se les da la prestación de un inventario a consignación para garantizar que la respuesta del cliente a su consumidor sea inmediata, y hasta ese momento será cobrado por parte de RGD Corp. En el caso especial de las baterías se le da rotación cada dos meses que no han sido vendidas para mantenimiento.

Sistemas de Información

La empresa actualmente cuenta con un sistema de información administrativo independiente, complementado con sistemas para la cobranza, control de bancos, contabilidad y nómina. Dentro del sistema administrativo (*SA*) se llevan a cabo los procesos de inventarios, facturación y cobranza. Sin embargo, a pesar de ser una actualización de los inventarios automática, el control de los pedidos y envío de pedidos es realizado de forma manual.

Debido al giro comercial de RGD Corp. el *SA* contempla todas las operaciones de control de los inventarios, tanto altas como bajas mediante la venta o compra de mercancía de acuerdo con los procesos requeridos. No obstante, no se lleva un control de mercancía faltante, en el sentido de contar el número de productos o ventas perdidas.

Con los proveedores la comunicación es vía correo electrónica para el envío de órdenes de compra, contando algunos proveedores con sistemas o plataformas web para la captura de los mismos. Por lo que en ocasiones los pedidos no son de entrega inmediata, sino se hace un contra pedido con los productos que tienen disponibles en la planta y productos que se quedarían en *backorder*, para envío en la siguiente solicitud. Finalmente, se realiza una confirmación de la orden por correo electrónico o vía telefónica.

Los hechos

En los últimos cinco años, la compañía experimentó un crecimiento en las ventas al ofrecer soluciones de calidad premium al mercado, teniendo incrementos en las ventas de aproximadamente un 6%, permitiendo comenzar a abrir nuevos mercados, así como más variedad en el portafolio de productos a ofrecer.

En los primeros meses del año 2017, el director general comenzó a estandarizar los procesos y actividades de los que son responsables cada empleado. Lo cual, despertó el interés en enfocarse en el punto crítico de cualquier empresa comercializadora, los inventarios. Observando que existían áreas de oportunidad para incrementar la velocidad de respuesta y el nivel de servicio al cliente.

El problema caía dentro de las siguientes teorías:

- *El personal de almacén no realiza las funciones adecuadas para el manejo, acomodo y mantenimiento en tiempo y forma; lo que trae un aumento en el número de mercancía perdida.*
- *El área gerencial que solicita los pedidos y ordena productos con el objetivo de tener el mayor portafolio de productos, sin importar el tiempo que se queden en almacenamiento.*

- *El director general ha escuchado quejas de los clientes acerca del tiempo de espera para la entrega de su pedido y que en ocasiones no cuenta con la numeración que ellos esperan.*

Las ventas seguían incrementando, no obstante, el interés del director general en saber los costos que le permiten mantener la utilidad deseada provocó que se tuviera que enfrentar a una serie de problemas previos a la reducción de los costos.

A partir del siguiente planteamiento, el director general toma la iniciativa de estandarizar las tareas y procesos del almacén. Comenzó con la reestructuración de la distribución física de la mercancía dentro del almacén, para más tarde comprar señaladores que designen el área de cada producto. Sin embargo, para el control de inventarios se requería de un equipo especializado que recolectara, analizara y entregara resultados para el mejoramiento gradual de los pedidos.

Los interrogantes que plantearon el director y el gerente son los siguientes:

- *¿Qué familia de productos está costando más mantenerla en inventario?*
- *¿Qué metodologías existen para el control de inventarios?*
- *¿Qué información requerimos recolectar para determinar cuánto y cuándo ordenar?*
- *¿Cómo se puede encontrar el punto de equilibrio entre las compras y las ventas?*
- *¿Qué otro tipo de métodos existen para los productos que no cuentan con tanto movimiento?*

3.2 Fase I: Análisis y recolección de información

Para la selección de la línea de productos que mayor costo de inventarios por unidad, es necesario recolectar los costos de mantenimiento, capital para la compra del producto, así como el gasto para el manejo de los productos, incluyendo costos de salarios de personal, gastos fijos, gastos variables y pérdidas.

A continuación, se detalla un análisis de la información recolectada para determinar la familia de productos que mayor pérdida económica está generando anualmente por la ausencia de control en inventarios. Posteriormente dentro de esta sección, se realizará una categorización ABC para definir el 20% de los productos de la familia seleccionada que tienen el impacto en el 80% de las ventas anuales.

3.2.1 Selección de familia de productos

Esta sección recolecta los distintos costos involucrados en el mantenimiento de cada familia de productos en el almacén. Existe un alto nivel ineficiencia en los costos de inventario, que se reflejan en el tiempo invertido por parte del personal de almacén para el manejo de producto, y en la generación de alto nivel de inventario obsoleto o el tiempo de rotación de ciertos productos es elevado.

En el almacén se cuenta con un total de 53,652 unidades en promedio, distribuidas por número de unidades por familia de productos, como se especifica en la Tabla 5.

Tabla 5. Unidades en almacén por familia de producto

Linea de Productos	Unidades promedio en almacén
Aceite	36,619
Filtros	10,427
Baterías	406
Balatas	1,088
Anticongelante	1,006
Químicos/Aditivos	4,106

Dentro del almacén para cualquier producto se incurre en los siguientes gastos:

- Gastos Fijos
  - Servicios $10,680 /año
- Gastos Variables
  - Mantenimiento $9,600 /año
- Salario personal almacén
  - $162,000 /año ($6,750 /mensual dos empleados)

- Gasto por pérdidas
  - Filtros $9,120.12 /año
  - Aceite $2,880.63 /año
  - Baterías $9,762.51 /año
  - Balatas $1,440.36 /año
  - Anticongelante $3,180.50 /año
  - Químicos $1,783.44 /año

- Gasto extraordinario mantenimiento
    - Luz para recarga de baterías $4,320 /año

De acuerdo con los costos plasmados en la lista anterior, se puede determinar que el costo por producto para cada familia (Tabla 6) es el siguiente:

Tabla 6. Costo de mantenimiento en almacén por familia de productos

Clave Producto	Costo total	Uds. almacen	Costo Total x Prod
Aceite	$127,291.86	36619	$ 3.48
Filtros	$ 44,545.33	10427	$ 4.27
Baterías	$ 15,461.87	406	$ 38.08
Balatas	$ 5,136.79	1088	$ 4.72
Anticongelante	$ 6,598.33	1006	$ 6.56
Químicos	$ 15,733.37	4106	$ 3.83

Podemos observar que la familia de productos con el costo más alto por producto almacenado de $38.08 unidad/año, son las Baterías. Tomando en cuenta que a pesar de no ser aquella que tiene el mayor costo total, al momento de calcular lo invertido de acuerdo con el número de unidades en almacén, se observa la gran diferencia con respecto a los demás.

Razón principal por la cual fue seleccionada la línea de productos de Baterías para efectuar el modelo de inventarios, teniendo como punto de partida la siguiente problemática. Dentro de la empresa RGD Corp. el nivel de gasto de mantenimiento periódico de inventario en el que se incurre para cada unidad de la línea de baterías con la finalidad de tenerlos en el nivel de carga óptimo para su venta. Este mantenimiento en ocasiones no es realizado en tiempo y forma a las baterías que cuentan con mayor nivel de obsolescencia, pasando de mantenimiento a costo por producto perdido. Por ende, es relevante hacer énfasis en un control de mantenimientos, así como en un cálculo de cantidades a ordenar para evitar un sobre inventariado de productos que no cuenten con la demanda suficiente.

Para tener un punto de partida es importante determinar el porcentaje que representa el costo de almacenaje total, tanto de las ventas de esa familia de productos, como del capital total invertido en el inventario (Tabla 7).

Tabla 7. Porcentajes de representatividad del costo de almacenaje anual

		Costo Almacenaje	Resultado
Ventas	$ 3,049,351.96	$ 202,362.51	7%
Capital Total en Inventario Baterías	$ 2,457,271.26		8%

Podemos observar como el porcentaje que representa tan sólo el almacenaje de los productos con respecto a las ventas y al capital total invertido de las baterías, es de un 7 y 8% respectivamente. Para una Pyme, usualmente el costo de almacenaje de inventario esta entre el 15 y 20%, lo cual nos indica que se encuentra dentro del intervalo de normalidad. Sin embargo, debido al crecimiento la empresa RGD Corp., es necesario determinar un control temprano de cuánto cuesta y si es viable mantener producto en inventario. Pues, entre más productos vaya adquiriendo por la expansión y crecimiento, mayor es el nivel de inventario que va a requerir dependiendo de la estrategia de respuesta al cliente que se adopte.

3.2.2 Análisis Categorización ABC

Para comenzar con la clasificación de la línea seleccionada en el apartado anterior, se presenta en la Tabla 8 el listado de las 34 claves de los productos que están incluidos en la familia de baterías. De las cuales se seleccionarán entre 10 y 12 productos que representen el mayor porcentaje de las ventas.

Tabla 8. Claves familia de productos de Baterías

Clave Baterías		
HC-31D	24F-60	86-60
47-60	65-72	F-4DLT
35-60	HC-31E	51R-60
42-60	49-60	NS40Z
COM-8DP	58-60	26R-50
34-60	78DT	27F-60
65-60	HP-31D	78-60
41-60	HP-31E	75-60
26R-60	35-84N	COM-4DP
27-60	48-60	24-60
75DT-60	58R-60	51-60
	75-60P	

En el Anexo A se muestran las tablas de la demanda mensual por año, tomando en cuenta los años 2014, 2015 y 2016 para realizar una ponderación y en base a la demanda total, ver cuáles cuentan con el 70% del movimiento anual total. Quedando como resultado concentrado, de las Tablas 9 a la 11, las ventas de los productos de la familia de baterías ordenadas de mayor movimiento a menor.

Tabla 10. Acumulado año 2014 ventas baterías con Clasificación ABC

2014				
Clave	Total Baterías	% Total	Acumulado	Clase
HC-31D	303	21,972%	21,972%	A
47-60	144	10,442%	32,415%	
COM-8DP	129	9,355%	41,769%	
35-60	83	6,019%	47,788%	
42-60	81	5,874%	53,662%	
65-60	69	5,004%	58,666%	
34-60	58	4,206%	62,872%	
58-60	54	3,916%	66,788%	
65-72	52	3,771%	70,558%	
F-4DLT	42	3,046%	73,604%	B
HP-31D	42	3,046%	76,650%	
26R-60	38	2,756%	79,405%	
HC-31E	36	2,611%	82,016%	
78DT	34	2,466%	84,482%	
HP-31E	31	2,248%	86,730%	
41-60	29	2,103%	88,832%	
24F-60	24	1,740%	90,573%	
49-60	21	1,523%	92,096%	
75-60	20	1,450%	93,546%	
26R-50	16	1,160%	94,706%	C
48-60	12	0,870%	95,577%	
51R-60	11	0,798%	96,374%	
75-60P	9	0,653%	97,027%	
27F-60	8	0,580%	97,607%	
58R-60	7	0,508%	98,115%	
86-60	6	0,435%	98,550%	
NS40Z	6	0,435%	98,985%	
24-60	5	0,363%	99,347%	
75DT-60	3	0,218%	99,565%	
78-60	3	0,218%	99,782%	
27-60	2	0,145%	99,927%	
51-60	1	0,073%	100,000%	
35-84N	0	0,000%	100,000%	
COM-4DP	0	0,000%	100,000%	
Total	**1379**			

Tabla 9. Acumulado año 2015 ventas baterías con Clasificación ABC

2015				
Clave	Total Baterías	% Total	Acumulado	Clase
HC-31D	305	20,991%	20,991%	A
47-60	188	12,939%	33,930%	
COM-8DP	105	7,226%	41,156%	
34-60	93	6,401%	47,557%	
42-60	86	5,919%	53,476%	
65-60	80	5,506%	58,981%	
26R-60	65	4,474%	63,455%	
35-60	64	4,405%	67,860%	
58-60	64	4,405%	72,264%	
65-72	62	4,267%	76,531%	B
41-60	47	3,235%	79,766%	
49-60	35	2,409%	82,175%	
24F-60	31	2,134%	84,308%	
F-4DLT	28	1,927%	86,235%	
78DT	26	1,789%	88,025%	
HC-31E	24	1,652%	89,677%	
51R-60	16	1,101%	90,778%	
26R-50	14	0,964%	91,741%	
48-60	14	0,964%	92,705%	
75DT-60	14	0,964%	93,668%	C
75-60	12	0,826%	94,494%	
HP-31E	12	0,826%	95,320%	
NS40Z	11	0,757%	96,077%	
24-60	10	0,688%	96,765%	
27-60	10	0,688%	97,454%	
27F-60	10	0,688%	98,142%	
78-60	10	0,688%	98,830%	
HP-31D	8	0,551%	99,381%	
58R-60	6	0,413%	99,794%	
35-84N	4	0,275%	100%	
86-60	4	0,275%	100%	
COM-4DP	3	0,206%	100,6%	
75-60P	2	0,138%	100,7%	
51-60	1	0,069%	100,8%	
Total	**1453**			

Tabla 11. Acumulado del año 2016 ventas baterías con Clasificación ABC

2016				
Clave	**Total Baterías**	**% Total**	**Acumulado**	**Clase**
HC-31D	286	18,5594%	18,5594%	**A**
47-60	195	12,6541%	31,2135%	
35-60	127	8,2414%	39,4549%	
42-60	102	6,6191%	46,0740%	
COM-8DP	89	5,7755%	51,8494%	
34-60	77	4,9968%	56,8462%	
65-60	75	4,8670%	61,7132%	
41-60	64	4,1531%	65,8663%	
26R-60	59	3,8287%	69,6950%	
24F-60	47	3,0500%	72,7450%	**B**
65-72	37	2,4010%	75,1460%	
HC-31E	37	2,4010%	77,5470%	
49-60	35	2,2713%	79,8183%	
58-60	35	2,2713%	82,0896%	
78DT	35	2,2713%	84,3608%	
HP-31D	27	1,7521%	86,1129%	
HP-31E	27	1,7521%	87,8650%	
35-84N	26	1,6872%	89,5522%	
48-60	26	1,6872%	91,2395%	
86-60	24	1,5574%	92,7969%	**C**
F-4DLT	24	1,5574%	94,3543%	
51R-60	17	1,1032%	95,4575%	
NS40Z	14	0,9085%	96,3660%	
26R-50	11	0,7138%	97,0798%	
27F-60	10	0,6489%	97,7287%	
78-60	9	0,5840%	98,3128%	
75-60	8	0,5191%	98,8319%	
COM-4DP	8	0,5191%	99,3511%	
24-60	7	0,4543%	99,8053%	
27-60	6	0,3894%	100,1947%	
75DT-60	4	0,2596%	100,4543%	
58R-60	3	0,1947%	100,6489%	
51-60	2	0,1298%	100,7787%	
75-60P	2	0,1298%	100,9085%	
Total Baterías	**1555**			

De acuerdo con la información de las tablas anteriores, se determinó que la clase A, con un impacto del 70-72% en los movimientos totales, para la evaluación del modelo de inventarios está conformada por las siguientes claves de producto:

- 26R-60
- 34-60
- 35-60
- 41-60
- 42-60
- 47-60
- 58-60
- 65-60
- 65-72
- COM-8DP
- HC-31D

Productos en Política de Inventarios

La línea de productos seleccionada para evaluar es la de acumuladores para servicio ligero, pesado e industrial, donde se realizó una clasificación ABC para determinar los productos que tienen mayor influencia en el ingreso o en los términos logísticos de acuerdo a las unidades vendidas semanalmente.

La línea completa de productos integra un total de 34 productos, teniendo como objetivo principal la Clase A, conformada por los 11 productos (Tabla 12) que en promedio tuvieron mayor rotación en un año. Estos datos fueron obtenidos del *SA* de RGD Corp., analizando que siguieran una distribución normal especificada dentro del Anexo B.

Una vez comprobada, a través de herramientas estadísticas como Minitab, la normalidad mediante pruebas a los datos, se obtuvo una tabla final con la demanda promedio en el año junto con la desviación estándar respectiva.

Tabla 12. Demanda anual promedio y desviación estándar clase A

Clave Producto	Demanda anual promedio	Desviación Estándar
HC-31D	298.0	6.0
47-60	175.7	2.5
COM-8DP	107.7	2.7
35-60	91.3	3.3
42-60	89.7	1.9
34-60	76.0	1.4
65-60	74.7	1.4
26R-60	54.0	1.1
58-60	51.0	1.5
65-72	50.3	0.9
41-60	46.7	1.7

Hallazgos de la Fase I

- La empresa, a pesar de contar con información en tiempo real existen inconsistencias y discrepancias en el conteo de inventario, los cuales fueron descartados en los datos obtenidos.
- No existen indicadores clave en RGD Corp. que midan el nivel de servicio al cliente ofrecido, ni se contabilizan las pérdidas por faltante.
- El costo de mantenimiento de baterías en inventario representa el 7% de las ventas totales.

- El costo de mantenimiento en inventario de baterías representa el 8% del total de capital invertido en esa línea de producto.
- Existe una gran diferencia entre el costo de mantenimiento de las baterías con respecto al de las demás familias de productos. Teniendo una diferencia de al menos $31 por producto al año.
- Se sigue una metodología de pronósticos por la experiencia de la dirección general.

3.3 Fase II: Selección de método de pronósticos

Para la siguiente fase se tomaron en cuenta métodos de pronósticos cuantitativos, ya sean causales o de series de tiempo. Se analizarán tres diferentes metodologías con el objetivo de seleccionar aquella que se ajuste con mayor precisión al comportamiento histórico de los datos de la demanda. Entre ellas:

1. Suavización Exponencial Simple (*SE*)
2. Promedio Móvil Simple (*PM*)
3. Regresión Lineal (*RL*)

Se tomarán en cuenta como medidas de desempeño el *APE*, *MAD*, *RMSE* y *MAPE*. Seleccionando aquella que cuente con el menor *MAD*. Los datos utilizados serán las ventas mensuales de RGD Corp. durante los años 2014, 2015 y 2016.

Como paso previo al desarrollo de los pronósticos, es fundamental la identificación de patrones de comportamiento de los datos a través del tiempo. Se obtuvieron gráficos del total de los periodos y de un año promediando los tres datos por mes existentes (n=12). Se obtuvieron los siguientes resultados en las Tablas 13 y 14 a los gráficos contenidos en el Anexo C.
La mayor parte con seis productos a lo largo de los 36 periodos presenta una tendencia creciente, no obstante, existen tres productos con pendiente negativa y dos con un nivel horizontal sobre el que varía aleatoriamente.

Tabla 13. Patrón y datos para todos los periodos

n=36	*Patrón gráfico*	*Media* $(\bar{X})$	*Desviación Estándar* (σ)
26R-60	Creciente	4.50	2.49
34-60	Creciente	6.33	2.54
35-60	Creciente	7.61	5.69
41-60	Creciente	3.89	2.75
42-60	Creciente	7.47	3.22
47-60	Creciente	14.64	4.80
58-60	Decreciente	4.25	2.58
65-60	Horizontal	6.22	2.62
65-72	Decreciente	4.19	2.15
COM-8DP	Decreciente	8.97	4.78
HC-31D	Horizontal	24.83	10.55

Tabla 14. Patrón y datos de gráfico para n=12

n=12	*Patrón gráfico*	*Demanda anual*	*Media* $(\bar{X})$	*Desviación Estándar* (σ)
26R-60	Creciente	54.00	4.50	1.15
34-60	Horizontal	76.00	6.33	1.47
35-60	Creciente	91.33	7.61	3.49
41-60	Horizontal	46.67	3.89	1.81
42-60	Creciente	89.67	7.47	2.01
47-60	Creciente	175.67	14.64	2.62
58-60	Creciente	51.00	4.25	1.53
65-60	Creciente	74.67	6.22	1.46
65-72	Horizontal	50.33	4.19	0.96
COM-8DP	Creciente	107.67	8.97	2.79
HC-31D	Creciente	298.00	24.83	6.25

Al promediar cada mes con el objetivo de reducir el horizonte de planificación, se observa como aquellos que contaban con un patrón decreciente, el cual era poco significativo, ahora cuentan con uno creciente u horizontal. Esto simplifica la precisión de cualquier pronóstico a realizar. Es importante tomar en cuenta el gráfico resultante, debido a que es necesario que mantenga estabilidad sobre un nivel determinado y una desviación estándar menor.

3.3.1 Pronóstico Suavización Exponencial Simple

El pronóstico de Suavización Exponencial (*SES*) se realizó para los 12 meses promedio de la Clase A. Debido que se tiene como objetivo un rápido ajuste a los cambios en la demanda, se realizaron iteraciones a prueba y error para la constante de suavización. Determinando que la constante de suavización de $\alpha = 0.1$, es aquella que arroja un *MAD* menor para los dos productos de mayor movimiento (HC-31D y 47-60).

Los pronósticos del primer periodo de todos los productos de la Clase A, son establecidos por la gerencia de RGD Corp. A continuación, en la Tabla 15 se presentan los resultados del método de suavización exponencial simple.

