MODELO DE INVENTARIOS PARA LOS MEDIDORES DE AGUA POTABLE DE LA EMPRESA DE SERVICIO DE ACUEDUCTO ACUAVIVA S.A.

JESÚS DAVID LÓPEZ MALDONADO

UNIVERSIDAD DEL VALLE SEDE PALMIRA

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y ESTADÍSTICA

PALMIRA

2013

MODELO DE INVENTARIOS PARA LOS MEDIDORES DE AGUA POTABLE DE LA EMPRESA DEL SERVICIO DE ACUEDUCTO ACUAVIVA S.A.

JESÚS DAVID LÓPEZ MALDONADO

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TITULO DE

Ingeniero Industrial

DIRECTOR DEL PROYECTO

ING. Raúl Antonio Díaz Pacheco

UNIVERSIDAD DEL VALLE

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y ESTADÍSTICA

PALMIRA

2013

SEDE PALMIRA
Coordinación de Programa
Programa Académico de Ingeniería Industrial

ACTA DE SUSTENTACIÓN TRABAJO DE GRADO

FECHA DE ELABORACIÓN		
DÍA	MES	AÑO
02	07	2013

JURADO CONFORMADO POR LOS PROFESORES:

LÓPEZ SANDRA PATRICIA Y LONDOÑO JULIO CÉSAR

DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO: DIAZ PACHECO RAUL ANTONIO

ASESOR:

EVALUADOR: LÓPEZ SANDRA PATRICIA Y LONDOÑO JULIO CÉSAR

TÍTULO DEL TRABAJO DE GRADO: MODELO DE INVENTARIOS PARA LOS MEDIDORES DE AGUA POTABLE DE LA EMPRESA DEL SERVICIO DE ACUEDUCTO ACUAVIVA S.A.

ESTUDIANTES: LOPEZ MALDONADO JESUS DAVID CÓD. 200765633

EVALUACIÓN: Regístrese esta calificación (letras): Tres punto cincuenta y cinco (3,55) ≈ 3,6

☒ APROBADO:

☐ NO APROBADO:

☐ APROBADO PERO SUJETO A RECOMENDACIONES: El estudiante debe acoger las recomendaciones del jurado y presentar nuevamente el documento ante el Director del Trabajo.

☐ Requiere ☐ No requiere nueva sustentación.

El plazo para nueva sustentación y/o para presentación del documento final es de:

Aprobado por:	Aprobado por:
RAUL DIAZ PACHECO	
DIRECTOR	ASESOR
Aprobado por:	Aprobado por:
Sandra Patricia López R.	
JURADO	JURADO

UNIVERSIDAD DEL VALLE · SEDE PALMIRA · REGIONALIZACIÓN · Universidad del Valle · Coord. Ingeniería Industrial

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN **1**

ABSTRACT **2**

INTRODUCCIÓN **3**

JUSTIFICACIÓN **4**

JUSTIFICACIÓN TEÓRICA **4**

JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA **5**

JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA **5**

CAPÍTULO 1. DESCRIPCION DEL SISTEMA ACTUAL **7**

1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA **7**
1.1.1 Antecedentes del problema 7
1.1.2 Planteamiento del problema 8

1.2 OBJETIVOS **10**
1.2.1 Objetivo general 10
1.2.2 Objetivos específicos 10

1.3 MARCO REFERENCIAL **11**
1.3.1 Marco Legal 11
1.3.1.1 Ley 142 de 1994, capítulo IV, de los instrumentos de medición del consumo 11
1.3.2 Marco Contextual 12