Tabla 15. Pronóstico suavización exponencial con α=0.1 para n=12

Suavización Exponencial Promedio																
	t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
Clave	Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total		
26R-60	D_t	5	3	3	5	6	4	4	5	4	5	4	7	55	MAD	1.209
	F_t	6	6	6	5	5	5	5	5	5	5	5	5		RMSE	0.865
	$\|e_t\|$	1	2.9	2.61	0.349	0.686	1.383	1.244	0.12	1.108	0.003	0.997	2.102		MAPE	31%
	APE	20%	97%	87%	7%	11%	35%	31%	2%	28%	0%	25%	30%			
34-60	D_t	5	7	4	8	7	9	6	5	9	7	5	5	77	MAD	1.550
	F_t	5	5	5	5	5	6	6	6	6	6	6	6		RMSE	1.094
	$\|e_t\|$	0	2	1.2	2.92	1.628	3.465	0.119	0.893	3.196	0.877	1.211	1.09		MAPE	23%
	APE	0%	29%	30%	37%	23%	39%	2%	18%	36%	13%	24%	22%			
35-60	D_t	8	5	3	5	9	8	12	8	7	16	4	6	91	MAD	2.780
	F_t	8	8	8	7	7	7	7	8	8	8	9	8		RMSE	2.090
	$\|e_t\|$	0	3	4.7	2.23	1.993	0.794	4.714	0.243	0.781	8.297	4.533	2.08		MAPE	46%
	APE	0%	60%	157%	45%	22%	10%	39%	3%	11%	52%	113%	35%			
41-60	D_t	4	4	2	5	3	3	8	5	3	4	2	4	47	MAD	1.800
	F_t	6	6	6	5	5	5	5	5	5	5	5	5		RMSE	1.215
	$\|e_t\|$	2	1.8	3.62	0.258	2.232	2.009	3.192	0.127	2.115	0.903	2.813	0.532		MAPE	68%
	APE	50%	45%	181%	5%	184%	67%	40%	3%	70%	23%	141%	13%			
42-60	D_t	6	5	5	7	8	11	7	7	7	11	8	9	91	MAD	1.556
	F_t	8	8	8	7	7	7	8	8	8	7	8	8		RMSE	1.144
	$\|e_t\|$	2	2.8	2.52	0.268	0.759	3.683	0.685	0.617	0.555	3.5	0.15	1.135		MAPE	22%
	APE	33%	56%	50%	4%	9%	33%	10%	9%	8%	32%	2%	13%			
47-60	D_t	16	11	11	13	14	14	17	16	14	20	13	17	176	MAD	2.096
	F_t	15	15	15	14	14	14	14	14	15	15	15	15		RMSE	1.517
	$\|e_t\|$	1	4.1	3.69	1.321	0.189	0.17	2.847	1.562	0.594	5.465	2.081	2.127		MAPE	15%
	APE	6%	37%	34%	10%	1%	1%	17%	10%	4%	27%	16%	13%			
58-60	D_t	3	3	3	5	4	4	4	7	3	7	5	4	52	MAD	1.055
	F_t	4	3.9	3.8	3.7	3.9	3.9	3.9	3.9	4.2	4.1	4.4	4.4		RMSE	0.822
	$\|e_t\|$	1	0.9	0.81	1.271	0.144	0.13	0.117	3.105	1.206	2.915	0.623	0.439		MAPE	23%
	APE	33%	30%	27%	25%	4%	3%	3%	44%	40%	42%	12%	11%			
65-60	D_t	4	7	5	5	7	8	6	6	4	8	5	8	73	MAD	1.336
	F_t	5	5	5	5	5	5	6	6	6	5	6	6		RMSE	0.942
	$\|e_t\|$	1	2.1	0.11	0.099	1.911	2.72	0.448	0.403	1.637	2.526	0.726	2.346		MAPE	21%
	APE	25%	30%	2%	2%	27%	34%	7%	7%	41%	32%	15%	29%			
65-72	D_t	5	4	4	3	5	5	3	6	3	5	4	4	51	MAD	0.901
	F_t	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5		RMSE	0.624
	$\|e_t\|$	0	1	0.9	1.81	0.371	0.334	1.699	1.47	1.677	0.491	0.558	0.502		MAPE	25%
	APE	0%	25%	23%	60%	7%	7%	57%	25%	56%	10%	14%	13%			
COM-8DP	D_t	10	8	8	8	8	5	10	7	8	14	8	14	108	MAD	2.209
	F_t	10	10	10	10	9	9	9	9	9	9	9	9		RMSE	1.579
	$\|e_t\|$	0	2	1.8	1.62	1.458	4.312	1.119	1.993	0.794	5.286	1.243	4.881		MAPE	26%
	APE	0%	25%	23%	20%	18%	86%	11%	28%	10%	38%	16%	35%			
HC-31D	D_t	21	20	15	31	22	28	39	25	22	29	26	20	298	MAD	4.671
	F_t	22	22	22	21	22	22	23	24	24	24	25	25		RMSE	3.752
	$\|e_t\|$	1	1.9	6.71	9.961	0.035	5.968	16.37	0.734	2.339	4.895	1.405	4.735		MAPE	18%
	APE	5%	9%	45%	32%	0%	21%	42%	3%	11%	17%	5%	24%			

3.3.2 Pronóstico Promedio Móvil Simple

Para el desarrollo del pronóstico de Promedio Móvil Simple de longitud 5 periodos, se realizó el pronóstico para un intervalo de 3, 4 y 5 periodos (Anexo D), seleccionando aquel que menor *MAD* resultó. Dando los siguientes resultados de la Tabla 16.

Tabla 16. Pronóstico Promedio Móvil para n=12

Promedio Móvil Simple 5 Periodos

	t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
Clave	**Año**	**Ene**	**Feb**	**Mar**	**Abr**	**May**	**Jun**	**Jul**	**Ago**	**Sep**	**Oct**	**Nov**	**Dic**	**Total**		
26R-60	**At**	5	3	3	5	6	4	4	5	4	5	4	7	**55**	**MAD**	0.750
	Ft	5	3	3	5	4	4	4	5	5	4	4	5		**RMSE**	0.980
	$\lvert e_t \rvert$	0	0	0	0	1.6	0.2	0.4	0.2	0.6	0.6	0.4	2		**MAPE**	14%
	APE	0%	0%	0%	0%	27%	5%	10%	4%	15%	12%	10%	29%			
34-60	**At**	5	7	4	8	7	9	6	5	9	7	5	5	**77**	**MAD**	1.275
	Ft	5	7	4	8	6	7	7	7	7	7	6	6		**RMSE**	1.412
	$\lvert e_t \rvert$	0	0	0	0	0.8	2	0.8	2	1.8	0.2	1.4	1.2		**MAPE**	20%
	APE	0%	0%	0%	0%	11%	22%	13%	40%	20%	3%	28%	24%			
35-60	**At**	8	5	3	5	9	8	12	8	7	16	4	6	**91**	**MAD**	3.150
	Ft	8	5	3	5	6	6	7	8	9	10	9	8		**RMSE**	3.626
	$\lvert e_t \rvert$	0	0	0	0	3	2	4.6	0.4	1.8	5.8	5.4	2.2		**MAPE**	42%
	APE	0%	0%	0%	0%	33%	25%	38%	5%	26%	36%	135%	37%			
41-60	**At**	4	4	2	5	3	3	8	5	3	4	2	4	**47**	**MAD**	1.225
	Ft	4	4	2	5	4	3	4	5	4	5	4	4		**RMSE**	1.704
	$\lvert e_t \rvert$	0	0	0	0	0.6	0.4	3.8	0.2	1.4	0.6	2.4	0.4		**MAPE**	35%
	APE	0%	0%	0%	0%	20%	13%	48%	4%	47%	15%	120%	10%			1.621
42-60	**At**	6	5	5	7	8	11	7	7	7	11	8	9	**91**	**MAD**	0.933
	Ft	6	5	5	7	6	7	8	8	8	9	8	8		**RMSE**	1.808
	$\lvert e_t \rvert$	0	0	0	0	1.8	3.8	0.6	1	1	2.4	0	0.6		**MAPE**	15%
	APE	0%	0%	0%	0%	23%	35%	9%	14%	14%	22%	0%	7%			
47-60	**At**	16	11	11	13	14	14	17	16	14	20	13	17	**176**	**MAD**	1.950
	Ft	16	11	11	13	13	13	14	15	15	16	16	16		**RMSE**	2.238
	$\lvert e_t \rvert$	0	0	0	0	1	1.4	3.2	1.2	1	3.8	3	1		**MAPE**	12%
	APE	0%	0%	0%	0%	7%	10%	19%	8%	7%	19%	23%	6%			
58-60	**At**	3	3	3	5	4	4	4	7	3	7	5	4	**52**	**MAD**	0.950
	Ft	3	3	3	5	4	4	4	5	4	5	5	5		**RMSE**	1.249
	$\lvert e_t \rvert$	0	0	0	0	0.4	0.2	0	2.2	1.4	2	0.2	1.2		**MAPE**	19%
	APE	0%	0%	0%	0%	10%	5%	0%	31%	47%	29%	4%	30%			
65-60	**At**	4	7	5	5	7	8	6	6	4	8	5	8	**73**	**MAD**	1.250
	Ft	4	7	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6		**RMSE**	1.414
	$\lvert e_t \rvert$	0	0	0	0	1.4	1.6	0.2	0.4	2.2	1.6	0.8	1.8		**MAPE**	20%
	APE	0%	0%	0%	0%	20%	20%	3%	7%	55%	20%	16%	23%			
65-72	**At**	5	4	4	3	5	5	3	6	3	5	4	4	**51**	**MAD**	0.850
	Ft	5	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4		**RMSE**	0.959
	$\lvert e_t \rvert$	0	0	0	0	0.8	0.8	1	1.6	1.4	0.6	0.2	0.4		**MAPE**	21%
	APE	0%	0%	0%	0%	16%	16%	33%	27%	47%	12%	5%	10%			
COM-8DP	**At**	10	8	8	8	8	5	10	7	8	14	8	14	**108**	**MAD**	2.050
	Ft	10	8	8.0	8.0	8.4	7.4	7.8	7.6	7.6	8.8	9.4	10.2		**RMSE**	2.615
	$\lvert e_t \rvert$	0	0	0	0	0.4	2.4	2.2	0.6	0.4	5.2	1.4	3.8		**MAPE**	21%
	APE	0%	0%	0%	0%	5%	48%	22%	9%	5%	37%	18%	27%			
HC-31D	**At**	21	20	15	31	22	28	39	25	22	29	26	20	**298**	**MAD**	4.150
	Ft	21	20	15.0	31.0	21.8	23.2	27.0	29.0	27.2	28.6	28.2	24.4		**RMSE**	5.414
	$\lvert e_t \rvert$	0	0	0	0	0.2	4.8	12	4	5.2	0.4	2.2	4.4		**MAPE**	15%
	APE	0%	0%	0%	0%	1%	17%	31%	16%	24%	1%	8%	22%			

3.3.3 Regresión lineal

Cómo método causal fue seleccionado la Regresión Lineal (*RL*) simple tomando en cuenta el único dato disponible, en este caso el tiempo.

Las ecuaciones que expresan el comportamiento para cada producto (Tabla 17) son las siguientes:

Tabla 17. Ecuaciones lineales de los productos para n=12

	Ecuación lineal
26R-60	*0.1096t + 3.7879*
34-60	*0.014t + 6.2424*
35-60	*0.2564t + 5.9444*
41-60	*0.0256t + 3.7222*
42-60	*0.3298t + 5.3283*
47-60	*0.3485t + 12.374*
58-60	*0.1807t + 3.0758*
65-60	*0.1329t + 5.3586*
65-72	*-0.0058t + 4.2323*
COM-8DP	*0.3415t + 6.7525*
HC-31D	*0.3753t + 22.39*

Donde *t* es el número de periodo.

Es importante mencionar que una ecuación lineal, no cuenta con velocidad ni flexibilidad para responder a valores atípicos en la demanda. Sin embargo, la determinación de esta expresión matemática es una referencia para conocer el nivel aproximado del valor de la demanda del siguiente periodo, ya que el cambio con respecto al tiempo es bajo para todos los ítems (entre 0 y 0.4).

Tabla 18. Pronóstico Regresión Lineal Simple para n=12

Regresión Lineal																
	t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
Clave	Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total		
26R-60	At	5	3	3	5	6	4	4	5	4	5	4	7	55	MAD	0.898
	Ft	3.9	4	4.1	4.2	4.3	4.4	4.6	4.7	4.8	4.9	5	5.1		RMSE	0.593
	$\lvert e_t \rvert$	1.103	1.007	1.117	0.774	1.664	0.446	0.555	0.335	0.774	0.116	0.994	1.897		MAPE	20%
	APE	22%	34%	37%	15%	28%	11%	14%	7%	19%	2%	25%	27%			
34-60	At	5	7	4	8	7	9	6	5	9	7	5	5	77	MAD	1.424
	Ft	6.26	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4		RMSE	0.929
	$\lvert e_t \rvert$	1.256	0.73	2.284	1.702	0.688	2.674	0.34	1.354	2.632	0.618	1.396	1.41		MAPE	23%
	APE	25%	10%	57%	21%	10%	30%	6%	27%	29%	9%	28%	28%			
35-60	At	8	5	3	5	9	8	12	8	7	16	4	6	91	MAD	2.669
	Ft	6.2	6.5	6.7	7	7.2	7.5	7.7	8	8.3	8.5	8.8	9		RMSE	1.930
	$\lvert e_t \rvert$	1.799	1.457	3.714	1.97	1.774	0.517	4.261	0.004	1.252	7.492	4.765	3.021		MAPE	43%
	APE	22%	29%	124%	39%	20%	6%	36%	0%	18%	47%	119%	50%			
41-60	At	4	4	2	5	3	3	8	5	3	4	2	4	47	MAD	1.932
	Ft	3.98	4.2	4.5	4.7	5	5.3	5.5	5.8	6	6.3	6.5	6.8		RMSE	1.345
	$\lvert e_t \rvert$	0.021	0.235	2.491	0.252	2.004	2.261	2.483	0.773	3.03	2.286	4.543	2.799		MAPE	65%
	APE	1%	6%	125%	5%	67%	75%	31%	15%	101%	57%	227%	70%			
42-60	At	6	5	5	7	8	11	7	7	7	11	8	9	91	MAD	1.186
	Ft	5.66	6	6.3	6.6	7	7.3	7.6	8	8.3	8.6	9	9.3		RMSE	0.871
	$\lvert e_t \rvert$	0.342	0.988	1.318	0.353	1.023	3.693	0.637	0.967	1.297	2.374	0.956	0.286		MAPE	15%
	APE	6%	20%	26%	5%	13%	34%	9%	14%	19%	22%	12%	3%			
47-60	At	16	11	11	13	14	14	17	16	14	20	13	17	176	MAD	1.787
	Ft	12.7	13	13	14	14	14	15	15	16	16	16	17		RMSE	1.259
	$\lvert e_t \rvert$	3.278	2.071	2.42	0.768	0.117	0.465	2.187	0.838	1.511	4.141	3.208	0.444		MAPE	12%
	APE	20%	19%	22%	6%	1%	3%	13%	5%	11%	21%	25%	3%			
58-60	At	3	3	3	5	4	4	4	7	3	7	5	4	52	MAD	0.887
	Ft	3.26	3.4	3.6	3.8	4	4.2	4.3	4.5	4.7	4.9	5.1	5.2		RMSE	0.693
	$\lvert e_t \rvert$	0.257	0.437	0.618	1.201	0.021	0.16	0.341	2.479	1.702	2.117	0.064	1.244		MAPE	20%
	APE	9%	15%	21%	24%	1%	4%	9%	35%	57%	30%	1%	31%			
65-60	At	4	7	5	5	7	8	6	6	4	8	5	8	73	MAD	1.232
	Ft	5.49	5.6	5.8	5.9	6	6.2	6.3	6.4	6.6	6.7	6.8	7		RMSE	0.795
	$\lvert e_t \rvert$	1.492	1.376	0.757	0.89	0.977	1.844	0.289	0.422	2.555	1.312	1.821	1.047		MAPE	22%
	APE	37%	20%	15%	18%	14%	23%	5%	7%	64%	16%	36%	13%			
65-72	At	5	4	4	3	5	5	3	6	3	5	4	4	51	MAD	0.780
	Ft	4.23	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2		RMSE	0.534
	$\lvert e_t \rvert$	0.773	0.221	0.215	1.209	0.797	0.802	1.192	1.814	1.18	0.826	0.169	0.163		MAPE	19%
	APE	15%	6%	5%	40%	16%	16%	40%	30%	39%	17%	4%	4%			
COM-8DP	At	10	8	8	8	8	5	10	7	8	14	8	14	108	MAD	1.894
	Ft	7.09	7.4	7.8	8.1	8.5	8.8	9.1	9.5	9.8	10	11	11		RMSE	1.340
	$\lvert e_t \rvert$	2.906	0.565	0.223	0.119	0.46	3.802	0.857	2.485	1.826	3.833	2.509	3.15		MAPE	23%
	APE	29%	7%	3%	1%	6%	76%	9%	35%	23%	27%	31%	22%			
HC-31D	At	21	20	15	31	22	28	39	25	22	29	26	20	298	MAD	4.547
	Ft	22.8	23	24	24	24	25	25	25	26	26	27	27		RMSE	3.409
	$\lvert e_t \rvert$	1.765	3.141	8.516	7.109	2.267	3.358	13.98	0.392	3.768	2.857	0.518	6.894		MAPE	19%
	APE	8%	16%	57%	23%	10%	12%	36%	2%	17%	10%	2%	34%			

3.3.4 Comparativa Pronósticos

A través de una comparativa del *MAD* de los tres métodos de pronósticos para la familia de productos EXD, se muestra en la Tabla 19 la base para seleccionar aquel que mayor ajuste a la demanda tuvo.

Tabla 19. Comparativa de medidas de desempeño de pronósticos para n=12

n=12	*MAD*		
	SE	***PM***	***RL***
26R-60	1.21	0.75	0.90
34-60	1.55	1.28	1.42
35-60	2.78	3.15	2.67
41-60	1.80	1.23	1.93
42-60	1.56	0.93	1.19
47-60	2.10	1.95	1.79
58-60	1.05	0.95	0.89
65-60	1.34	1.25	1.23
65-72	0.90	0.85	0.78
COM-8DP	2.21	2.05	1.89
HC-31D	4.67	4.15	4.55

La comparativa del *MAD* para los métodos con horizonte *n*=12, muestra que el *PM* es aquel que entrega menores niveles de variabilidad y mayor ajuste a los datos históricos.

A pesar de que el *PM* expresa el mayor ajuste, es importante tomar en cuenta el patrón de tendencia de los datos en los gráficos. Por lo tanto, es necesario tomar en cuenta la ecuación de *RL* para incrementos o decrementos en el nivel de los pronósticos (Anexo C).

<u>Hallazgos de la Fase II</u>

- En la organización no se cuenta con algún método pronósticos, únicamente se toma en cuenta el movimiento de unidades al mes, para reponer el stock determinado por el área gerencial.
- De acuerdo con la situación particular de la demanda de la familia EXD, el cual cuenta con una demanda estable y aleatoria sobre un nivel promedio, el *PM* es el pronóstico que resultados con menor variabilidad y mayor precisión brindó.
- Un punto de partida importante para la determinación de inventarios de seguridad es la desviación estándar. Al observar que la variación del *MAD* de cada producto es menor a

la desviación estándar brinda mayor confiabilidad para responder a cambios inesperados con los niveles de inventario a calcular.

- A pesar de que el *PM* fue el de mayor precisión y ajuste a los datos, los gráficos de tendencia junto con la ecuación de *RL,* apoyan en determinar si el nivel del pronóstico es el adecuado.
- La actualización de los pronósticos permite un entendimiento más preciso del mercado cambiante y una mejor toma de decisiones en los pedidos a proveedor.

3.4 Fase III: Modelo de Inventarios

El método de pronósticos que mayor precisión y ajuste a los datos de la demanda de los productos de la familia EXD, fue el Promedio Móvil con un intervalo de 5 meses. Por lo tanto, como paso siguiente se desarrollará en esta fase el modelo de inventarios como complemento a la planeación y pronosticación de la demanda.

Para el desarrollo del modelo se utilizarán tres técnicas para , una vez analizada la normalidad de los datos, se obtuvo la siguiente información de la empresa RGD Corp. Tomando en cuenta la información de demanda promedio y desviación estándar de cada producto, se tienen los siguientes datos aplicables a todos los productos. El costo por ordenar cada lote es de $305.30 incluyendo el tiempo traducido en los salarios de las personas involucradas en el proceso, actualmente se realizan en promedio 8 pedidos al año, teniendo el proveedor de baterías “EXD” un tiempo de entrega promedio de 6 días.

Se tiene una inversión total anual en inventario de $2, 457,271.26. La parte contable muestra que mantener el inventario en el almacén tiene un costo fijo de almacenaje de $24,600 por año, $6,000 por año de costos variables de almacenaje, $162,000 por año en costos de gestión de inventario y la tasa de interés anual es del 10,9%. Se trabajan en promedio 312 días del año.

Y finalmente, para los productos HC-31D y 47-60 se desea un nivel de servicio del 99%; para el COM-8DP, 35-60, 34-60 y 42-60 se tiene como objetivo un nivel de servicio del 95%; y para el resto un 90% de nivel de servicio.

Los costos y datos se muestran de manera estructurada en la Tabla 20 que está incluida a continuación como complemento a los datos brindados con anterioridad. Los inventarios de seguridad son establecidos por RGD de acuerdo con su demanda.

Tabla 20. Datos inventarios caso empresa RGD

Clave Producto	$\bar{D}$	σ^2	σ	C	A	*i*	h	τ	β
HC-31D	298	111.36111	10.55278	$887.85			$169.89		99%
47-60	176	23.00849	4.79672	$808.43			$154.69		
COM-8DP	108	22.80478	4.77544	$1,651.88			$316.09		95%
35-60	91	32.40432	5.69248	$729.18			$139.53		
42-60	90	10.36034	3.21875	$726.14			$138.95		
34-60	76	6.44444	2.53859	$875.67	$305.29	19.135%	$167.56	6	90%
65-60	75	6.83951	2.61524	$874.05			$167.25		
41-60	47	7.54321	2.74649	$873.43			$167.13		
26R-60	54	6.19444	2.48886	$673.05			$128.79		
58-60	51	6.63194	2.57526	$716.84			$137.17		
65-72	50	4.60108	2.14501	$945.99			$181.02		

3.4.1 Modelo de Inventarios EOQ

Para el caso aplicado se seleccionó el modelo de *EOQ* con demanda probabilística con la Política II para determinar los tamaños de lotes y los puntos de reordenamiento de los productos de Clase A que siguen una distribución normal. Se presentarán dos escenarios posibles, el primero tomando en cuenta la revisión continua del producto, y la segunda de acuerdo con el procedimiento de revisión periódica.

Supuestos

A continuación, se presentan los supuestos que limitarán al modelo *EOQ* dentro del caso de estudio de la empresa RGD Corp. La administración estableció lo siguiente:

1. La demanda es variable, determinando un promedio con su desviación estándar.
2. El lote se encuentra completo, con un nivel de confianza del 95% los pedidos siempre llegan completos.
3. El lote contiene productos defectuosos.
4. No se permiten faltantes en esta línea de productos, pues no se lleva registro real de los mismos.
5. El horizonte de planeación es de un año (12 meses).
6. No se permiten descuentos, los precios son constantes.
7. No se tomará en cuenta la inflación ni impuestos legales.
8. Existe un nivel de servicio establecido por la administración a los inventarios clase A, 99% para los primeros dos productos, 95% para los siguientes tres y 90% para el resto.

Situación Actual

En el Anexo C, se muestra a detalle los datos que fueron utilizados para calcular los siguientes datos de la Tabla 21. Sin embargo, con un promedio de 9 pedidos al año, 6 días de tiempo de

entrega y 39 días entre cada pedido se obtuvieron los siguientes resultados siendo Q el tamaño de lote (en números enteros) promedio, CT el Costo Total de la Política de Inventarios

Tabla 21. Situación Actual Inventarios RGD

Clave Producto	D	C	h	Q	ad/q	hq/2	cd	CT
HC-31D	298	$887.85	169.8901	33	2747.610	2812.625	264579.300	270139.535
47-60	176	$808.43	154.69308	20	2747.610	1509.690	142014.203	146271.503
COM-8DP	108	$1,651.88	316.08724	12	2747.610	1890.670	177852.413	182490.693
35-60	91	$729.18	139.52859	10	2747.610	707.976	66598.197	70053.783
42-60	90	$726.14	138.94689	10	2747.610	692.161	65110.553	68550.325
34-60	76	$875.67	167.55945	8	2747.610	707.473	66550.920	70006.003
65-60	75	$874.05	167.24947	8	2747.610	693.776	65262.400	68703.786
41-60	47	$873.43	167.13083	5	2747.610	433.302	40760.067	43940.979
26R-60	54	$673.05	128.78812	6	2747.610	386.364	36344.700	39478.674
58-60	51	$716.84	137.16733	6	2747.610	388.641	36558.840	39695.091
65-72	50	$945.99	181.01519	6	2747.610	506.172	47614.830	50868.612
				Total	**30223.710**	**10728.850**	**$1,009,246.424**	**$1,050,198.984**

El costo total generado es de $ 1, 050,198.98 cada año, gracias a la política básica que existe en RGD Corp. A nivel gerencial este es el indicador que para una Pyme resulta uno de los más importantes a la hora de implementar cualquier tipo de mejora dentro de la organización.

3.4.1.1 Resultados

A continuación, se presentan los resultados obtenidos, así como un análisis detallado de hallazgos obtenidos a lo largo del proceso de análisis de los datos, así como del desarrollo del modelo de inventarios.

EOQ revisión continua

A partir del análisis y cálculo de cantidades, así como tiempos a ordenar, se puede determinar que los productos HC-31D y 47-60 al tener un porcentaje de influencia en el ingreso significativamente mayor a los demás productos, son aquellos que deben de marcar el ritmo de solicitud de pedido. Esto debido a que en promedio es requerido para venta al menos uno de ellos en cada día del año que trabaja la empresa RGD Corp., con el objetivo de marcar una pauta de las veces que es necesario ordenar.

En la Tabla 22 se puede observar que para cada producto se calculó de acuerdo a su nivel de servicio al cliente el inventario de seguridad (Inv. Seg.), la demanda durante el tiempo de entrega ($\overline{D}_\tau$) con su respectiva desviación estándar (σ_τ). Así mismo, fue calculado el tamaño de lote óptimo (Q*) calculado de acuerdo con la demanda anual junto con su punto de reabastecimiento (r). Dando como resultado un cierto número de pedidos (NP) realizados al año. Y finalmente el costo total del sistema de inventarios propuesto (CT).

Tabla 22. Resultados de política de inventarios óptima

Clave Producto	Inv. Seg	$\overline{D}_\tau$	σ_τ	Q*	r	z	NP	CT
HC-31D	**3.4**	5.73077	1.46341	32.72610	9.14051	2.33	9.1	270139.155
47-60	**1.5**	3.37821	0.66518	26.33173	4.92809	2.33	6.7	146087.550
COM-8DP	**1.1**	2.07051	0.66223	14.42140	3.16320	1.65	7.5	182410.845
35-60	**1.3**	1.75641	0.78940	19.99186	3.05893	1.65	4.6	69387.635
42-60	**0.7**	1.72436	0.44636	19.85004	2.46085	1.65	4.5	67868.661
34-60	**0.5**	1.46154	0.35204	16.64150	1.91215	1.28	4.6	69339.368
65-60	**0.5**	1.43590	0.36267	16.51016	1.90011	1.28	4.5	68023.722
41-60	**0.5**	0.89744	0.38087	13.05706	1.38495	1.28	3.6	42942.309
26R-60	**0.4**	1.03846	0.34514	16.00034	1.48025	1.28	3.4	38405.359
58-60	**0.5**	0.98077	0.35712	15.06711	1.43789	1.28	3.4	38625.560
65-72	**0.4**	0.96795	0.29746	13.02988	1.34870	1.28	3.9	49973.443
								$1,043,203.607

Para cada producto de la familia de baterías, al determinar un inventario de seguridad correspondiente al nivel de servicio deseado, se pretendió incrementar la sensibilidad de respuesta al cliente con las existencias en almacén.

Comparativa Situación Actual vs. Propuesta

El principal indicador clave dentro del *EOQ* es costo total calculado para la política de inventarios propuesta de $1, 043,203.60. Si es comparado contra $1, 050,198.98 de la política actual, da como resultado un ahorro y costo adicional promedio de $ 6,995.37 por año.

La comparativa de tamaños de lote actual con el propuesto se presenta en la Tabla 23, donde uno de los hallazgos de mayor relevancia que fueron encontrados fue una reducción de tamaño de

Tabla 23. Resultados comparativos de tamaños de lote a ordenar

Clave Producto	Q_{act}	Q*	NP
HC-31D	33.11	32.73	9.1
47-60	19.52	26.33	6.7
COM-8DP	11.96	14.42	7.5
35-60	10.15	19.99	4.6
42-60	9.96	19.85	4.5
34-60	8.44	16.64	4.6
65-60	8.30	16.51	4.5
41-60	5.19	13.06	3.6
26R-60	6.00	16.00	3.4
58-60	5.67	15.07	3.4
65-72	5.59	13.03	3.9

lote a ordenar en el producto HC-31D, al mismo tiempo que se incrementa en uno los pedidos realizados de ocho en la actualidad a nueve en el año.

Es importante tomar en cuenta que el producto con mayor rotación (HC-31D) siempre va a ser aquel que marca el paso para pedir mercancía al proveedor EXD. Por lo tanto, lo óptimo siempre va a ser que anualmente se realizaran nueve pedidos, incluyendo en el pedido correspondiente, los productos que cuenten con menor frecuencia de ordenamiento.

3.4.2 Asignación de lotes

Como parte fundamental de la fase de desarrollo del caso práctico de la empresa RGD Corp. se realizaron cuatro técnicas para asignar inventarios a una demanda pronosticada. La primera tomando los lineamientos y resultados del modelo *EOQ* revisión continua. La segunda, bajo la secuencia de pedidos propuesta por la técnica *LFL*. La tercera, tomando en cuenta el algoritmo de Costo Unitario Mínimo. Y finalmente el Algoritmo de Periodo Fragmentado.

Se tomará para cada simulación el nivel de servicio cubrir la demanda con el inventario disponible, realizando una posterior comparación con el nivel de servicio deseado por RGD Corp. presentado en la simulación correspondiente.

Tabla 24. Nivel de Servicio Deseado

Clave	NS Deseado
HC-31D	99%
47-60	99%
COM-8DP	95%
35-60	95%
42-60	95%
34-60	90%
65-60	90%
41-60	90%
26R-60	90%
58-60	90%
65-72	90%

Política Actual Nivel de Servicio

Para la simulación se tomaron en cuenta los tamaños de lote y número de pedidos de la política actual en RGD Corp. Esta simulación tiene como indicador principal el nivel de servicio entregado adoptando tanto la política de inventarios para el pronóstico seleccionado.

Tabla 25 Simulación política actual con pronóstico PM

Situación Actual Lote Promedio

Clave		1 Ene	2 Feb	3 Mar	4 Abr	5 May	6 Jun	7 Jul	8 Ago	9 Sep	10 Oct	11 Nov	12 Dic	$\sum Q_t$					
26R-60	D_t	5	3	3	5	6	4	4	5	4	5	4	7	55	np	9		
	Q	6	6	6	0	6	6	6	0	6	6	6	0		$\sum I_t$	40	C	$673.05
	I_t	1	4	7	2	2	4	6	1	3	4	6	0		CT	$ 44,916.88	NS	98%
34-60	D_t	5	7	4	8	6	7	7	7	7	7	6	6	77	np	9		
	Q	8	8	8	0	8	8	8	0	8	8	8	0		$\sum I_t$	31	C	$875.67
	I_t	3	4	8	0	2	3	4	0	1	2	4	0		CT	$ 75,368.54	NS	94%
35-60	D_t	8	5	3	5	6	6	7	8	9	10	9	8	84	np	9		
	Q	10	10	10	0	10	10	10	0	10	10	10	0		$\sum I_t$	140	C	$729.18
	I_t	2	7	14	9	13	17	20	12	13	13	14	6		CT	$ 83,532.73	NS	100%
41-60	D_t	4	4	2	5	3	3	4	5	5	5	5	4	49	np	9		
	Q	5	5	5	0	5	5	5	0	5	5	5	0		$\sum I_t$	19	C	$873.43
	I_t	1	2	5	0	2	4	5	0	0	0	0	0		CT	$ 48,721.17	NS	92%
42-60	D_t	6	5	5	7	6	7	8	8	8	9	8	8	85	np	9		
	Q	10	10	10	0	10	10	10	0	10	10	10	0		$\sum I_t$	122	C	$726.14
	I_t	4	9	14	7	11	14	16	8	10	11	13	5		CT	$ 81,421.03	NS	100%
47-60	D_t	16	11	11	13	13	13	14	15	15	16	16	16	169	np	9		
	Q	20	20	20	0	20	20	20	0	20	20	20	0		$\sum I_t$	210	C	$808.43
	I_t	4	13	22	9	16	23	29	14	19	23	27	11		CT	$171,857.83	NS	100%
58-60	D_t	3	3	3	5	4	4	4	5	4	5	5	5	50	np	9		
	Q	6	6	6	0	6	6	6	0	6	6	6	0		$\sum I_t$	79	C	716.84
	I_t	3	6	9	4	6	8	10	5	7	8	9	4		CT	$ 49,425.83	NS	100%
65-60	D_t	4	7	5	5	6	7	6	6	6	7	6	6	71	np	9		
	Q	8	8	8	0	8	8	8	0	8	8	8	0		$\sum I_t$	58	C	874.05
	I_t	4	5	8	3	5	6	8	2	4	5	7	1		CT	$ 74,505.63	NS	100%
65-72	D_t	5	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	48	np	9		
	Q	6	6	6	0	6	6	6	0	6	6	6	0		$\sum I_t$	63	C	945.99
	I_t	1	3	5	2	4	6	8	4	6	8	10	6		CT	$ 48,155.13	NS	100%
COM-8DP	D_t	10	8	8	8	7	8	7	8	10	10	12	15	111	np	9		
	Q	12	12	12	0	12	12	12	0	12	12	12	0		$\sum I_t$	96	C	1651.88
	I_t	2	6	10	2	7	11	16	8	10	12	12	0		CT	$216,450.66	NS	97%
HC-31D	D_t	21	20	15	31	22	23	27	29	27	29	28	24	296	np	9		
	Q	33	33	33	0	33	33	33	0	33	33	33	0		$\sum I_t$	259	C	887.85
	I_t	12	25	43	12	23	33	39	10	16	20	25	1		CT	$309,552.75	NS	100%
														CT Familia	$	1,203,908.18		

Tabla 26 Comparativa de nivel de servicio obtenido de la política actual

Clave	NSd	NS	Diferencia
47-60	99%	100%	1%
HC-31D	99%	100%	1%
35-60	95%	100%	5%
42-60	95%	100%	5%
COM-8DP	95%	97%	2%
26R-60	90%	98%	8%
34-60	90%	94%	4%
41-60	90%	92%	2%
58-60	90%	100%	10%
65-60	90%	100%	10%
65-72	90%	100%	10%

En todos los productos se sobrepasa el nivel de servicio deseado, al nunca caer en faltantes o en pedidos no surtidos por falta de mercancía, tal que se observa en la Tabla 26, el cumplimiento de la demanda pronosticada en todos los casos.

EOQ revisión continua con Nivel de Servicio

Para la simulación se tomaron en cuenta los tamaños de lote, puntos de reorden y número de pedidos. Esta simulación tiene como indicador principal el nivel de servicio entregado adoptando tanto la política de inventarios para el pronóstico seleccionado.

Tabla 27 Simulación de pronóstico PM con EOQ

Clave	Q*	r	np		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	F	NS	NSd
26R-60	16	1	3	F_t	5	4	3	4	5	5	4	4	5	4	5	5	4	89%	90%
				Q	16	0	0	0	16	0	0	0	16	0	0	0			
				I_t	11	7	4	0	11	6	2	-2	11	7	2	-2			
34-60	17	2	4	F_t	5	5	6	6	8	7	7	7	7	7	6	5	8	91%	90%
				Q	17	0	0	17	0	0	17	0	0	17	0	0			
				I_t	12	7	1	12	4	-3	10	3	-4	10	4	-1			
35-60	20	3	*5*	F_t	6	5	5	6	7	10	9	9	10	9	9	6	7	95%	95%
				Q	20	0	0	0	20	0	20	0	0	20	0	20			
				I_t	14	9	4	-2	13	3	14	5	-5	11	2	16			
41-60	13	1	*4*	F_t	6	3	3	3	4	5	6	6	4	3	3	6	4	87%	90%
				Q	13	0	0	13	0	0	0	13	0	0	13	0			
				I_t	7	4	1	11	7	2	-4	7	3	0	10	4			
42-60	20	2	4	F_t	6	5	5	7	9	9	8	7	8	8	9	6	7	91%	95%
				Q	20	0	0	0	20	0	20	0	0	20	0	0			
				I_t	14	9	4	-3	11	2	14	7	-1	12	3	-3			
47-60	26	5	*7*	F_t	18	13	12	13	14	15	16	16	16	15	17	20	13	96%	99%
				Q	26	0	26	0	26	0	26	26	0	26	0	26			
				I_t	8	-5	14	1	13	-2	10	20	4	11	-6	6			
58-60	15	2	*4*	F_t	4	3	4	4	4	4	5	5	6	5	5	4	0	94%	90%
				Q	15	0	0	0	15	0	0	15	0	0	15	0			
				I_t	11	8	4	0	11	7	2	12	6	1	10	6			
65-60	16	2	4	F_t	4	6	6	6	7	7	7	5	6	6	7	8	11	86%	90%
				Q	16	0	0	16	0	0	16	0	0	16	0	0			
				I_t	12	6	0	10	3	-4	9	4	-2	10	3	-5			
65-72	13	1	*4*	F_t	4	4	3	4	4	4	4	4	5	4	4	4	2	86%	90%
				Q	13	0	0	0	13	0	0	13	0	0	13	0			
				I_t	9	5	2	-2	9	5	1	10	5	1	10	6			
COM-8DP	14	3	7	F_t	10	8	8	8	7	8	7	8	10	10	12	15	14	88%	95%
				Q	14	0	14	0	14	0	14	0	14	0	14	14			
				I_t	4	-4	6	-2	7	-1	7	-1	4	-6	2	1			
HC-31D	33	9	9	F_t	20	19	22	23	27	30	30	29	25	26	25	20	20	96%	99%
				Q	**33**	0	**33**	0	**33**	**33**	**33**	**33**	**33**	0	**33**	**33**			
				I_t	13	-6	11	-12	6	9	12	16	24	-2	8	28			

Como se mencionó, se tomaron los parámetros de lote óptimo (Q^*), punto de reorden (r), número de pedidos (np), pedido realizado (Q), pronóstico de demanda (F_t), inventario en periodo (I_t), faltantes anuales (F), nivel de servicio (NS) y faltante mensual promedio (F_{mp}). De los resultados obtenidos sale el punto de partida para la Tabla 27 donde se observa la comparativa entre los niveles de servicio deseados (NSd) y el nivel de servicio obtenido en la simulación para cada producto.

Tabla 28 Comparativa de nivel de servicio obtenido y deseado

Clave	NSd	NS	Diferencia
47-60	99%	96%	3%
HC-31D	99%	96%	3%
35-60	95%	95%	0%
42-60	95%	91%	4%
COM-8DP	95%	88%	7%
26R-60	90%	89%	1%
34-60	90%	91%	-1%
41-60	90%	87%	3%
58-60	90%	94%	-4%
65-60	90%	86%	4%
65-72	90%	86%	4%

Como resultado final se obtuvo que los productos de mayor movimiento entregan un nivel de servicio por debajo de lo deseado. Existen diversos factores, uno de ellos es mantener lotes actualizados óptimos que permitan reducir los costos de almacenamiento, pero que a su vez cumpla con la demanda existente.

Los productos con movimiento medio, al contar con menor variación en los datos, tienden a ofrecer un nivel de servicio por encima del establecido. Por ende, el control de los inventarios para este tipo de productos es de mayor simplicidad.

Asignación *EOQ* a demanda pronosticada con Costo Total

A diferencia de la asignación anterior con el modelo *EOQ*, en este caso no se busca cumplir con el número de pedidos. Como indicador principal es el costo total de la política de inventarios (*CT*). Para lo cual se desarrolló la siguiente secuencia de pedidos para toda la familia de productos (Tabla 29).

Tabla 29 Asignación de lotes utilizando EOQ a pronóstico PM

EOQ

Clave		1 Ene	2 Feb	3 Mar	4 Abr	5 May	6 Jun	7 Jul	8 Ago	9 Sep	10 Oct	11 Nov	12 Dic	$\sum Q_t$					
26R-60	D_t	5	3	3	5	6	4	4	5	4	5	4	7	55	np	4	r	2
	Q	16	0	0	0	16	0	0	16	0	0	0	16		$\sum I_t$	80	C	$673.05
	I_t	11	8	5	0	10	6	2	14	9	4	0	11		CT	$ 48,541.96	I_{seg}	1
34-60	D_t	5	7	4	8	6	7	7	7	7	7	6	6	77	np	4	r	2
	Q	17	0	0	17	0	0	17	0	0	17	0	0		$\sum I_t$	59	C	$875.67
	I_t	12	5	1	10	4	0	10	3	0	10	4	0		CT	$ 78,533.76	I_{seg}	1
35-60	D_t	8	5	3	5	6	6	7	8	9	10	9	8	84	np	5	r	4
	Q	20	0	0	20	0	0	0	20	0	20	0	20		$\sum I_t$	110	C	$729.18
	I_t	12	7	4	19	13	7	0	12	3	13	4	16		CT	$ 78,125.72	I_{seg}	2
41-60	D_t	4	4	2	5	3	3	4	5	5	5	5	4	49	np	4	r	2
	Q	13	0	0	0	13	0	0	0	13	0	0	13		$\sum I_t$	57	C	$873.43
	I_t	9	5	3	0	10	7	3	0	8	3	0	9		CT	$ 53,545.69	I_{seg}	1
42-60	D_t	6	5	5	7	6	7	8	8	8	9	8	8	85	np	4	r	3
	Q	20	0	0	0	20	0	0	20	0	0	20	0		$\sum I_t$	80	C	$726.14
	I_t	14	9	4	0	14	7	0	12	4	0	12	4		CT	$ 74,058.81	I_{seg}	1
47-60	D_t	16	11	11	13	13	13	14	15	15	16	16	16	169	np	6	r	5
	Q	26	0	26	0	26	0	26	0	26	0	26	0		$\sum I_t$	83	C	$808.43
	I_t	10	0	15	3	16	3	15	0	11	0	10	0		CT	$ 151,295.94	I_{seg}	2
58-60	D_t	3	3	3	5	4	4	4	5	4	5	5	5	50	np	4	r	2
	Q	15	0	0	0	15	0	0	0	15	0	0	15		$\sum I_t$	80	C	716.84
	I_t	12	9	6	1	12	8	4	0	11	6	1	10		CT	$ 48,036.55	I_{seg}	1
65-60	D_t	4	7	5	5	6	7	6	6	6	7	6	6	71	np	4	r	2
	Q	17	0	0	17	0	0	17	0	0	17	0	0		$\sum I_t$	68	C	874.05
	I_t	13	7	1	12	5	0	10	5	0	11	4	0		CT	$ 74,651.67	I_{seg}	1
65-72	D_t	5	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	48	np	4	r	2
	Q	13	0	0	13	0	0	13	0	0	13	0	0		$\sum I_t$	60	C	945.99
	I_t	8	4	0	10	6	2	9	5	1	9	5	1		CT	$ 57,489.59	I_{seg}	1
COM-8DP	D_t	10	8	8	8	7	8	7	8	10	10	12	15	111	np	7	r	4
	Q	14	14	0	14	0	14	0	14	0	14	14	0		$\sum I_t$	48	C	1651.88
	I_t	4	10	2	8	1	7	0	6	0	4	6	0		CT	$ 200,667.90	I_{seg}	2
HC-31D	D_t	21	20	15	31	22	23	27	29	27	29	28	24	296	np	7	r	10
	Q	33	0	33	0	33	0	33	33	33	0	0	33		$\sum I_t$	95	C	887.85
	I_t	12	0	18	0	11	0	6	10	16	13	0	9		CT	$ 281,080.19	I_{seg}	4
														CT Familia	$	1,146,027.76		

Asignación *LFL*

Para la técnica *LFL* se asignaron una secuencia de pedidos mensuales. De tal forma que teniendo el inventario de seguridad (I_{seg}) señalado en la Tabla 30 se pueda evitar incurrir en un costo por almacenamiento elevado, teniendo la situación donde el inventario por mes sea el mínimo.