CAPÍTULO 2. MÉTODOS DE PRONÓSTICOS DE DEMANDA **16**

2.1 DEMANDA **16**
2.1.1 Tipos de demanda 16
2.1.1.1 *Demanda dependiente*. 17
2.1.1.2 *Demanda Independiente* 17

2.2 MODELOS DE PRONÓSTICOS **18**

2.2.1 Regresión Lineal Simple 18
2.2.2 Promedio Móvil 22
2.2.3 Suavización Exponencial Simple 23
2.2.4.1 *Selección del coeficiente de suavización*. 25
2.2.4 Suavización Exponencial Doble 26
2.2.5 Medición del Error en los Pronósticos 27
2.2.5.1 *Desviación Absoluta Media (MAD* 28
2.2.5.2 *Error Cuadrático Medio (ECM)* 28
2.2.5.3 *Error Porcentual Medio (MAPE)* 28
2.2.6 Errores suavizados y señales de rastreo 29
2.2.6.1. *Señal de Rastreo* 31
2.2.6.2. *Señal de rastreo suavizada* 32

CAPITULO 3. MODELOS DE ADMINISTRACIÓN DE INVENTARIOS 34

3.1 GESTIÓN DE INVENTARIOS 34
3.1.1 La demanda y la administración de inventarios 35
3.1.1.1 *Recepción* 36
3.1.1.2 *Almacenamiento* 36
3.1.1.3 *Despacho o Distribución* 37
3.1.1.4 *Tiempo de entrega o de reabastecimiento* 38
3.1.2 Tipos de Inventario 39
3.1.2.1 Por su grado de transformación 39
3.1.2.2 Por su Categoría Funcional 41

3.2 MODELOS DE INVENTARIOS 43
3.2.1 Principio del modelo EOQ 43
3.2.1.1 Sistema de control continuo (s, Q) 46
3.2.1.2 *Sistema de Control Periódico (R, S)* 52
3.2.2 Costos 57
3.2.5.1 *Costos de Adquisición* 57
3.2.5.2 *Costo de Ordenar Pedidos (o Preparación)* 57
3.2.5.3 *Costos de Mantener Inventario* 57
3.2.5.4 *Costos por faltantes* 57

3.3 PLAN DE ACCIÓN 58
3.3.1 Propósito de los planes de acción 58
3.3.2 Formato de un plan de acción 59

CAPITULO 4. DESARROLLO DE PRONÓSTICOS DE DEMANDA PARA MEDIDORES DE AGUA POTABLE 60

4.1 CONSIDERACIONES GENERALES 60

4.2 DESARROLLO DEL PRONÓSTICO POR REGRESIÓN LINEAL.....63

4.3 DESARROLLO DEL PRONÓSTICO POR PROMEDIO MÓVIL SIMPLE..66

4.4 DESARROLLO DEL PRONÓSTICO POR SUAVIZACIÓN EXPONENCIAL SIMPLE 70

4.4.1 Selección del Coeficiente de Suavización 70

4.5 DESARROLLO DEL PRONÓSTICO POR SUAVIZACIÓN EXPONENCIAL DOBLE 74

4.5.1 Selección del Coeficiente de Suavización 75

4.6 ANÁLISIS Y RESULTADOS DE LOS PRONÓSTICOS.....80

CAPITULO 5. DESARROLLO DE LOS MODELOS DE INVENTARIOS PARA LOS MEDIDORES DE AGUA POTABLE 83

5.1 CONSIDERACIONES GENERALES 83

5.2. MODELO DE CANTIDAD ECONÓMICA DE PEDIDO (*EOQ*) PARA LA POLÍTICA DE CONTROL CONTINUO (*s,Q*) 87

5.3. MODELO DE CANTIDAD ECONÓMICA DE PEDIDO (*EOQ*) PARA LA POLÍTICA DE CONTROL PERIÓDICO (*R,S*) 91

5.4. ANÁLISIS Y RESULTADOS 95

5.5. VALIDACIÓN.....96

CONCLUSIONES 98

RECOMENDACIONES.....99

BIBLIOGRAFÍA 100

ANEXOS.....105

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Demanda mensual de medidores de agua potable.....61

Tabla 2. Pronóstico de Demanda por el Método de Regresión Lineal.....63

Tabla 3. Pronóstico de Demanda por Promedio Móvil Simple.....67

Tabla 4. Selección del Coeficiente de Suavización α. 71

Tabla 5. Pronóstico de Demanda por Suavización Exponencial Simple para α=0.25.....72