Tabla 30 Asignación de lotes utilizando LFL a pronóstico PM

Lot for Lot

Clave		1 Ene	2 Feb	3 Mar	4 Abr	5 May	6 Jun	7 Jul	8 Ago	9 Sep	10 Oct	11 Nov	12 Dic	$\sum Q_t$				
26R-60	D_t	5	3	3	5	6	4	4	5	4	5	4	7	55	np	12	r	2
	Q	5	3	3	5	6	4	4	5	4	5	4	7		$\sum I_t$	0	C	$673.05
	I_t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		CT	$ 40,681.23	I_{seg}	1
34-60	D_t	5	7	4	8	6	7	7	7	7	7	6	6	77	np	12	r	2
	Q	5	7	4	8	6	7	7	7	7	7	6	6		$\sum I_t$	0	C	$875.67
	I_t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		CT	$ 71,090.07	I_{seg}	1
35-60	D_t	8	5	3	5	6	6	7	8	9	10	9	8	84	np	12	r	4
	Q	8	5	3	5	6	6	7	8	9	10	9	8		$\sum I_t$	0	C	$729.18
	I_t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		CT	$ 64,914.60	I_{seg}	2
41-60	D_t	4	4	2	5	3	3	4	5	5	5	5	4	49	np	12	r	2
	Q	4	4	2	5	3	3	4	5	5	5	5	4		$\sum I_t$	0	C	$873.43
	I_t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		CT	$ 46,461.55	I_{seg}	1
42-60	D_t	6	5	5	7	6	7	8	8	8	9	8	8	85	np	12	r	3
	Q	6	5	5	7	6	7	8	8	8	9	8	8		$\sum I_t$	0	C	$726.14
	I_t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		CT	$ 65,385.38	I_{seg}	1
47-60	D_t	16	11	11	13	13	13	14	15	15	16	16	16	169	np	12	r	5
	Q	16	11	11	13	13	13	14	15	15	16	16	16		$\sum I_t$	0	C	$808.43
	I_t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		CT	$140,288.15	I_{seg}	2
58-60	D_t	3	3	3	5	4	4	4	5	4	5	5	5	50	np	12	r	2
	Q	3	3	3	5	4	4	4	5	4	5	5	5		$\sum I_t$	0	C	716.84
	I_t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		CT	$ 39,505.48	I_{seg}	1
65-60	D_t	4	7	5	5	6	7	6	6	6	7	6	6	71	np	12	r	2
	Q	4	7	5	5	6	7	6	6	6	7	6	6		$\sum I_t$	0	C	874.05
	I_t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		CT	$ 65,721.03	I_{seg}	1
65-72	D_t	5	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	48	np	12	r	2
	Q	5	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4		$\sum I_t$	0	C	945.99
	I_t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		CT	$ 49,071.00	I_{seg}	1
COM-8DP	D_t	10	8	8	8	7	8	7	8	10	10	12	15	111	np	12	r	4
	Q	10	8	8	8	7	8	7	8	10	10	12	15		$\sum I_t$	0	C	1651.88
	I_t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		CT	$187,022.16	I_{seg}	2
HC-31D	D_t	21	20	15	31	22	23	27	29	27	29	28	24	296	np	12	r	10
	Q	21	20	15	31	22	23	27	29	27	29	28	24		$\sum I_t$	0	C	887.85
	I_t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		CT	$266,467.08	I_{seg}	4
															CT Familia	$		1,036,607.73

Asignación Lotes para periodos determinados

Para la técnica de Lotes determinados, se determinó que realizar los pedidos que contengan el producto para satisfacer a dos periodos era aquel que entregaba menores costos. Obteniendo los resultados de la Tabla 31.

Tabla 31 Asignación de lotes periodos específicos a pronóstico PM

Lote de 2 Periodos Asignados

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12					
Clave		**Ene**	**Feb**	**Mar**	**Abr**	**May**	**Jun**	**Jul**	**Ago**	**Sep**	**Oct**	**Nov**	**Dic**	$\sum Q_t$				
26R-60	D_t	5	3	3	5	6	4	4	5	4	5	4	7	**55**	**np**	6	**h**	128.788
	Q	8	0	8	0	10	0	9	0	9	0	11	0		$\sum I_t$	25	**C**	$673.05
	I_t	3	0	4	0	5	0	4	0	4	0	5	0		**CT**	$ 42,069.19	I_{seg}	1
34-60	D_t	5	7	4	8	6	7	7	7	7	7	6	5	**75**	**np**	6	**h**	167.559
	Q	12	0	12	0	13	0	13	0	14	0	11	0		$\sum I_t$	37	**C**	$875.67
	I_t	5	0	6	0	7	0	7	0	7	0	5	0		**CT**	$ 73,609.39	I_{seg}	1
35-60	D_t	8	5	3	5	6	6	7	8	9	10	9	8	**84**	**np**	6	**h**	139.529
	Q	13	0	8	0	12	0	15	0	19	0	17	0		$\sum I_t$	45	**C**	$729.18
	I_t	5	0	6	0	10	0	9	0	9	0	6	0		**CT**	$ 69,361.65	I_{seg}	2
41-60	D_t	4	4	2	5	3	3	4	5	5	5	5	4	**49**	**np**	6	**h**	167.131
	Q	8	0	7	0	6	0	9	0	10	0	9	0		$\sum I_t$	26	**C**	$873.43
	I_t	3	0	3	0	5	0	6	0	3	0	6	0		**CT**	$ 48,975.21	I_{seg}	1
42-60	D_t	6	5	5	7	6	7	8	8	8	9	8	8	**85**	**np**	6	**h**	138.947
	Q	11	0	12	0	13	0	16	0	17	0	16	0		$\sum I_t$	44	**C**	$726.14
	I_t	5	0	7	0	7	0	8	0	9	0	8	0		**CT**	$ 63,553.64	I_{seg}	1
47-60	D_t	16	11	11	13	13	13	14	15	15	16	16	16	**169**	**np**	6	**h**	154.693
	Q	27	0	24	0	26	0	29	0	31	0	32	0		$\sum I_t$	84	**C**	$808.43
	I_t	11	0	13	0	13	0	15	0	16	0	16	0		**CT**	$138,456.41	I_{seg}	2
58-60	D_t	3	3	3	5	4	4	4	7	3	7	5	4	**52**	**np**	6	**h**	137.167
	Q	6	0	8	0	8	0	11	0	10	0	9	0		$\sum I_t$	30	**C**	716.84
	I_t	3	0	5	0	4	0	7	0	7	0	4	0		**CT**	$ 39,107.42	I_{seg}	1
65-60	D_t	4	7	5	5	6	7	6	6	6	7	6	6	**71**	**np**	6	**h**	167.249
	Q	11	0	10	0	13	0	12	0	13	0	12	0		$\sum I_t$	38	**C**	874.05
	I_t	7	0	5	0	7	0	6	0	7	0	6	0		**CT**	$ 63,889.29	I_{seg}	1
65-72	D_t	4	4	3	4	4	4	4	4	5	4	4	4	**48**	**np**	6	**h**	181.015
	Q	8	0	7	0	8	0	8	0	9	0	8	0		$\sum I_t$	24	**C**	945.99
	I_t	4	0	4	0	4	0	4	0	4	0	4	0		**CT**	$ 47,239.26	I_{seg}	1
COM-8DP	D_t	10	8	8	8	7	8	8	8	8	9	9	10	**101**	**np**	6	**h**	316.087
	Q	18	0	16	0	15	0	16	0	17	0	19	0		$\sum I_t$	51	**C**	1651.88
	I_t	8	0	8	0	8	0	8	0	9	0	10	0		**CT**	$184,792.07	I_{seg}	2
HC-31D	D_t	21	20	15	31	22	23	27	29	27	29	28	24	**296**	**np**	6	**h**	169.890
	Q	41	0	46	0	45	0	56	0	56	0	52	0		$\sum I_t$	156	**C**	887.85
	I_t	20	0	31	0	23	0	29	0	29	0	24	0		**CT**	$291,138.20	I_{seg}	4
														CT Familia	**$**	**1,062,191.73**		

Algoritmo de Periodo Fragmentado

Para el Algoritmo de Periodo Fragmentado se realizaron los cálculos respectivos y se obtuvieron los resultados de la Tabla 30.

Tabla 32 Asignación de lotes utilizando Periodo Fragmentado a pronóstico PM

Algoritmo Periodo Fragmentado

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12					
Clave		**Ene**	**Feb**	**Mar**	**Abr**	**May**	**Jun**	**Jul**	**Ago**	**Sep**	**Oct**	**Nov**	**Dic**	$\sum Q_t$				
26R-60	D_t	5	3	3	5	6	4	4	5	4	5	4	7	**55**	**np**	12	**r**	2
	Q	5	3	3	5	6	4	4	5	4	5	4	7		$\sum I_t$	0	**C**	$673.05
	I_t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		**CT**	$ 40,681.23	I_{seg}	1
34-60	D_t	5	7	4	8	6	7	7	7	7	7	6	6	**77**	**np**	12	**r**	2
	Q	5	7	4	8	6	7	7	7	7	7	6	6		$\sum I_t$	0	**C**	$875.67
	I_t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		**CT**	$ 71,090.07	I_{seg}	1
35-60	D_t	8	5	3	5	6	6	7	8	9	10	9	8	**84**	**np**	12	**r**	4
	Q	8	5	3	5	6	6	7	8	9	10	9	8		$\sum I_t$	0	**C**	$729.18
	I_t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		**CT**	$ 64,914.60	I_{seg}	2
41-60	D_t	4	4	2	5	3	3	4	5	5	5	5	4	**49**	**np**	12	**r**	2
	Q	4	4	2	5	3	3	4	5	5	5	5	4		$\sum I_t$	0	**C**	$873.43
	I_t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		**CT**	$ 46,461.55	I_{seg}	1
42-60	D_t	6	5	5	7	6	7	8	8	8	9	8	8	**85**	**np**	12	**r**	3
	Q	6	5	5	7	6	7	8	8	8	9	8	8		$\sum I_t$	0	**C**	$726.14
	I_t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		**CT**	$ 65,385.38	I_{seg}	1
47-60	D_t	16	11	11	13	13	13	14	15	15	16	16	16	**169**	**np**	12	**r**	5
	Q	16	11	11	13	13	13	14	15	15	16	16	16		$\sum I_t$	0	**C**	$808.43
	I_t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		**CT**	$140,288.15	I_{seg}	2
58-60	D_t	3	3	3	5	4	4	4	5	4	5	5	5	**50**	**np**	12	**r**	2
	Q	3	3	3	5	4	4	4	5	4	5	5	5		$\sum I_t$	0	**C**	716.84
	I_t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		**CT**	$ 39,505.48	I_{seg}	1
65-60	D_t	4	7	5	5	6	7	6	6	6	7	6	6	**71**	**np**	12	**r**	2
	Q	4	7	5	5	6	7	6	6	6	7	6	6		$\sum I_t$	0	**C**	874.05
	I_t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		**CT**	$ 65,721.03	I_{seg}	1
65-72	D_t	5	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	**48**	**np**	12	**r**	2
	Q	5	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4		$\sum I_t$	0	**C**	945.99
	I_t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		**CT**	$ 49,071.00	I_{seg}	1
COM-8DP	D_t	10	8	8	8	7	8	7	8	10	10	12	15	**111**	**np**	12	**r**	4
	Q	10	8	8	8	7	8	7	8	10	10	12	15		$\sum I_t$	0	**C**	1651.88
	I_t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		**CT**	$187,022.16	I_{seg}	2
HC-31D	D_t	21	20	15	31	22	23	27	29	27	29	28	24	**296**	**np**	12	**r**	10
	Q	21	20	15	31	22	23	27	29	27	29	28	24		$\sum I_t$	0	**C**	887.85
	I_t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		**CT**	$266,467.08	I_{seg}	4
														CT Familia	**$**	**1,036,607.73**		

Algoritmo *LUC*

Para el Algoritmo de *LUC* se desarrollaron los cálculos necesarios, entregando la siguiente secuencia de pedidos en el año (Tabla 31).

Tabla 33 Asignación de lotes utilizando *LUC* a pronóstico PM

Costo Mínimo Unitario

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12					
Clave		**Ene**	**Feb**	**Mar**	**Abr**	**May**	**Jun**	**Jul**	**Ago**	**Sep**	**Oct**	**Nov**	**Dic**	$\sum Q_t$				
26R-60	D_t	5	3	3	5	6	4	4	5	4	5	4	7	**55**	**np**	12	**r**	2
	Q	5	3	3	5	6	4	4	5	4	5	4	7		$\sum I_t$	0	**C**	$673.05
	I_t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		**CT**	$ 40,681.23	I_{seg}	1
34-60	D_t	5	7	4	8	6	7	7	7	7	7	6	6	**77**	**np**	12	**r**	2
	Q	5	7	4	8	6	7	7	7	7	7	6	6		$\sum I_t$	0	**C**	$875.67
	I_t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		**CT**	$ 71,090.07	I_{seg}	1
35-60	D_t	8	5	3	5	6	6	7	8	9	10	9	8	**84**	**np**	12	**r**	4
	Q	8	5	3	5	6	6	7	8	9	10	9	8		$\sum I_t$	0	**C**	$729.18
	I_t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		**CT**	$ 64,914.60	I_{seg}	2
41-60	D_t	4	4	2	5	3	3	4	5	5	5	5	4	**49**	**np**	12	**r**	2
	Q	4	4	2	5	3	3	4	5	5	5	5	4		$\sum I_t$	0	**C**	$873.43
	I_t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		**CT**	$ 46,461.55	I_{seg}	1
42-60	D_t	6	5	5	7	6	7	8	8	8	9	8	8	**85**	**np**	12	**r**	3
	Q	6	5	5	7	6	7	8	8	8	9	8	8		$\sum I_t$	0	**C**	$726.14
	I_t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		**CT**	$ 65,385.38	I_{seg}	1
47-60	D_t	16	11	11	13	13	13	14	15	15	16	16	16	**169**	**np**	12	**r**	5
	Q	16	11	11	13	13	13	14	15	15	16	16	16		$\sum I_t$	0	**C**	$808.43
	I_t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		**CT**	$140,288.15	I_{seg}	2
58-60	D_t	3	3	3	5	4	4	4	5	4	5	5	5	**50**	**np**	12	**r**	2
	Q	3	3	3	5	4	4	4	5	4	5	5	5		$\sum I_t$	0	**C**	716.84
	I_t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		**CT**	$ 39,505.48	I_{seg}	1
65-60	D_t	4	7	5	5	6	7	6	6	6	7	6	6	**71**	**np**	12	**r**	2
	Q	4	7	5	5	6	7	6	6	6	7	6	6		$\sum I_t$	0	**C**	874.05
	I_t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		**CT**	$ 65,721.03	I_{seg}	1
65-72	D_t	5	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	**48**	**np**	12	**r**	2
	Q	5	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4		$\sum I_t$	0	**C**	945.99
	I_t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		**CT**	$ 49,071.00	I_{seg}	1
COM-8DP	D_t	10	8	8	8	7	8	7	8	10	10	12	15	**111**	**np**	12	**r**	4
	Q	10	8	8	8	7	8	7	8	10	10	12	15		$\sum I_t$	0	**C**	1651.88
	I_t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		**CT**	$187,022.16	I_{seg}	2
HC-31D	D_t	21	20	15	31	22	23	27	29	27	29	28	24	**296**	**np**	12	**r**	10
	Q	21	20	15	31	22	23	27	29	27	29	28	24		$\sum I_t$	0	**C**	887.85
	I_t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		**CT**	$266,467.08	I_{seg}	4
														CT Familia	**$**	**1,036,607.73**		

Comparativa Costo Total

De manera concluyente se realiza una comparación de los diferentes costos totales dependiendo de la política de inventarios que se adopte para realizar los pedidos de mercancía (Tabla 34).

Tabla 34 Comparación CT de políticas propuestas

	Política Actual vs. Pronóstico PM	Lotes EOQ Pronóstico PM	Lotes 2 Periodos	LUC = LFL = PF
CT	$1,203,908.18	$ 1,146,027.76	$ 1,062,191.73	$1,036,607.73
Diferencia		-$ 57,880.42	-$ 141,716.45	$ 167,300.45

Tomando como base el costo generado por la política actual contra la demanda pronosticada, se obtuvo que el *EOQ* representa un ahorro de $ 57,880.42. Así también, adoptar la secuencia de resultados obtenidos para el *LUC*, *LFL* y *PF*, de ordenar exactamente lo que se pronostica, genera un ahorro de $ 167,300.45. No obstante, esta situación requiere de evaluación con proveedor para analizar la viabilidad en cuanto a costos de transporte, descuentos, entre otros. Finalmente establecer pedidos para cubrir la demanda de dos periodos genera un ahorro de $ 141,716.45.

Hallazgos de la Fase III

- La política de inventarios actual cumple con los niveles de servicio deseados por la gerencia. Con un sobrecosto a comparación de las técnicas propuestas.
- Todas las técnicas propuestas obtuvieron resultados de costos totales menores a la situación actual, ahorrando hasta un 13.89% del gasto total anual en inventario.
- Para las asignaciones siguiendo el modelo *EOQ* de revisión continua los niveles de servicio entregados por el pronóstico se encuentran la mayor parte por debajo de lo deseado.
- A pesar de que el modelo *EOQ* determina un número de pedidos óptimos, éstos no entregan el costo total más bajo. Sin embargo, es el más viable respecto a las condiciones actuales de pedido.
- Las técnicas de asignación de *LUC* y *PF* tuvieron como resultado la misma secuencia de pedidos y tamaños de lote que la *LFL*, pues el alto costo de almacenaje por unidad (*h*) tiene impacto directo en el resultado.

3.5 Conclusiones del caso de estudio

La aplicación de esta metodología es sencilla si se cuenta con un sistema de información que brinde datos confiables de las ventas e inventarios. Es fundamental que dentro de la organización en el

departamento de Almacén exista un responsable con conocimientos básicos y prácticos de estadística y cálculos matemáticos. Adicional a esto, es importante que las personas que se involucren con esto tengan influencia en los procesos de todos los niveles en la Pyme.

Como se mencionó, un proceso clave para llevar a cabo cualquier toma de decisión, es la recaudación de la información necesaria, con el objetivo tener conocimiento completo del panorama. En el caso de estudio, la organización tuvo la apertura a dedicar tiempo para obtener y compartir información requerida. Concluyendo que es necesario tener el *NS* Real, como punto de partida para cualquier mejor en la *GI*.

En el caso de las Pymes, la mayor parte al no contar con un *SI* confiable compromete la revisión de indicadores clave para el mejoramiento de la gestión de inventarios. Por lo tanto, un paso inicial que puede darle mayor exactitud al modelo es el conteo de los faltantes. Es decir, llevar registro de cuantas ventas fueron perdidas por ausencia de producto en almacén. Al mismo tiempo que es importante tener conocimiento continuo de indicadores económicos como los costos unitarios por almacenaje, capital invertido anualmente en inventario y costos totales de la política de inventarios en curso.

A pesar de que los resultados del *EOQ* están definidos para un horizonte finito de 12 meses, es necesario tener un monitoreo continuo de la demanda mensual. Esto con el objetivo de realizar los cálculos necesarios para actualizar el nivel de los tamaños de lote y puntos de reorden.

Para el monitoreo en tiempo real de los niveles de inventario y automatización del proceso de solicitud de pedido al proveedor, no es necesario de una inversión en tecnología avanzada de almacenes. Por lo tanto, establecer políticas estandarizadas para el control de inventarios y un responsable directo es un punto de partida hacia la gestión total.

De acuerdo con las diferentes técnicas aplicadas, se concluye que el costo de almacenaje para la empresa es determinante en los tamaños de lote y cantidad de pedidos realizados anualmente. Puesto que, mientras más elevada sea la proporción entre costo de inventario y costo de ordenar, implicará menor gasto organizar los procesos para la programación de pedidos con mayor frecuencia y de menor tamaño.

Para cualquier Pyme que tenga como objetivo implementar herramientas para la gestión de inventarios, es necesario capacitar a los empleados con conceptos de cadena de suministro. Así también, establecer lineamientos que permitan la aplicación de los puntos de reordenamiento y tamaños de lotes solicitados.

Capítulo 4

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

- Se considera útil el modelo *EOQ* para las Pymes, debido a la flexibilidad, sencillez de los cálculos y datos requeridos. Desarrollando modelos para aplicaciones específicas, permite que siga siendo utilizado sin importar el giro de la organización.

- Para tomar la decisión de adoptar una política de inventarios es necesario tener un objetivo claro hacia dónde dirigirse. Por ejemplo, la reducción de costos relacionados al inventario, incremento del nivel de servicio, mejora en tiempos de entrega, entre otros.

- Este modelo es un paso inicial para las Pymes para encontrar el punto de equilibrio entre la oferta y la demanda. Seleccionando aquel que minimice, dadas las condiciones de la empresa, los costos totales anuales.

- Un factor clave es que el objetivo sea realista de acuerdo con las capacidades de la organización. Las técnicas de asignación permiten encontrar rápidamente, para una demanda dada, un costo anual de inventario y el nivel de servicio aproximado.

- Entre más grande es la empresa y más información se tenga, es necesario modelos más complejos para menores reducciones del costo de inventario.

- Para un modelo básico de gestión de inventarios, existen limitantes de capacidad, capital y restricciones de proveedores, que no permiten llegar totalmente a una adopción de las políticas óptimas.

- El éxito de la metodología propuesta depende fundamentalmente del compromiso de los líderes de la organización. Teniendo como responsabilidad transmitir el conocimiento sobre nuevas tendencias en la *GI*.

Recomendaciones

- Analizar en una implementación prueba para un periodo determinado, si existe una reducción significativa mercancía obsoleta y si el nivel de servicio cumple con la mayor parte de los pedidos solicitados.

- Aplicar la metodología a todas las familias de productos de una Pyme comercializadora de autopartes, con el propósito de validarlo.

- Para mayor confiabilidad en los resultados, realizar una expresión matemática de la realidad, migrar los cálculos a un paquete de software de optimización a un modelo *EOQ* con restricciones. O bien, desarrollando un modelo para la optimización simultánea y sincronización de pedidos para una familia de productos.

- Establecer en la etapa de resultados, una propuesta que refleje, con las condiciones del proveedor, la situación real de la empresa.

- Utilizar metodologías de pronósticos y determinación de tamaños de lote con mayor nivel de complejidad, aportando más información clave que permita determinar con mayor precisión el comportamiento de la demanda.

Apéndice A

Abreviaciones y Acrónimos

	Descripción		Descripción
Pyme	Pequeña y Mediana Empresa	**MAD**	Desviación Absoluta Media
NSd	Nivel de Servicio deseado	**APE**	Error Porcentual Absoluto
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía e Informática	**RMSE**	Raíz de Error Cuadrático Medio
PIB	Producto Interno Bruto	**MAPE**	Error Porcentual Absoluto Medio
SSD	Sistemas de Soporte a la Decisión	**RP**	Regla de Pareto
CS	Cadena de Suministro	**SKU**	Stock-Keeping Unit
TI	Tecnología de Información	**RFID**	Identificadores de Radiofrecuencia
GI	Gestión de Inventarios		
EOQ	Cantidad Económica a Ordenar		
NS	Nivel de Servicio		

Variables y Símbolos

Variable	Descripción	Unidades
D	Razón anual de la demanda	Uds.
A	Costo de ordenar	$/pedido
h	Costo unitario mantener inventario	$/Ud/año
i	Tasa de interés	%
C	Costo de producto	$/Ud
W	Otros costos de inventario	$/Ud/año
T	Tiempo entre periodos	Ud. Tiempo
CT	Costo Total de Sistema de Inventarios	$/año
Z	Valor Normal de Nivel de confiabilidad	-
Q^*	Lote óptimo	Uds.
r	Punto de reorden	Uds.
np	Número de pedidos	
S	Inventario máximo	Uds.
$\overline{D}$	Demanda promedio	Uds.
$\overline{D}_\tau$	Demanda promedio durante tiempo de entrega	Uds.
w	Otros costos de inventario	$/Ud/año
T_r	Tiempo de revisión	Ud. Tiempo
τ	Tiempo de entrega	Ud. Tiempo
σ	Desviación estándar	Uds.
σ_L	Desviación estándar del tiempo de entrega	Uds.
σ_τ	Desviación estándar de demanda durante tiempo de entrega	Uds.
α_{EOQ}	Nivel de servicio política I	-
β	Nivel de servicio política II	-
e_t	Error del pronóstico	Uds.
MAD	Desviación Absoluta Media	Uds.
APE	Error Porcentual Absoluto	%
$RMSE$	Raíz Error Cuadrático Medio	Uds
$MAPE$	Error Porcentual Absoluto Medio	%
t	Periodo de tiempo	-
F_t	Pronóstico en periodo t	Uds.
D_t	Demanda en periodo t	Uds.
α	Constante de suavización	-

Anexo A: Situación actual RGD

Costos inventarios

Capital total invertido en el año	$2,457,271.26	
Costo de dinero inmovilizado en stock	10.90%	
Costos fijos de almacenaje	24600 $/año	1.001% / año
Costos variables de almacenaje	6000 $/año	0.244% / año
Costos de gestión de inventario	162000 $/año	6.593% / año
Costos de deterioro, pérdida y obsolescencia de stocks	9762.5 $/año	0.397% / año
Tasa de Interés Total		**19.135% /año**

Demanda Mensual 2014

Clave	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
24-60	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	5
24F-60	0	1	2	2	2	3	4	5	0	3	1	1	24
26R-50	2	0	4	3	2	1	2	0	0	1	0	1	16
26R-60	5	3	4	0	1	0	3	3	1	4	4	10	38
27-60	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2
27F-60	1	0	0	0	0	2	1	1	1	2	0	0	8
34-60	4	5	4	6	6	9	4	3	4	7	3	3	58
35-60	5	8	3	5	10	9	4	9	9	12	3	6	83
35-84N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
41-60	3	2	1	1	0	2	4	3	2	6	2	3	29
42-60	3	5	4	8	7	12	7	9	3	11	5	7	81
47-60	15	10	11	6	19	6	15	16	7	20	7	12	144
48-60	0	0	1	0	0	2	3	3	1	1	0	1	12
49-60	1	1	1	0	3	3	2	2	1	1	4	2	21
51-60	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
51R-60	0	1	2	2	1	1	1	1	0	2	0	0	11
58-60	1	3	2	2	6	6	5	7	6	6	4	6	54
58R-60	3	0	0	0	1	1	0	0	0	2	0	0	7
65-60	4	8	6	6	8	4	4	8	6	6	5	4	69
65-72	5	2	9	4	7	4	3	6	1	6	4	1	52
75-60	3	1	3	2	2	1	1	1	1	4	0	1	20
75-60P	0	1	2	1	0	1	2	0	0	0	1	1	9
75DT-60	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	3
78-60	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3
78DT	2	2	5	0	4	2	3	4	6	3	0	3	34
86-60	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	6
COM-4DP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
COM-8DP	20	11	5	8	9	2	15	14	10	16	7	12	129
F-4DLT	2	2	1	6	4	4	4	6	7	3	0	3	42
HC-31D	5	15	25	36	17	21	52	25	35	29	21	22	303
HC-31E	10	2	5	4	6	0	4	0	3	2	0	0	36
HP-31D	5	0	1	4	0	6	5	3	10	8	0	0	42
HP-31E	5	4	2	3	2	4	0	4	1	2	2	2	31
NS40Z	0	0	0	0	0	1	1	1	2	0	1	0	6
											Total		1379

Demanda Mensual 2015

Clave	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
24-60	3	0	0	0	2	0	0	2	0	0	2	1	10
24F-60	4	2	3	3	3	0	3	1	3	4	2	3	31
26R-50	1	2	1	1	1	2	0	4	0	1	1	0	14
26R-60	6	3	3	6	9	7	2	8	4	6	5	6	65
27-60	1	0	1	0	0	1	1	2	0	1	3	0	10
27F-60	1	0	0	3	0	0	0	2	0	2	2	0	10
34-60	2	9	5	7	11	9	7	7	13	7	9	7	93
35-60	6	4	4	8	6	4	7	2	6	5	5	7	64
35-84N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	0	4
41-60	5	2	2	8	5	6	9	5	2	1	1	1	47
42-60	8	3	8	6	10	7	3	11	4	8	8	10	86
47-60	21	11	7	14	12	17	12	18	22	21	16	17	188
48-60	3	0	0	1	0	2	2	1	0	1	1	3	14
49-60	3	3	0	4	3	3	1	6	3	1	3	5	35
51-60	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
51R-60	1	0	1	1	2	1	0	3	0	1	4	2	16
58-60	6	4	6	6	3	5	3	12	1	10	5	3	64
58R-60	0	0	1	0	3	0	0	0	0	0	1	1	6
65-60	6	4	7	5	3	9	10	4	4	11	4	13	80
65-72	8	5	2	2	7	7	4	7	4	7	5	4	62
75-60	0	1	1	1	1	0	3	1	1	2	0	1	12
75-60P	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2
75DT-60	0	0	0	0	1	2	0	4	1	2	1	3	14
78-60	2	1	0	1	1	0	0	2	1	2	0	0	10
78DT	6	2	1	1	2	0	2	2	1	4	3	2	26
86-60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	4
COM-4DP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	3
COM-8DP	3	6	14	9	8	7	9	6	1	20	5	17	105
F-4DLT	4	0	2	1	6	2	4	4	0	2	3	0	28
HC-31D	19	17	14	27	29	41	21	21	18	28	45	25	305
HC-31E	5	0	3	1	4	0	2	2	3	3	1	0	24
HP-31D	0	2	0	0	0	1	2	2	1	0	0	0	8
HP-31E	0	0	1	0	0	1	1	3	1	2	0	3	12
NS40Z	1	0	0	0	1	3	1	1	0	3	0	1	11
												Total	1464

Demanda Mensual 2016

Clave	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
24-60	0	1	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	7
24F-60	2	6	4	7	2	3	5	2	2	10	1	3	47
26R-50	1	0	0	0	2	1	0	0	1	4	2	0	11
26R-60	5	3	1	8	7	6	8	3	6	6	2	4	59
27-60	0	3	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	6
27F-60	0	0	0	0	0	1	3	2	0	1	2	1	10
34-60	9	6	4	10	3	8	7	5	9	7	4	5	77
35-60	12	4	2	3	10	12	24	13	6	31	5	5	127
35-84N	0	1	2	2	2	2	2	7	1	3	1	3	26
41-60	3	7	2	6	3	2	12	8	5	6	2	8	64
42-60	7	6	2	7	7	14	11	2	13	13	10	10	102
47-60	13	12	15	18	11	20	24	14	12	18	16	22	195
48-60	2	3	1	2	3	1	2	2	3	3	2	2	26
49-60	2	4	3	3	1	2	4	4	3	3	2	4	35
51-60	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	2
51R-60	0	0	1	2	2	2	2	1	1	2	3	1	17
58-60	3	2	0	7	2	1	3	3	1	4	7	2	35
58R-60	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	3
65-60	3	9	3	4	9	12	5	5	3	8	7	7	75
65-72	3	4	0	3	1	3	2	4	5	3	3	6	37
75-60	2	2	0	2	1	0	0	0	0	0	0	1	8
75-60P	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	2
75DT-60	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	1	0	4
78-60	0	1	0	2	1	0	3	1	0	0	0	1	9
78DT	3	1	4	3	1	4	6	2	2	0	5	4	35
86-60	2	1	1	1	2	4	2	1	0	2	1	7	24
COM-4DP	0	0	0	0	2	0	2	0	0	1	0	3	8
COM-8DP	6	6	4	8	7	6	6	2	12	7	11	14	89
F-4DLT	0	2	1	4	0	1	1	6	3	2	4	0	24
HC-31D	39	28	7	31	21	21	43	28	14	31	11	12	286
HC-31E	2	4	4	4	0	4	3	4	1	2	5	4	37
HP-31D	0	4	3	0	1	7	1	7	0	1	3	0	27
HP-31E	3	2	2	7	0	0	0	4	4	3	2	0	27
NS40Z	0	1	2	2	0	1	1	2	1	4	0	0	14
												Total	1555

Anexo B: Análisis Estadístico de los datos

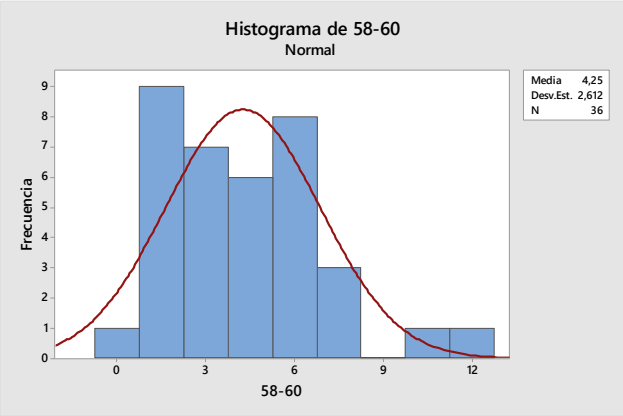
Concentrado Demanda

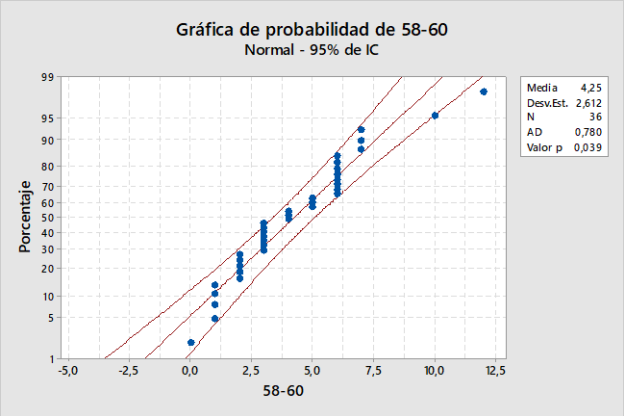
Clave	Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
26R-60	2014	5	3	4	0	1	0	3	3	1	4	4	10	162
	2015	6	3	3	6	9	7	2	8	4	6	5	6	
	2016	5	3	1	8	7	6	8	3	6	6	2	4	
34-60	2014	4	5	4	6	6	9	4	3	4	7	3	3	228
	2015	2	9	5	7	11	9	7	7	13	7	9	7	
	2016	9	6	4	10	3	8	7	5	9	7	4	5	
35-60	2014	5	8	3	5	10	9	4	9	9	12	3	6	274
	2015	6	4	4	8	6	4	7	2	6	5	5	7	
	2016	12	4	2	3	10	12	24	13	6	31	5	5	
41-60	2014	3	2	1	1	0	2	4	3	2	6	2	3	140
	2015	5	2	2	8	5	6	9	5	2	1	1	1	
	2016	3	7	2	6	3	2	12	8	5	6	2	8	
42-60	2014	3	5	4	8	7	12	7	9	3	11	5	7	269
	2015	8	3	8	6	10	7	3	11	4	8	8	10	
	2016	7	6	2	7	7	14	11	2	13	13	10	10	
47-60	2014	15	10	11	6	19	6	15	16	7	20	7	12	527
	2015	21	11	7	14	12	17	12	18	22	21	16	17	
	2016	13	12	15	18	11	20	24	14	12	18	16	22	
58-60	2014	1	3	2	2	6	6	5	7	6	6	4	6	153
	2015	6	4	6	6	3	5	3	12	1	10	5	3	
	2016	3	2	0	7	2	1	3	3	1	4	7	2	
65-60	2014	4	8	6	6	8	4	4	8	6	6	5	4	224
	2015	6	4	7	5	3	9	10	4	4	11	4	13	
	2016	3	9	3	4	9	12	5	5	3	8	7	7	
65-72	2014	5	2	9	4	7	4	3	6	1	6	4	1	151
	2015	8	5	2	2	7	7	4	7	4	7	5	4	
	2016	3	4	0	3	1	3	2	4	5	3	3	6	
COM-8DP	2014	20	11	5	8	9	2	15	14	10	16	7	12	323
	2015	3	6	14	9	8	7	9	6	1	20	5	17	
	2016	6	6	4	8	7	6	6	2	12	7	11	14	
HC-31D	2014	5	15	25	36	17	21	52	25	35	29	21	22	894
	2015	19	17	14	27	29	41	21	21	18	28	45	25	
	2016	39	28	7	31	21	21	43	28	14	31	11	12	

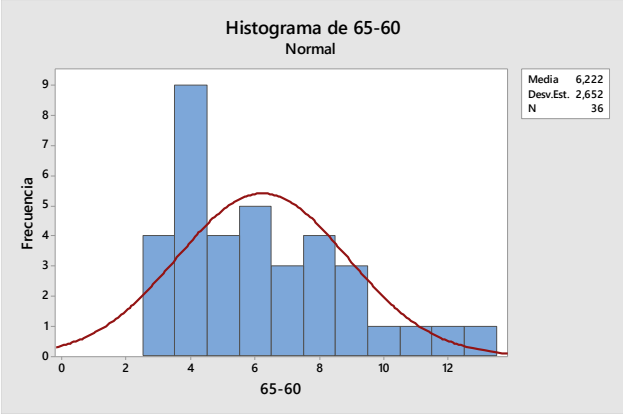
Clase A de productos resultante

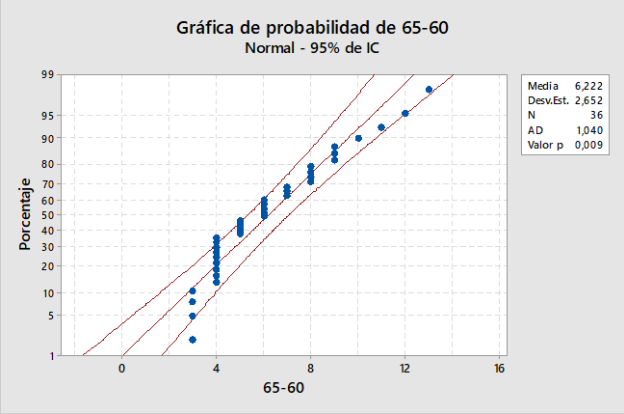
Clave Producto	Demanda promedio/año	Varianza	Desv. Estándar
HC-31D	298	111,36111	10,55278
47-60	176	23,00849	4,79672
COM-8DP	108	22,80478	4,77544
35-60	91	32,40432	5,69248
42-60	90	10,36034	3,21875
34-60	76	6,44444	2,53859
65-60	75	6,83951	2,61524
41-60	47	7,54321	2,74649
26R-60	54	6,19444	2,48886
58-60	51	6,63194	2,57526
65-72	50	4,60108	2,14501

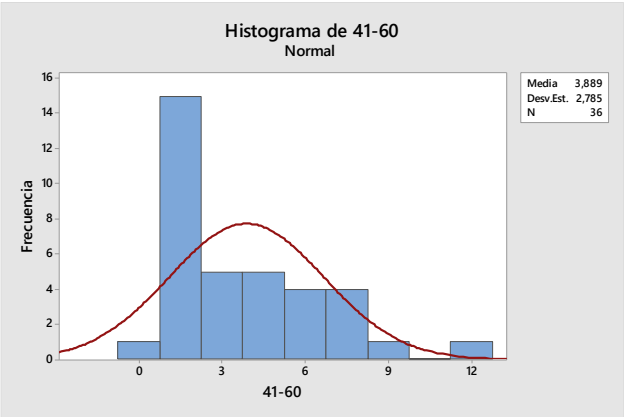
Análisis de Normalidad Clase A

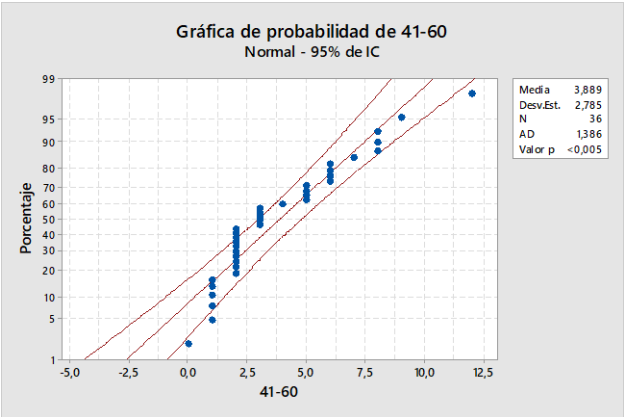


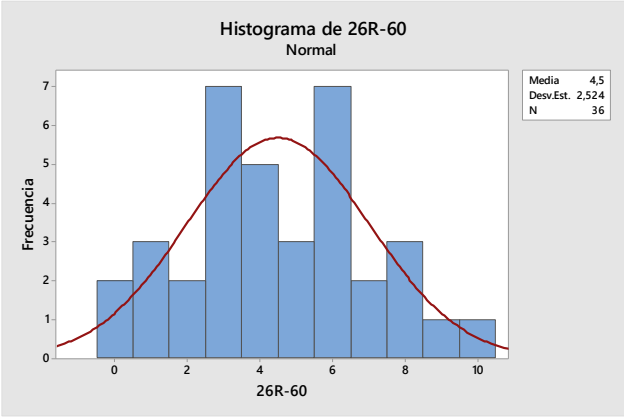


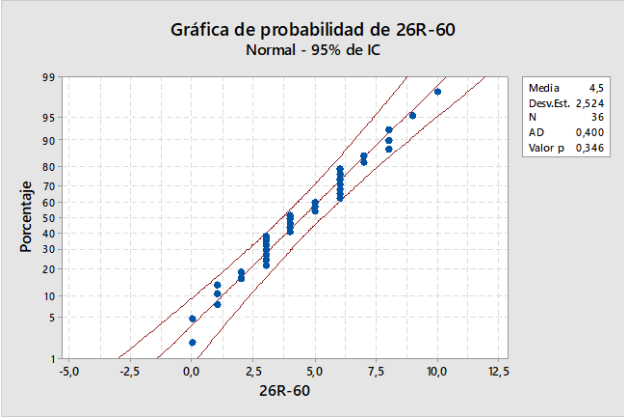


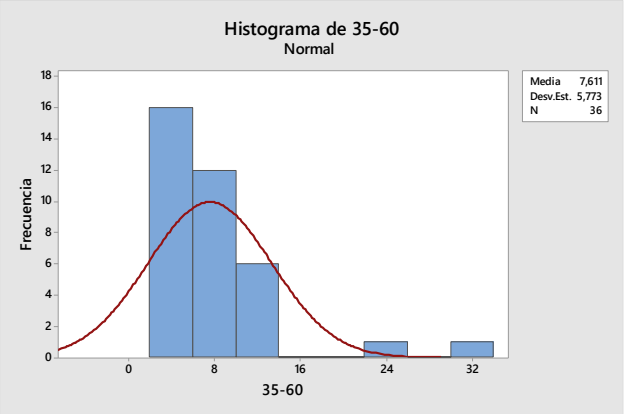


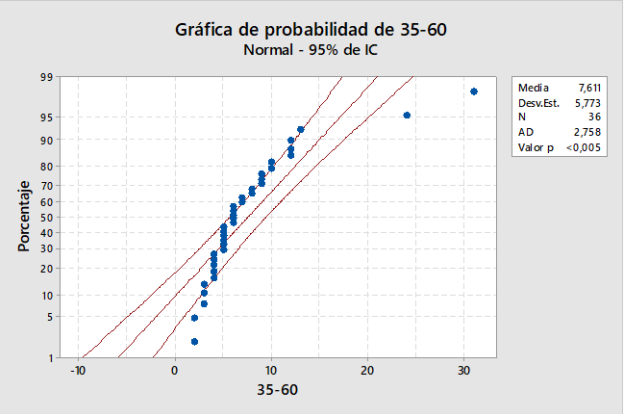

Histograma de 41-60
Normal
Frecuencia
41-60
Media 3,889
Desv.Est. 2,785
N 36

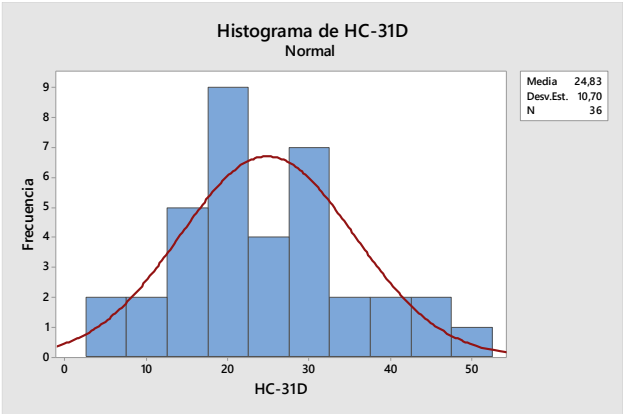

Gráfica de probabilidad de 41-60
Normal - 95% de IC
Porcentaje
41-60
Media 3,889
Desv.Est. 2,785
N 36
AD 1,386
Valor p <0,005