Tabla 6. Selección del Coeficiente de Suavización α. 75

Tabla 7. Condiciones Iniciales para Elaborar Pronóstico Suavización Exponencial Doble.....76

Tabla 8. Pronóstico de Demanda por Suavización Exponencial Doble 77

Tabla 9. Resultados de Pronósticos de Demanda.....80

Tabla 10. Disponibles y demanda real para el 2012.....85

Tabla 11. Parámetros para el cálculo del EOQ para la política (s,Q).....88

Tabla 12. Parámetros para el cálculo del EOQ para la política (R, S) 92

Tabla 13. Costo total de las políticas (s, Q) y (R, S) de acuerdo al nivel de servicio.....95

Tabla 14. Análisis de las políticas de inventario.....96

Tabla 15. Simulación de los resultados en Excel de la política (s, Q).....97

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de flujo, planteamiento del problema.....9

Figura 2. Concepto del modelo EOQ 43

Figura 3. Sistema (s, Q).....46

Figura 4. Sistema (R, S) 53

LISTADO DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Demanda de Contadores de Agua Potable. 62

Gráfica 2. Regresión Lineal 64

Gráfica 3. Seguimiento a la Señal de Rastreo para Regresión Lineal 65

Gráfica 4. Promedio Móvil Simple.....68

Gráfica 5. Seguimiento a la Señal de Rastreo para Promedio Móvil 69

Gráfica 6. Suavización Exponencial Simple con α=0.25.....73

Gráfica 7. Señal de rastreo suavizada.. 74

Gráfica 8. Suavización Exponencial Doble 1 78

Gráfica 9. Seguimiento a la Señal de Rastreo suavizada para Suavización Exponencial Doble 79

Gráfica 10. Compendio de Modelos de Pronósticos de Demanda.....81

Gráfica 11. Demanda real vs Pronóstico suavización exponencial simple, entre los periodos Enero 2010 / Diciembre 2012. 82

Gráfica 12. Demanda pronosticada para los últimos 11 meses.....85

LISTADO DE ECUACIONES

Ecuación 1. Fórmula general de regresión lineal 19
Ecuación 2. Ecuación parcial de la regresión lineal 19
Ecuación 3. Cálculo de desviaciones cuadráticas 19
Ecuación 4. Cálculo de la derivada parcial de la constante a 20
Ecuación 5. Cálculo de la derivada parcial del coeficiente b 20
Ecuación 6. Cálculo del coeficiente b 20
Ecuación 7. Cálculo de la constante a 20
Ecuación 8. Cálculo de los valores promedios de x, y 20
Ecuación 9. Cálculo de los intervalos de confianza 21
Ecuación 10. Cálculo del coeficiente de correlación 21
Ecuación 11.Cálculo general del promedio móvil 22
Ecuación 12. Cálculo del promedio móvil para t periodos 22
Ecuación 13. Suavización exponencial simple 23
Ecuación 14. Suavización exponencial simple para t periodos 24
Ecuación 15. Ecuación general de la suavización exponencial doble 26
Ecuación 16. Primer suavizado exponencial 26
Ecuación 17. Segundo suavizado exponencial 27
Ecuación 18. Cálculo del error del pronóstico 27
Ecuación 19. Cálculo de la MAD 28
Ecuación 20. Cálculo del ECM 28
Ecuación 21. Cálculo de la MAPE 28
Ecuación 22. Cálculo del error suavizado 29
Ecuación 23. Cálculo de la MAD suavizada 30
Ecuación 24. Cálculo de la MAD (0) 30
Ecuación 25. Cálculo de la constante C1 y β 30
Ecuación 26. Cálculo de la desviación estándar de los errores 30
Ecuación 27. Cálculo de la señal de rastreo 31
Ecuación 28. Cálculo de la señal de rastreo suavizada 32
Ecuación 29. Cálculo del EOQ 44
Ecuación 31. Costo total del EOQ 45
Ecuación 32. Cálculo de la función especial de la distribución normal Gz 49
Ecuación 33. Cálculo de la probabilidad de que la normal unitaria z tome un valor mayor o igual que k Pz 49
Ecuación 34. Cálculo de la probabilidad de que la normal unitaria z tome un valor mayor o igual que k (Pz) a partir de P1 50
Ecuación 35. Cálculo del Inventario de seguridad 50
Ecuación 36. Cálculo del punto de reorden 50

Ecuación 37. Cálculo del CTR 51
Ecuación 38. Costo de mantenimiento de inventario 51
Ecuación 39. Cálculo del CTR1 51
Ecuación 40. Cálculo del CTR2 52
Ecuación 41. Cálculo del intervalo de revisión.....55
Ecuación 42. Cálculo de la desviación estándar.....56
Ecuación 43. Cálculo de la demanda promedio durante el periodo R+L 56
Ecuación 44. Cálculo de Gz para P2.....56
Ecuación 45. Cálculo del valor máximo de inventario S 56
Ecuación 46. Cálculo del CTR2 para el sistema R,S 56
Ecuación 47. Cálculo del Costo de mantenimiento.....86
Ecuación 48. Cálculo del Costo de emitir una orden (A).....87

RESUMEN

El departamento de logística de la empresa de servicios públicos de la ciudad de Palmira, presenta la necesidad de mejorar las políticas de administración de inventarios, para poder establecer convenios con los proveedores que permitan abastecer los medidores de agua potable de tal forma que cumplan con los requisitos establecidos por la empresa, debido a que se ha logrado identificar problemas en la administración actual de inventarios, en cuanto a sobrecostos por cantidades abundantes de inventario de medidores de agua potable en su bodega, representando dinero almacenado que podría ser utilizado en otra actividad, por ende se desea implementar un modelo de administración de inventarios, como estrategia, que garantice el cubrimiento de la demanda de clientes y la acogida de nuevos clientes potenciales como lo son quienes están inmersos en los planes de vivienda desarrollados en la ciudad, de tal forma que le permita tener un nivel de servicio deseado, cumpliendo con las expectativas de todos los grupos de interés.

Teniendo en cuenta la necesidad que presenta la empresa Acuaviva, se propone en el siguiente proyecto una metodología para la administración de inventarios de contadores de agua potable, en donde se plantearon mecanismos que permiten asegurar el suministro en las áreas usuarias, bajo un enfoque de cubrimiento total de la demanda, con la implementación de un sistema de pronóstico de suavización exponencial simple, con α=0.25 y demanda proyectada de 197 medidores mensuales, lo que permitió generar una política de revisión periódica del inventario de repuesto de contadores de agua potable, con una cantidad económica de pedido de 168 medidores, periodo de revisión de 29 días y un costo total relevante anual por valor de $ 2´466.711.

Palabras claves: Inventarios, proveedores, medidores, modelo, demanda, clientes, repuesto.

ABSTRACT

The logistics department of the utility of the city of Palmyra, has the need to improve inventory management policies, to establish agreements with suppliers that can provide potable water meters so as to meet the requirements set by the company, because it has identified problems in the current management of inventories, in terms of cost overruns for large amounts of inventory of water meters stored, representing money that could be used in other activities, therefore want to implement an inventory management model as a strategy that guarantees coverage of customer demand and acceptance of new leads as are those who are immersed in developed housing schemes in the city, so that allows you to have a desired service level, meeting the expectations of all interested groups.

Bearing in mind the need presented by the company Acuaviva, is proposed in the following project a methodology for inventory management of potable water meters, where mechanisms were raised to ensure supply in the user areas, with a focus on coverage total demand, with the implementation of a system of simple exponential smoothing forecast with $\alpha = 0.25$ and a projected demand of 404 meters monthly, allowing policy to generate a periodic review of inventory replacement water meters, with a economic order quantity of 168 meters, review period two days and annual total relevant cost of 2,466,711 COP (Colombian Pesos).

Keywords: Inventories, suppliers, meter, model, demand, customers, parts.