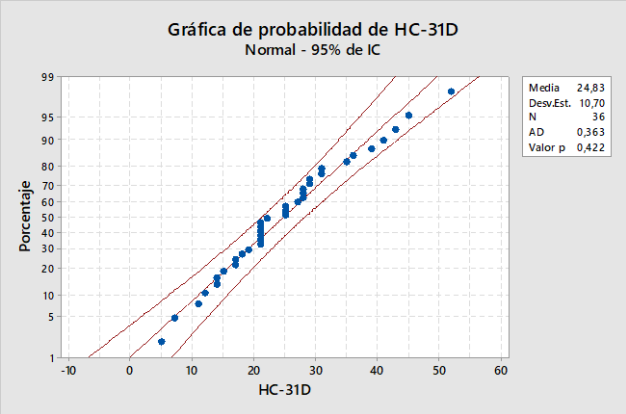

Histograma de 26R-60
Normal
Frecuencia
26R-60
Media 4,5
Desv.Est. 2,524
N 36

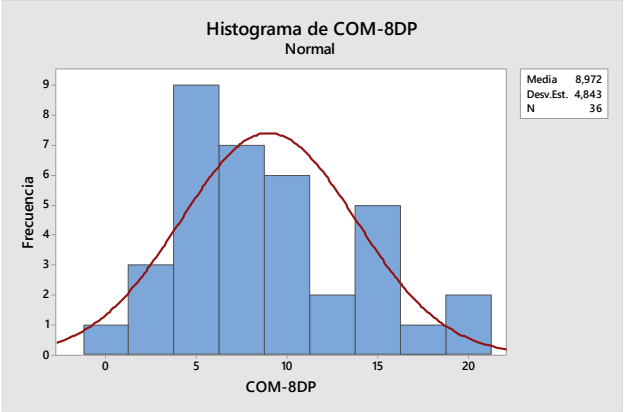

Gráfica de probabilidad de 26R-60
Normal - 95% de IC
Porcentaje
26R-60
Media 4,5
Desv.Est. 2,524
N 36
AD 0,400
Valor p 0,346

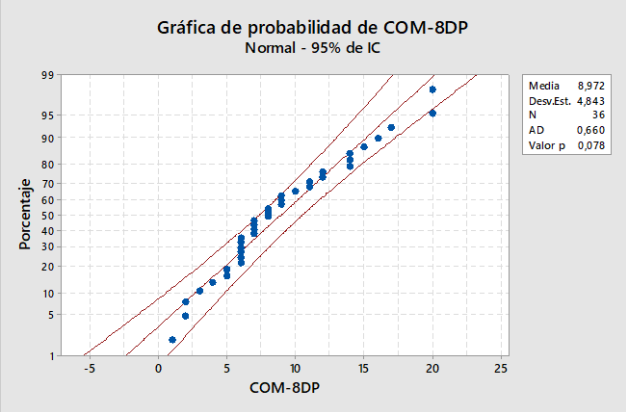

Histograma de 35-60
Normal
Frecuencia
35-60
Media 7,611
Desv.Est. 5,773
N 36

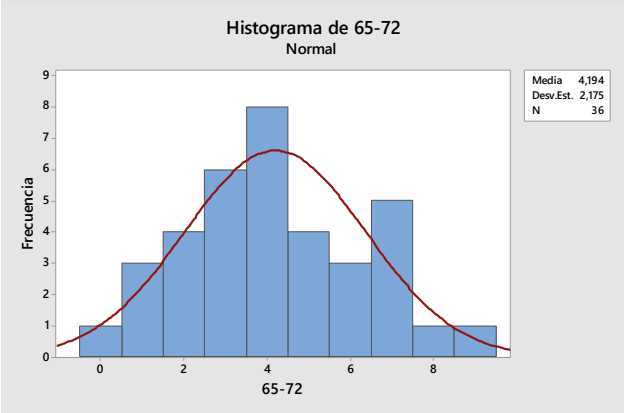

Gráfica de probabilidad de 35-60
Normal - 95% de IC
Porcentaje
35-60
Media 7,611
Desv.Est. 5,773
N 36
AD 2,758
Valor p <0,005

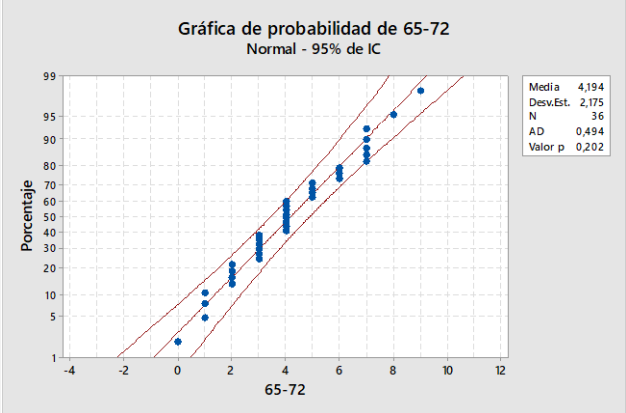

Histograma de HC-31D
Normal
Media 24,83
Desv.Est. 10,70
N 36
Frecuencia
HC-31D

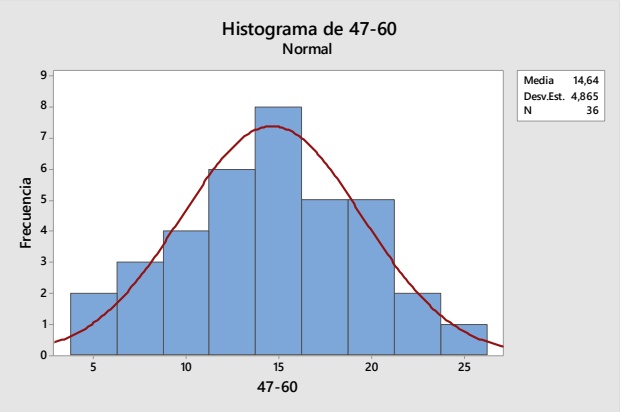

Gráfica de probabilidad de HC-31D
Normal - 95% de IC
Media 24,83
Desv.Est. 10,70
N 36
AD 0,363
Valor p 0,422
Porcentaje
HC-31D

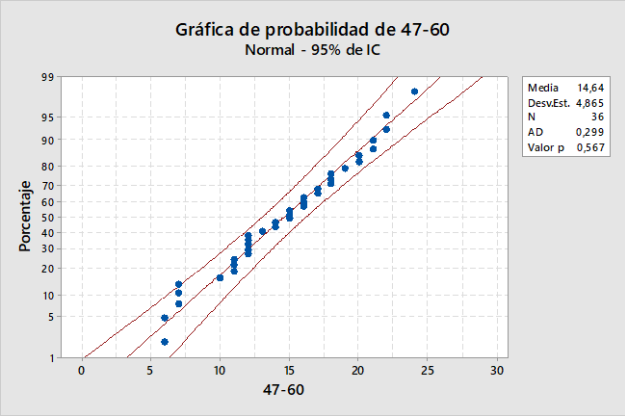

Histograma de COM-8DP
Normal
Media 8,972
Desv.Est. 4,843
N 36
Frecuencia
COM-8DP

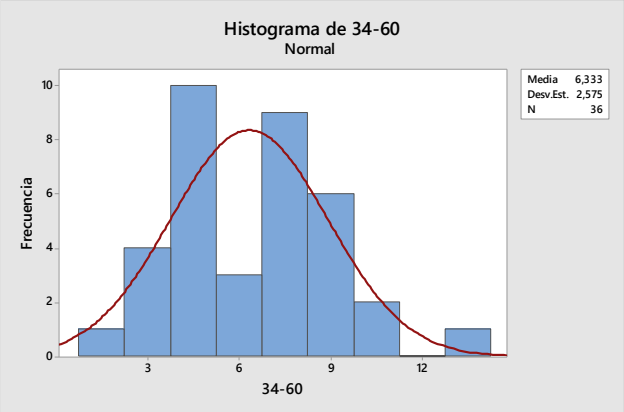

Gráfica de probabilidad de COM-8DP
Normal - 95% de IC
Media 8,972
Desv.Est. 4,843
N 36
AD 0,660
Valor p 0,078
Porcentaje
COM-8DP

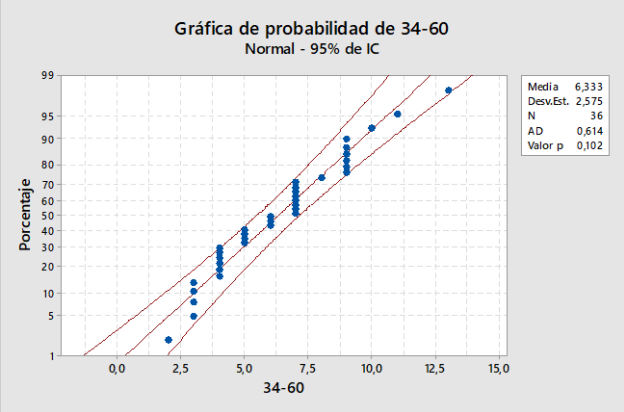

Histograma de 65-72
Normal
Media 4,194
Desv.Est. 2,175
N 36
Frecuencia
65-72

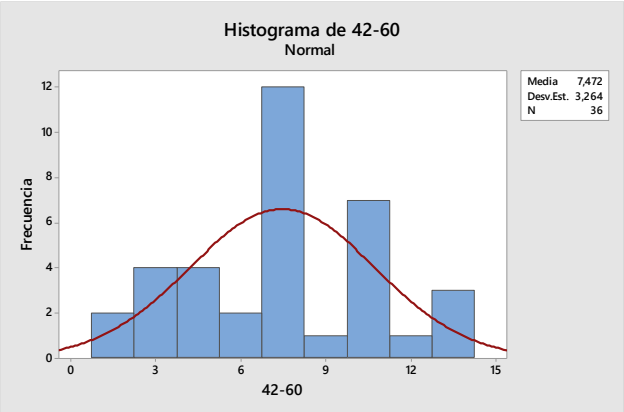

Gráfica de probabilidad de 65-72
Normal - 95% de IC
Media 4,194
Desv.Est. 2,175
N 36
AD 0,494
Valor p 0,202
Porcentaje
65-72

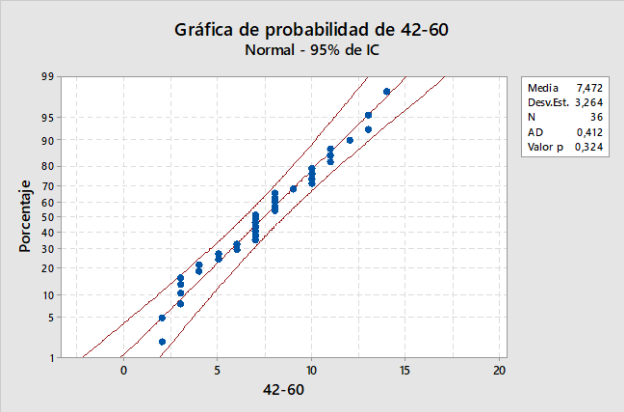

Histograma de 47-60
Normal
Frecuencia
47-60
Media 14,64
Desv.Est. 4,865
N 36


Gráfica de probabilidad de 47-60
Normal - 95% de IC
Porcentaje
47-60
Media 14,64
Desv.Est. 4,865
N 36
AD 0,299
Valor p 0,567


Histograma de 34-60
Normal
Frecuencia
34-60
Media 6,333
Desv.Est. 2,575
N 36

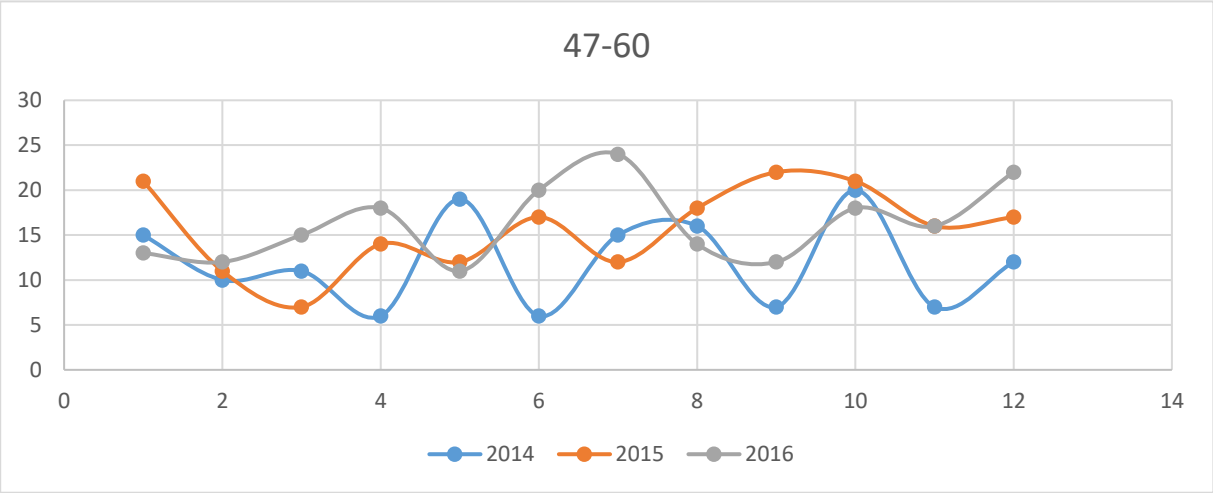

Gráfica de probabilidad de 34-60
Normal - 95% de IC
Porcentaje
34-60
Media 6,333
Desv.Est. 2,575
N 36
AD 0,614
Valor p 0,102

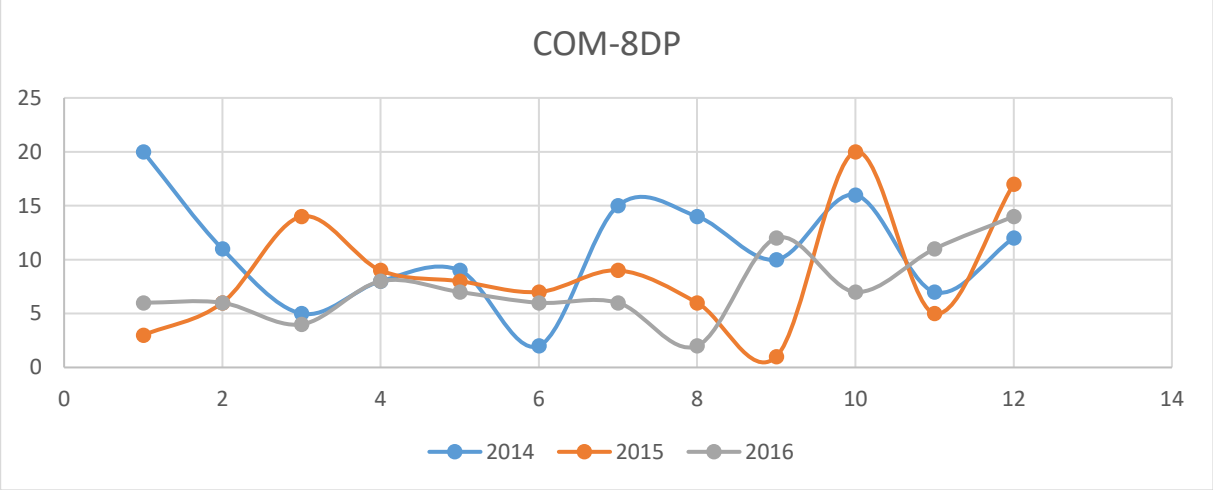

Histograma de 42-60
Normal
Frecuencia
42-60
Media 7,472
Desv.Est. 3,264
N 36

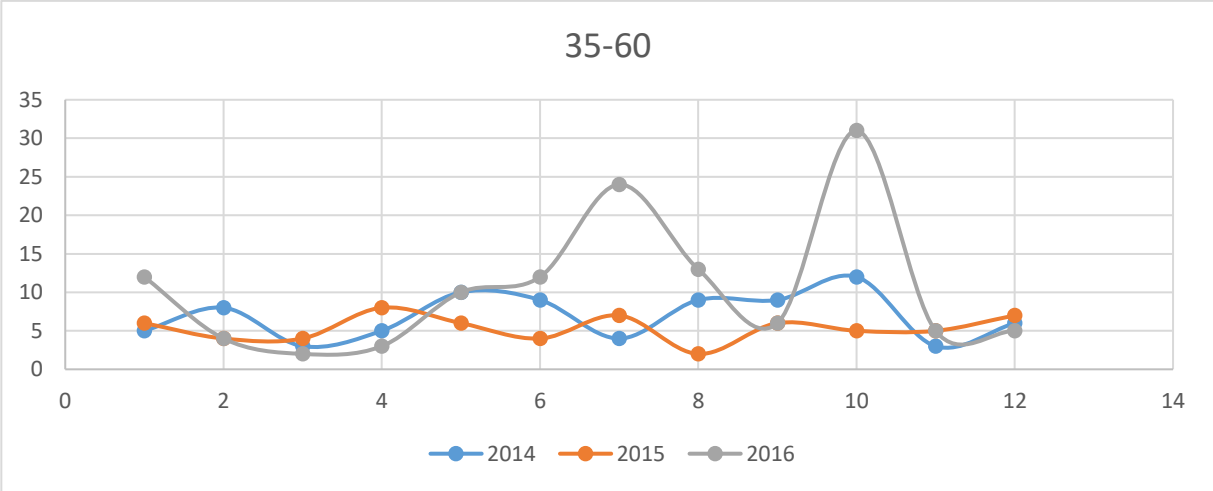

Gráfica de probabilidad de 42-60
Normal - 95% de IC
Porcentaje
42-60
Media 7,472
Desv.Est. 3,264
N 36
AD 0,412
Valor p 0,324

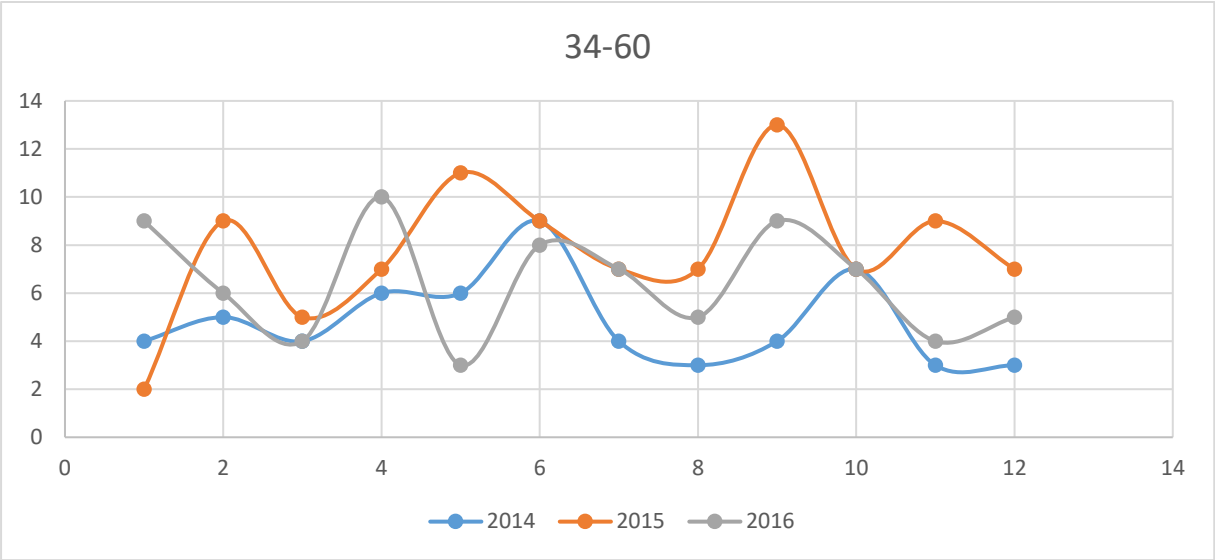
Anexo C: Análisis Gráfico de Datos

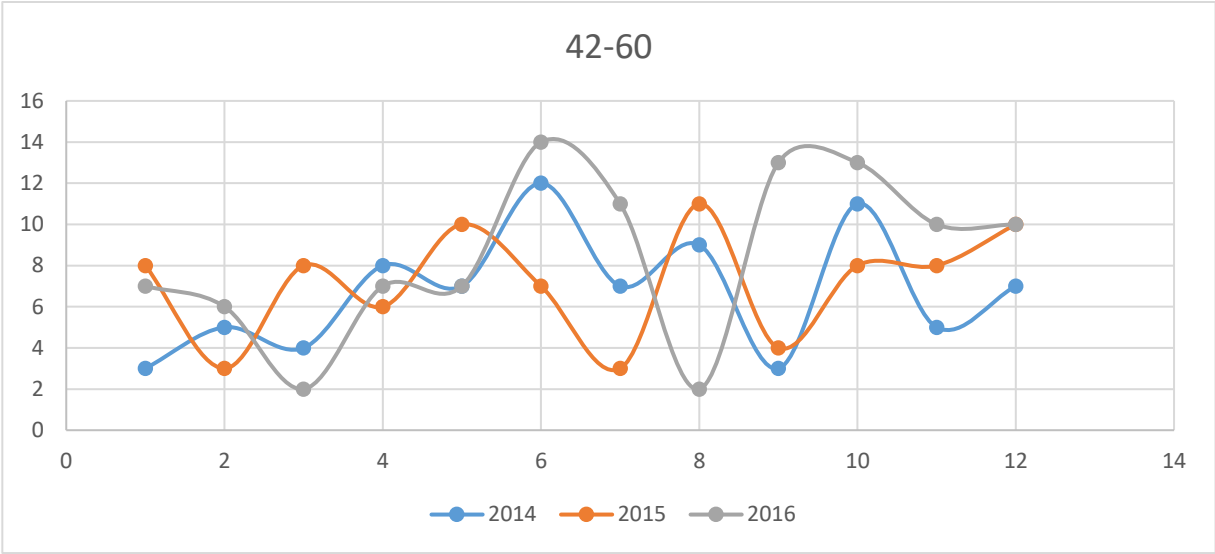
Histórico condensado

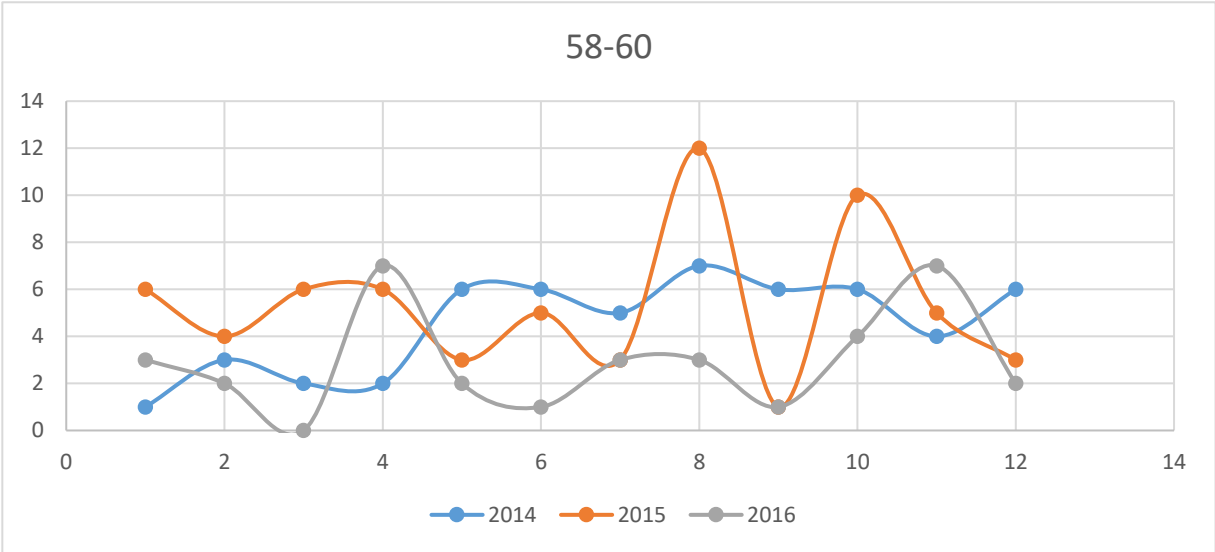


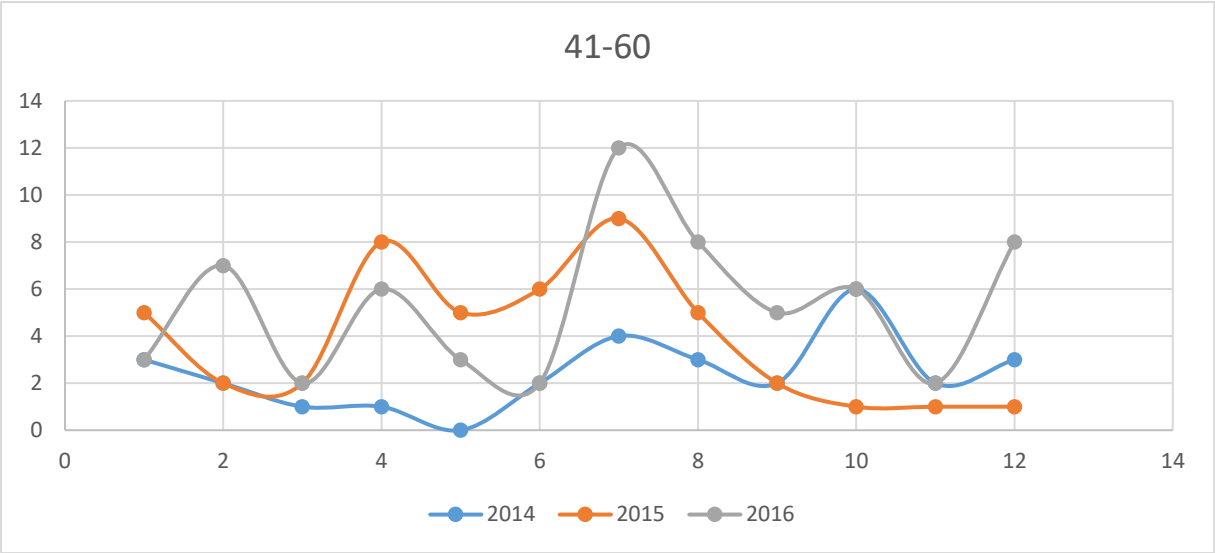


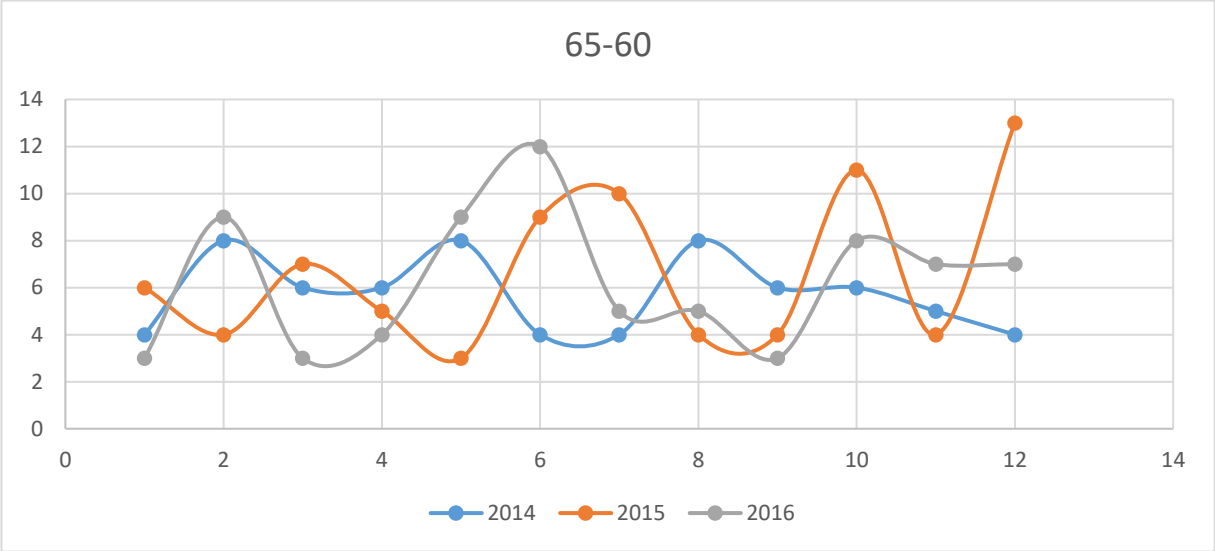


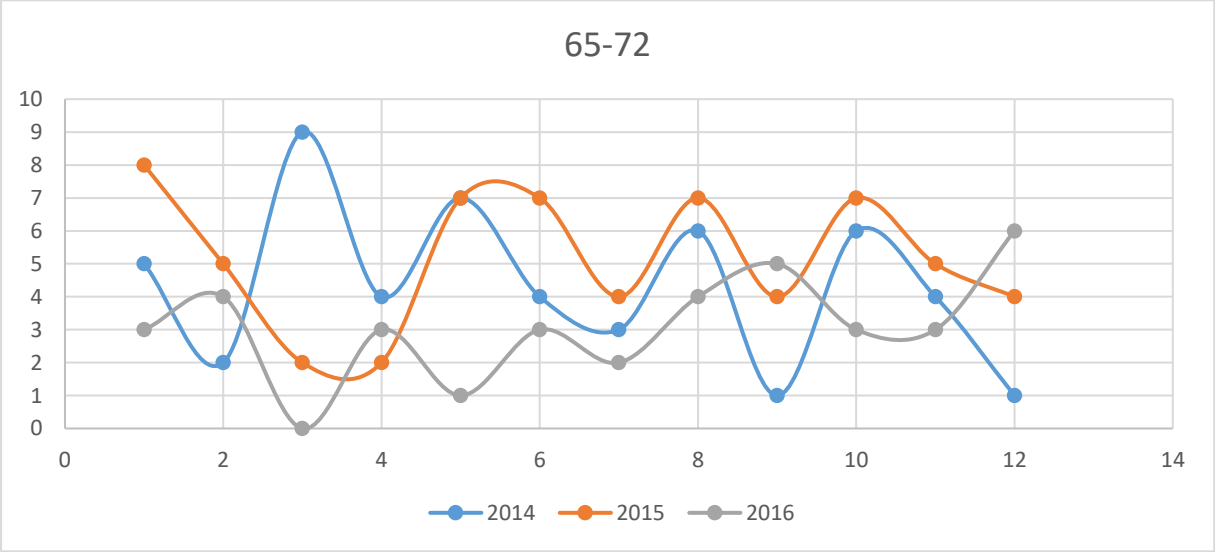

34-60
14
12
10
8
6
4
2
0
0
2
4
6
8
10
12
14
2014
2015
2016

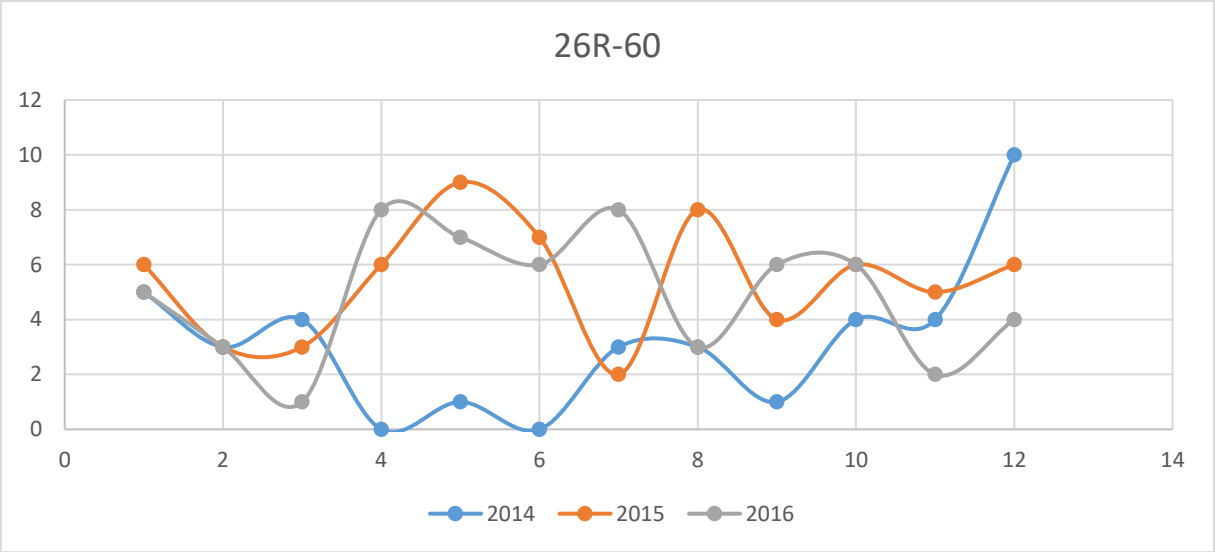

42-60
16
14
12
10
8
6
4
2
0
0
2
4
6
8
10
12
14
2014
2015
2016

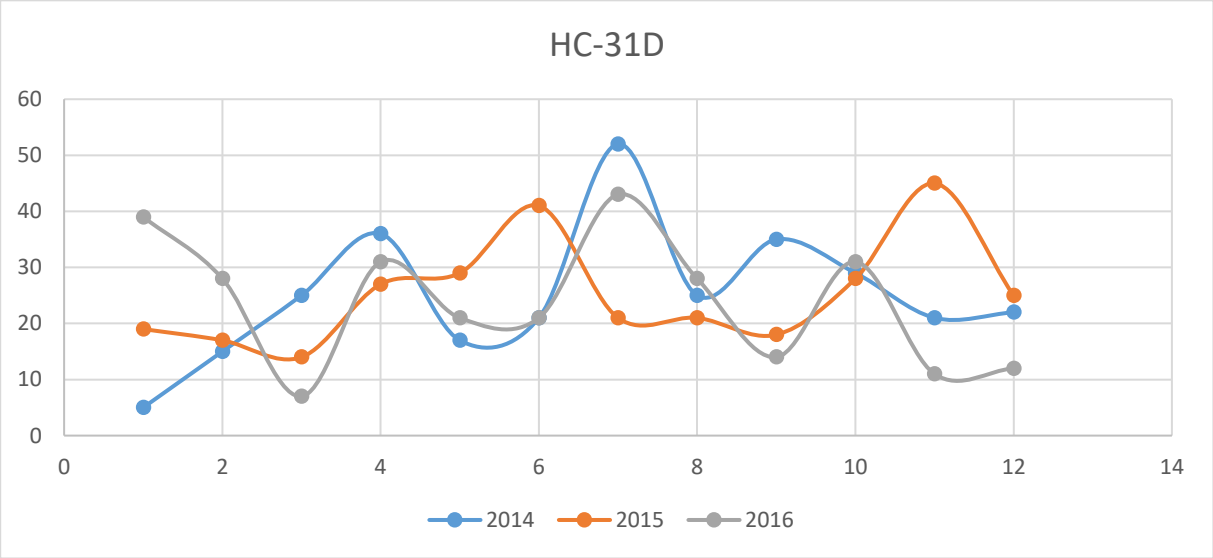

58-60
14
12
10
8
6
4
2
0
0
2
4
6
8
10
12
14
2014
2015
2016


41-60
14
12
10
8
6
4
2
0
0
2
4
6
8
10
12
14
2014
2015
2016

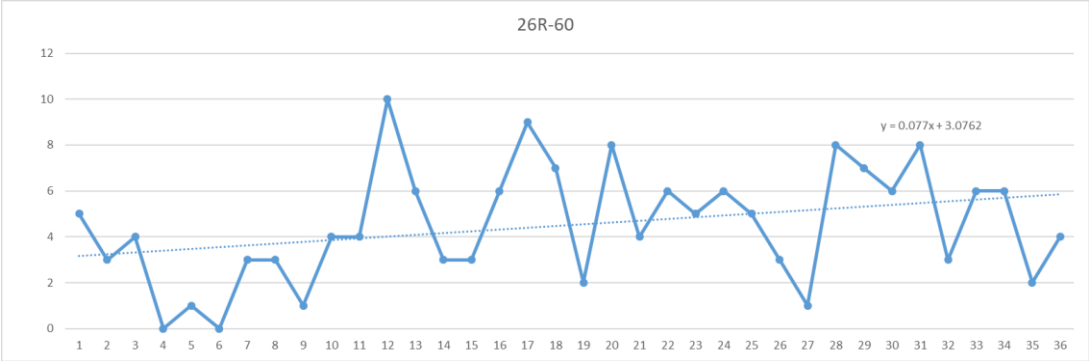

65-60
14
12
10
8
6
4
2
0
0
2
4
6
8
10
12
14
2014
2015
2016

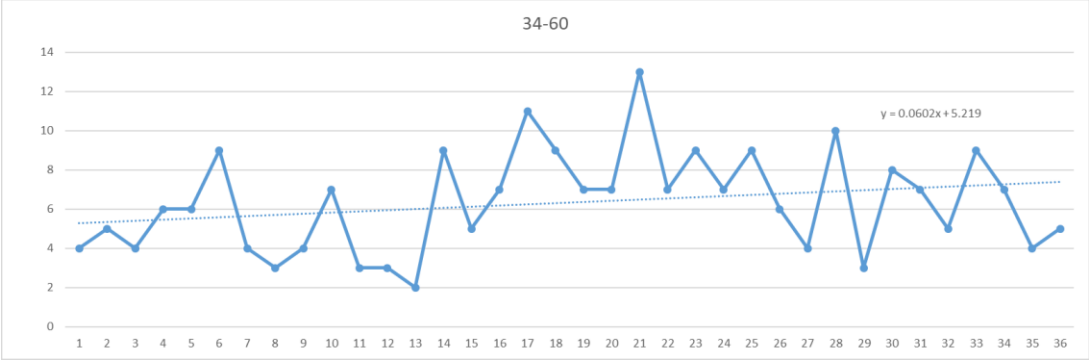

65-72
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
0
2
4
6
8
10
12
14
2014
2015
2016

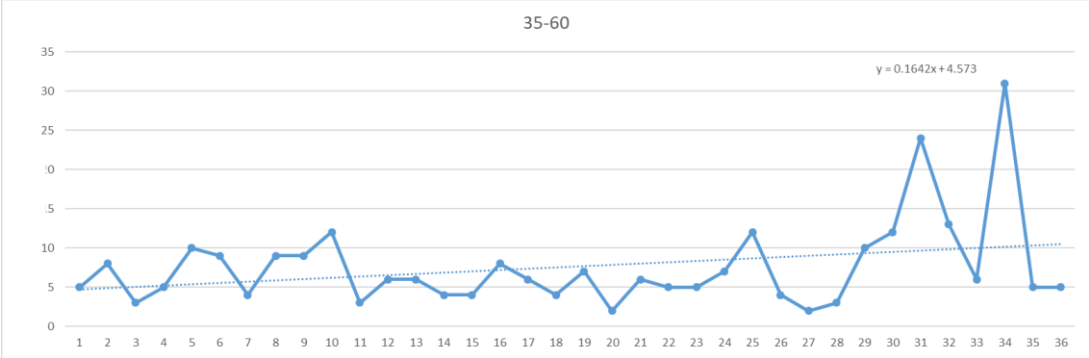

26R-60
12
10
8
6
4
2
0
0
2
4
6
8
10
12
14
2014
2015
2016

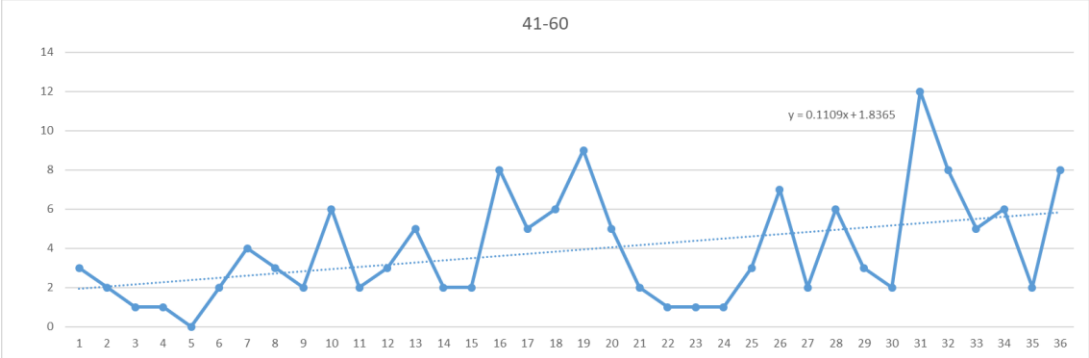

HC-31D
60
50
40
30
20
10
0
0
2
4
6
8
10
12
14
2014
2015
2016

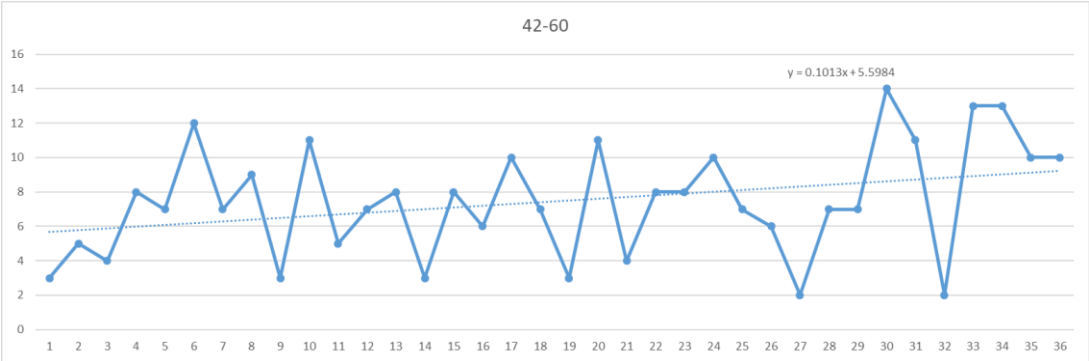
Comportamiento histórico (*n*=36)

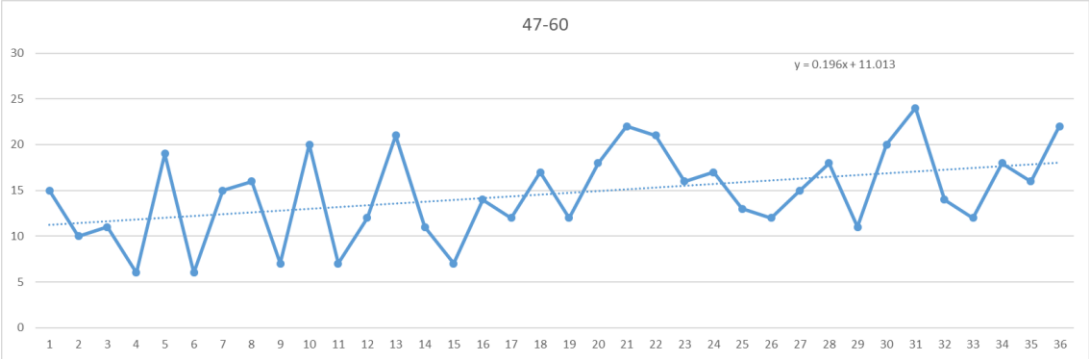


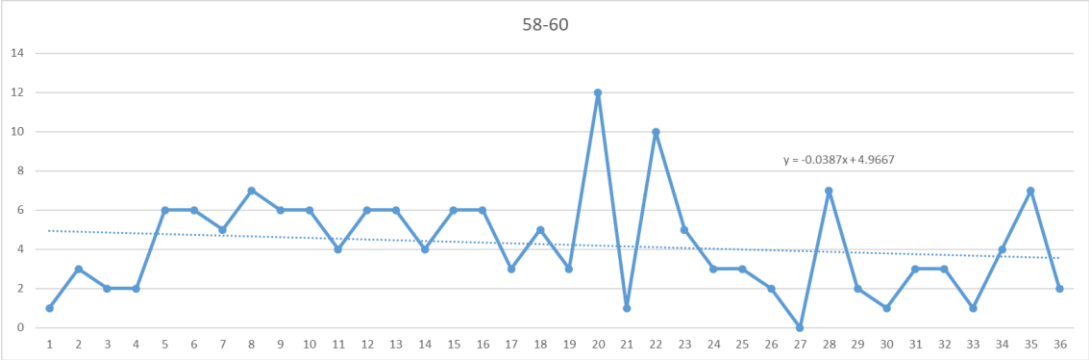


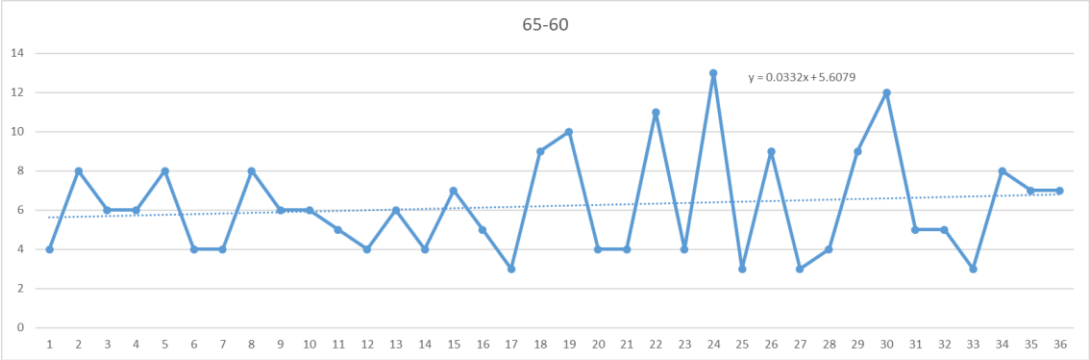


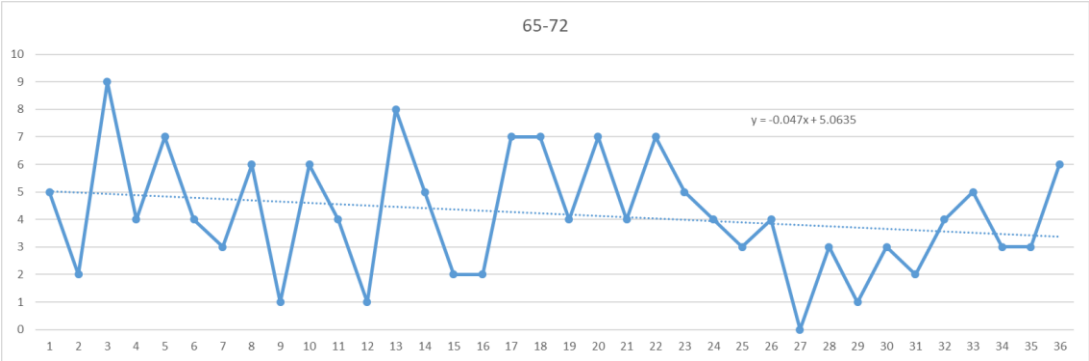


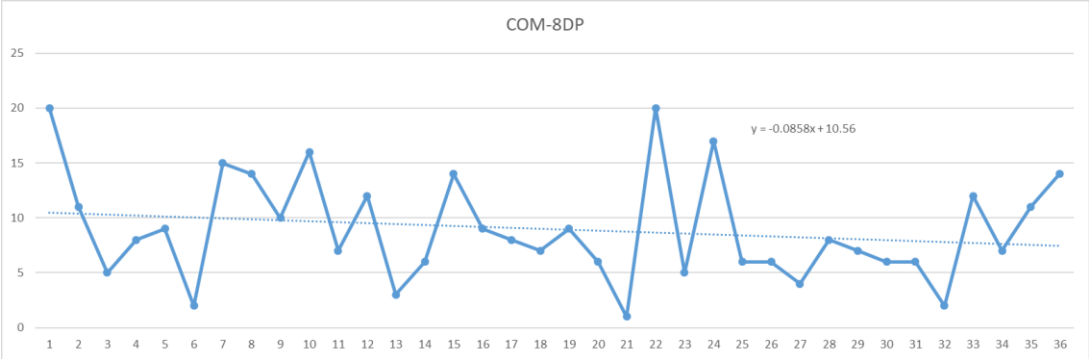

42-60
y = 0.1013x + 5.5984

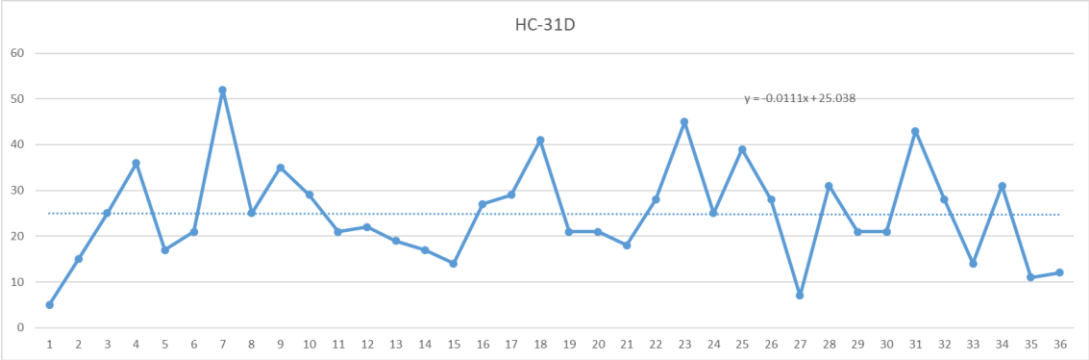

47-60
y = 0.196x + 11.013


58-60
y = -0.0387x + 4.9667

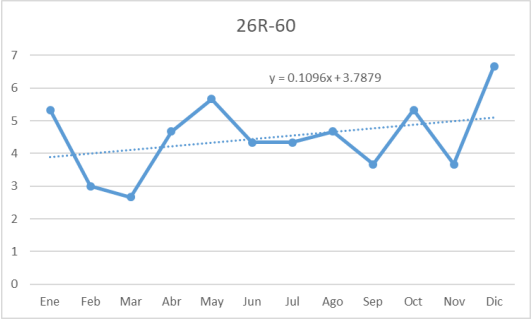

65-60
y = 0.0332x + 5.6079

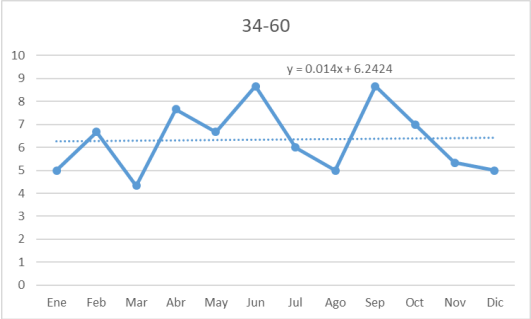

65-72
y = -0.047x + 5.0635

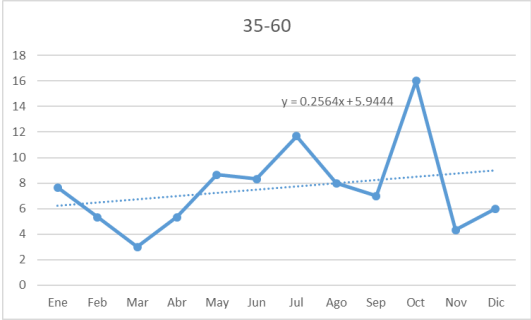

COM-8DP
y = -0.0858x + 10.56

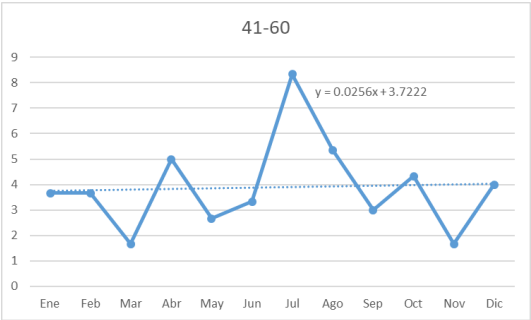

HC-31D
y = -0.0111x + 25.038

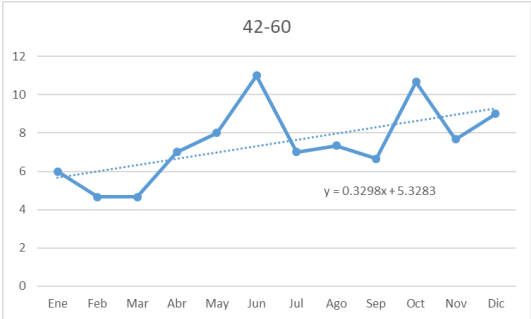
Comportamiento histórico (*n*=12)

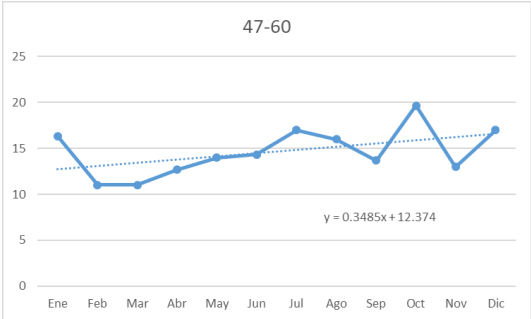


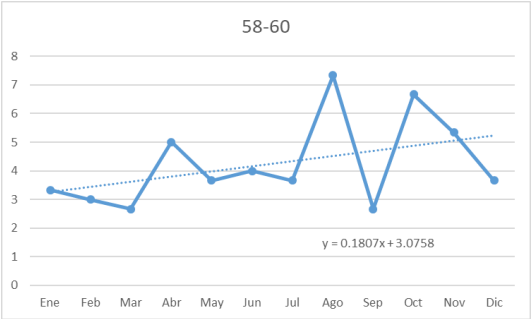


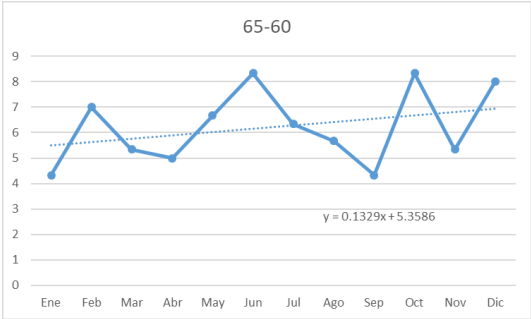


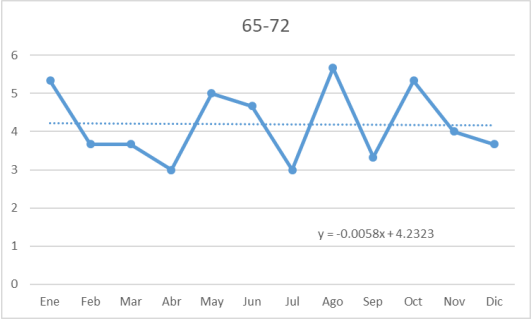


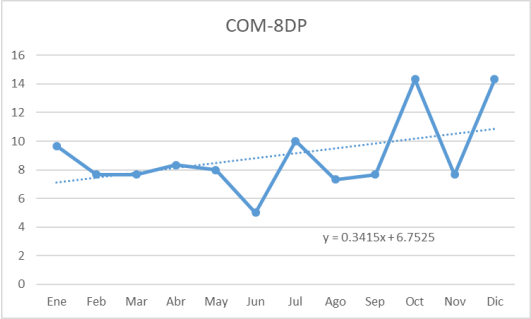


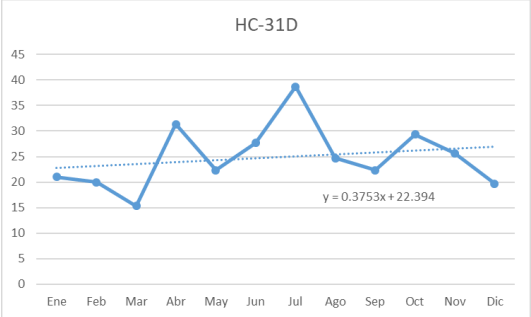







65-72
6
5
4
3
2
1
0
y = -0.0058x + 4.2323
Ene Feb Mar Abr May Jun Jul Ago Sep Oct Nov Dic


COM-8DP
16
14
12
10
8
6
4
2
0
y = 0.3415x + 6.7525
Ene Feb Mar Abr May Jun Jul Ago Sep Oct Nov Dic


HC-31D
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
y = 0.3753x + 22.394
Ene Feb Mar Abr May Jun Jul Ago Sep Oct Nov Dic

Anexo D: Pruebas de Pronósticos

Prueba constante de suavización para *SE*

α = 0.1

n=12	*MAE*
	SE
26R-60	1.24
34-60	1.36
35-60	2.69
41-60	1.90
42-60	1.59
47-60	2.16
58-60	1.17
65-60	1.27
65-72	0.96
COM-8DP	2.33
HC-31D	4.58

α = 0.3

n=12	*MAE*
	SE
26R-60	1.16
34-60	1.44
35-60	3.01
41-60	1.71
42-60	1.81
47-60	2.30
58-60	1.25
65-60	1.42
65-72	1.05
COM-8DP	2.17
HC-31D	5.34

α = 0.2

n=12	*MAE*
	SE
26R-60	1.12
34-60	1.38
35-60	2.82
41-60	1.74
42-60	1.65
47-60	2.24
58-60	1.19
65-60	1.27
65-72	0.98
COM-8DP	2.23
HC-31D	4.76

α = 0.4

n=12	*MAE*
	SE
26R-60	1.13
34-60	1.40
35-60	2.94
41-60	1.72
42-60	1.74
47-60	2.29
58-60	1.22
65-60	1.33
65-72	1.02
COM-8DP	2.18
HC-31D	5.08

Prueba intervalo para *PM*

Intervalo 5 periodos

n=12	*MAE*
	PM
26R-60	0.50
34-60	0.74
35-60	2.03
41-60	0.88
42-60	0.96
47-60	1.33
58-60	0.69
65-60	0.80
65-72	0.88
COM-8DP	1.38
HC-31D	2.77

Intervalo de 4 periodos

n=12	*MAE*
	PM
26R-60	0.63
34-60	0.94
35-60	1.94
41-60	0.98
42-60	1.16
47-60	1.24
58-60	0.77
65-60	0.88
65-72	0.88
COM-8DP	1.19
HC-31D	3.06

Intervalo 3 periodos

n=12	*MAE*
	PM
26R-60	0.69
34-60	0.94
35-60	2.13
41-60	1.02
42-60	1.01
47-60	1.26
58-60	0.80
65-60	0.86
65-72	0.88
COM-8DP	1.28
HC-31D	3.67

Bibliografía

[1] Ahmad, K., & Shafie, M. Z. (2016). Inventory management practices among malaysian micro retailing enterprises. Journal of Business and Retail Management Research, 11(1) Retrieved from http://0-search.proquest.com.millenium.itesm.mx/docview/1864655341?accountid=41938

[2] Algarni, A. (2016). Data mining in education. International Journal of Advanced Computer Science and Applications, 7(6), 456-461. doi:10.14569/IJACSA.2016.070659

[3] Autry, C. W., Griffis, S. E., Goldsby, T. J., & Bobbitt, L. M. (2005). Warehouse Management Systems: Resource Commitment, Capabilities, And Organizational Performance. Journal of Business Logistics, 26(2), 165-183. doi:10.1002/j.2158-1592.2005.tb00210.x

[4] Bagad, V. (2008). Management Information Systems. (1º ed.). Technical Publications.

[5] Baker, S. (2004). The inventory management challenge - management briefing: The inventory management challenge. (). Bromsgrove: Aroq Limited. Retrieved from http://0-search.proquest.com.millenium.itesm.mx/docview/212385892?accountid=41938

[6] Ballou, R. (2004). Logística: administración de la cadena de suministro (5º ed.). Pearson Eduacion.

[7] Brink, T. (2017). SME routes for innovation collaboration with larger enterprises. *Industrial Marketing Management,* 1-13. Retrieved February 15, 2017.

[8] Cano Olivos, Patricia; Orue Carrasco, Fernando; Martínez Flores, José Luis; Mayett Moreno, Yésica; López Nava, Gabriel; (2015). Modelo de gestión logística para pequeñas y medianas empresas en México. *Contaduría y Administración,* Enero-Marzo, 181-203.

[9] Cárdenas, L. (2017). Gestión de almacenes e inventarios. Presentación Curso Maestría en Ciencias con especialidad en Calidad y Productividad in ITESM campus Monterrey, Monterrey.

[10] Chopra, S., y Meindl, P. (2013). *Supply Chain Management: Strategy, Planning and Operation* (5th ed.). Edinburgh Gate: Pearson Education Limited.

[11] Ekman, P., Thilenius, P., Windahl, T., Industriell ekonomi och organisation, Mälardalens högskola, & Akademin för ekonomi, samhälle och teknik. (2014). Extending the ERP system: Considering the business relationship portfolio. Business Process Management Journal, 20(3), 480-501. doi:10.1108/BPMJ-08-2012-0085

[12] Elking, I., Paraskevas, J., Grimm, C., Corsi, T., & Steven, A. (2017). Financial dependence, lean inventory strategy, and firm performance. Journal of Supply Chain Management, 53(2), 22-38. doi:10.1111/jscm.12136

[13] Eyaa, S., Ntayi, J. M., & Namagembe, S. (2010). Collaborative relationships and SME supply chain performance. World Journal of Entrepreneurship, Management and Sustainable Development, 6(3), 233-245. doi:http://0-dx.doi.org.millenium.itesm.mx/10.1108/20425961201000018

[14] Hadley, S. W. (2004). A MODERN VIEW OF inventory. Strategic Finance, 86(1), 30-35. Retrieved from http://0-search.proquest.com.millenium.itesm.mx/docview/229782408?accountid=41938

[15] Hsiao, Y. (2008). Integrated logistic and inventory model for a two-stage supply chain controlled by the reorder and shipping points with sharing information. International Journal of Production Economics, 115(1), 229-235. doi:10.1016/j.ijpe.2008.06.004

[16] Hsinchun, C., Chiang, R. L., & Storey, V. C. (2012). Business intelligence and analytics: from big data to big impact. MIS Quarterly, 36(4), 1165-1188.

[17] INEGI. (2009). Micro, pequeña, mediana y gran empresa : Estratificación de los establecimientos : Censos Económicos 2009. *Instituto Nacional De Estadística Y Geografía*.

[18] Karadag, H. (2015). Financial Management Challenges In Small and Medium-Sized Enterprises: A Strategic Management Approach. *EMAJ: Emerging Markets Journal*, *5*(1), 26-40. doi:10.5195/emaj.2015.67

[19] Korcsmaros, E., & Simonova, M. (2017). BARRIERS TO SMES DEVELOPMENT. Aktual'Ni Problemy Ekonomiky = Actual Problems in Economics, (188), 44-51. Retrieved from http://0-search.proquest.com.millenium.itesm.mx/docview/1871411878?accountid=41938

[20] Kumar, R., Singh, R.,K., & Shankar, R. (2014). Strategy development by indian SMEs for improving coordination in supply chain. Competitiveness Review, 24(5), 414-432. Retrieved

from http://0-search.proquest.com.millenium.itesm.mx/docview/1658482192?accountid=41938

[21] Kwon, O., Wu, Z., & Zhang, L. (2016). Study of the forecasting performance of China stocks' prices using Business Intelligence (BI): comparison between normalized and denormalized data. Academy of Accounting and Financial Studies Journal, 20(1), 53+. Retrieved from http://0-go.galegroup.com.millenium.itesm.mx/ps/i.do?p=ITOF&sw=w&u=itesm01&v=2.1&it=r&id=GALE%7CA459075374&sid=summon&asid=6d1ea685b0ec2493bc3e81a45bd6cd6c

[22] Lu, C. (2016). IKEA supply chain- how does IKEA manage its inventory. Retrieved from https://www.tradegecko.com/blog/ikeas-inventory-management-strategy-ikea

[23] Mantilla, O. (2009). Lean Six Sigma: Modelo de desarrollo (Master's thesis, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey , 2009) (pp. 2-122). Monterrey.

[24] Martin, W., & Stanford, R. E. (2007;2006;). A methodology for estimating the maximum profitable turns for an ABC inventory classification system. IMA Journal of Management Mathematics, 18(3), 223-233. doi:10.1093/imaman/dpl013

[25] Muller, M. (2005). Essentials of Inventory Management. Bogotá: Norma.

[26] Osorio, C. A. (2013). Modelos para el control de inventarios en las pymes. Panorama, 2(6) doi:10.15765/pnrm.v2i6.241

[27] Prajogo, D., & Olhager, J. (2012). Supply chain integration and performance: The effects of long-term relationships, information technology and sharing, and logistics integration. International Journal of Production Economics, 135(1), 514-522. doi:10.1016/j.ijpe.2011.09.001

[28] Rajeev, N. (2008). Inventory management in small and medium enterprises: A study of machine tool enterprises in Bangalore. Management Research News, 31(9), 659-669.

[29] Reino Chérrez, C. (2014). Propuesta de un Modelo de Gestión de Inventarios, caso Ferretería Almacenes (Bachelor dissertation, Universidad Politécnica Salesiana) (pp. 1-89). Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana.

[30] Rusanescu, M. (2014). Abc analysis, model for classifying inventory. Hidraulica, (2), 17-20. Retrieved from http://0-search.proquest.com.millenium.itesm.mx/docview/1540973163?accountid=41938

[31] Secretaria de Economía de México (2011). Evolución del desempeño logístico de las cadenas de suministro en México. Retrieved from http://www.elogistica.economia.gob.mx/swb/work/models/elogistica/Resource/3/1/images/evolucion2011.pdf

[32] Secretaria de Economía de México. (2014). Estudio de indicadores del desempeño logístico de las cadenas de suministro en México 2014. Retrieved from http://www.elogistica.economia.gob.mx/swb/work/models/elogistica/Resource/3/1/images/Estudio_indicad_Resum_2014.pdf

[33] Shtub, A., & Karni, R. (2010). *ERP: the dynamics of supply chain and process management*. New York: Springer.

[34] Song, H., y Cheung, J. (2013). *Logistics: Perspectives, Approaches and Challenges*, New York: Nova Science Publishers, Inc.

[35] Stonkutė, E. (2015). A Literature Review on the Linkage between Supply Chain Challenges and Key Success Factors for Small and Medium Size Enterprises. *Management Of Organizations: Systematic Research*, (74), 121-138.

[36] Teunter, R. H., Syntetos, A. A., & Babai, M. Z. (2011). Intermittent demand: Linking forecasting to inventory obsolescence. European Journal of Operational Research, 214(3), 606-615. doi:10.1016/j.ejor.2011.05.018

[37] Torabi, S. A., Hatefi, S. M., & Saleck Pay, B. (2012). ABC inventory classification in the presence of both quantitative and qualitative criteria. Computers and Industrial Engineering, 63(2), 530-537. doi:10.1016/j.cie.2012.04.011

[38] USAID. (2014). Estudio de indicadores del desempeño logístico de las cadenas de suministro en México. Obtenido de http://www.elogistica.economia.gob.mx/swb/work/models/elogistica/Resource/1/1/images/Estudio_indic_desemp_log%C3%83%C2%ADstico.pdf

[39] Wang, B., Childerhouse, P., Kang, Y., Huo, B., & Mathrani, S. (2016). Enablers of supply chain integration. Industrial Management & Data Systems, 116(4), 838-855. doi:10.1108/IMDS-09-2015-0403

[40] Wang, J., Wang, J., Zhang, Z., & Guo, S. (2012). Stock index forecasting based on a hybrid model. Omega, 40(6), 758-766. doi:10.1016/j.omega.2011.07.008

Curriculum Vitae

Jesús Eugenio Aragón Lozano nació en Monterrey, México el 15 de Junio de 1992. Recibió el título de Ingeniería en Negocios y Tecnología de Información del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Campus Monterrey en Mayo del 2015. Fue aceptado en el programa de Maestría en Ciencias con especialidad en Calidad y Productividad en Agosto del 2015.