INTRODUCCIÓN

Este trabajo muestra el proceso de un modelo que integra varios componentes como los sistemas de pronósticos de demanda, modelos de inventarios y una herramienta computacional (como WinQSB, para corroborar los sistemas de pronósticos), fundamental en el desarrollo de todo el trabajo cuyo fin es la modelación de posibles escenarios que permitan generar análisis de las variables en estudio que intervienen en el desarrollo de las operaciones de la empresa de servicio de agua potable Acuaviva E.P.S. S.A. de la ciudad de Palmira.

Este estudio tiene como objetivo establecer los niveles de inventario de la empresa de servicios públicos Acuaviva E.P.S. S.A., para ello será de vital importancia entender y discutir los diferentes modelos de pronósticos empleados en el desarrollo del trabajo y conocer los modelos de inventarios que se adecuan a las necesidades y políticas que presenta la compañía, para el manejo y control de los productos y servicios que esta ofrece.

De la misma forma, aporta al crecimiento del conocimiento para los encargados de los inventarios en la compañía acerca de este tema, sus comportamientos, y todo lo que a ellos respecta, de tal forma que se puedan crear ventajas competitivas para la empresa en materia de respuesta rápida a sus clientes en la prestación del servicio, contribuyendo con esto a la mejora en la satisfacción del cliente y su percepción de la calidad de la empresa.

JUSTIFICACIÓN

El trabajo a desarrollar en la empresa ACUAVIVA S.A. E.S.P. además de ayudarnos a fortalecer los conocimientos mediante la práctica, en cuanto a las teorías y diferentes métodos de la Ingeniería Industrial, será una oportunidad para analizar la situación actual de la empresa respecto a su gestión y manejo de inventario, dónde podríamos detectar situaciones críticas en el servicio de instalación de medidores, permitiéndonos identificar y diseñar una propuesta de mejoramiento factible que se coloca a disposición de los encargados del área comercial para su aplicación y de sus principales representantes, teniendo en cuenta las políticas establecidas.

Por ello el beneficio que el servicio de instalación de medidores de ACUAVIVA puede obtener mediante este documento es la presentación de una propuesta de mejoramiento de su sistema de gestión de inventario, siendo necesario proponer una estrategia a implementar.

Por otro lado, para la Universidad del Valle, es importante impulsar la realización de prácticas empresariales por parte de sus estudiantes porque se desarrollarían aportes mediante propuestas de solución de problemas detectados en empresas que contribuyen en el crecimiento y desarrollo de la ciudad de Palmira, como es el caso de ACUAVIVA S.A. E.S.P

JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

La importancia en el control de inventarios dentro de la Ingeniería Industrial se enfoca en el objetivo primordial de toda empresa: obtener utilidades.

La obtención de utilidades nace de las ventas, ya que éste es el motor de la empresa. Sin embargo, si la función del inventario no opera con efectividad, las

ventas no tendrán material suficiente para poder trabajar, el cliente se siente inconforme al no ser atendida su solicitud de servicio del cambio de medidor para nuestro caso y la oportunidad de tener utilidades por este concepto, se disuelve. Entonces, sin inventarios, no se podrán responder a todas las solicitudes de cambio de medidores.

En todos los casos resulta de vital importancia el control de inventarios, dado que su descontrol se presta no sólo al robo hormiga (se presenta cada que a un cliente manifiesta el robo o hurto de su medidor), sino también a mermas y desperdicios, pudiendo causar un fuerte impacto sobre las utilidades. En el presente estudio se ejemplificara el control de inventarios de una empresa de acueducto, dado que éste tipo de negocios combinan las funciones comercial, de producción y servicios.

JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

Desde el punto de vista metodológico, esta investigación implica la aplicación de un método de investigación experimental para generar conocimiento válido y confiable dentro del área de los inventarios en particular y de las Ciencias Administrativas, adecuando un sistema de planeación óptimo que permitirá con mayor acierto, pronosticar la demanda de los medidores de agua potable, reduciendo los costos por manejo de inventarios que presenta la empresa en el momento.

JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

Este trabajo se realizará en la empresa privada de acueducto ACUAVIVA S.A. E.S.P con el fin de beneficiar el sistema de administración de inventarios, de acuerdo al problema que presenta con el manejo inadecuado de sus inventarios, lo que ha generado altos costos de almacenamiento,

representados en un coste de oportunidad del 10% respecto al desarrollo de otras actividades. Además, mejorar dicho problema, este busca reducir los costos por disposición de contadores que debido a su largo tiempo en almacenamiento, se dañan o resultan defectuosos, lo que representa un coste adicional para la empresa.

El planteamiento del problema permitirá una planeación ajustada a la demanda que presenta la empresa ACUAVIVA S.A. E.S.P de tal forma que se reduzcan los costos totales de operación y, dicha disminución de costos se refleje en un aumento de la utilidad neta.

Esta planificación de la demanda adecuada a un sistema de pronóstico, permitirá ofrecer a los clientes de la ciudad de Palmira un mejor servicio en la calidad de los medidores de agua potable, mayor garantía del producto, logrando el aumento en la satisfacción del cliente y aumentando su good-will en la ciudad, generando sentimiento de orgullo por parte de las personas de la ciudad.

La realización de este trabajo tiene como objetivo permitir la aplicación de conocimientos adquiridos a lo largo del proceso de aprendizaje dentro del programa de ingeniería industrial, con el fin de demostrar las habilidades desarrolladas durante este proceso y que permitan dar a conocer el buen trabajo y la buena aplicación de los conceptos teóricos por parte de quien realiza el trabajo a un caso de la vida real.

CAPÍTULO 1. DESCRIPCION DEL SISTEMA ACTUAL

1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

1.1.1 Antecedentes del problema

En el año 2008, ACUAVIVA S.A. manejaba pedidos de medidores de agua potable en cantidades de aproximadamente 1000 unidades mensuales cuando su demanda real era de tan solo 800 unidades aproximadamente. Con el pasar de los meses, la demanda de los medidores fue disminuyendo a 211 unidades mensuales pero la empresa se mantenía con órdenes de 1.000 unidades. Cuando las existencias llegaron a 3.000 unidades, la empresa decide parar las órdenes a los proveedores ya que el costo total relevante ascendía a $7'355.431.

Actualmente, la empresa maneja un stock de 440 medidores de agua potable cuando su capacidad instalada es de 7.000 unidades, que representan un área de 420 m². Adicionalmente, los pedidos de medidores de agua potable son de 394 unid/mes, teniendo en cuenta los siguientes factores:

- Presenta una demanda aproximada de 197 unid/mes[1].
- Nivel de rotación de inventarios de 2 veces.
- Un costo total relevante de la política de $ 3'233.633[2].
- Actualizó su política a la ley 142 del 11 de Junio de 1991 por la cual se establece el Régimen de los Servicios Públicos Domiciliarios y estableció un inventario de seguridad de 100 unidades que mensualmente se contabiliza en bodega. Se aclara que la ley, no tiene incidencia alguna sobre la implementación de una nueva política de inventarios.

[1] Demanda estimada por el departamento de compras y suministros.
[2] Costo Total Relevante calculado por el departamento de compras y suministros.

Por otra parte, los costos por ordenar medidores equivalen a 79.366,00 $/orden (dato calculado por el departamento de suministros), el costo de mantenerlos por valor del 20% y los costos generados para instalar un medidor de agua potable son de $ 163.777,00 comprendidos de la siguiente manera:

- El costo unitario de los contadores es de $ 59.672,00.
- Instalación del contador por valor de $ 62.463,00, (equivalente al 60% de las obras).
- El costo de los materiales utilizados en la instalación por valor de $ 41.642,00, (equivalente al 40% de las obras).

1.1.2 Planteamiento del problema

El modelo actual de pronósticos de demanda de ACUAVIVA S.A., se basa en la experiencia de los colaboradores, situación que está generando exceso de existencias representadas en altos costos de manejo y de almacenamiento de inventarios, no solo para los medidores de agua potable, sino también, para el resto de materiales requeridos en la instalación.

El problema de la empresa de acueducto y alcantarillado ACUAVIVA S.A. consiste en el uso de pronósticos que no se ajustan al comportamiento real de la demanda.

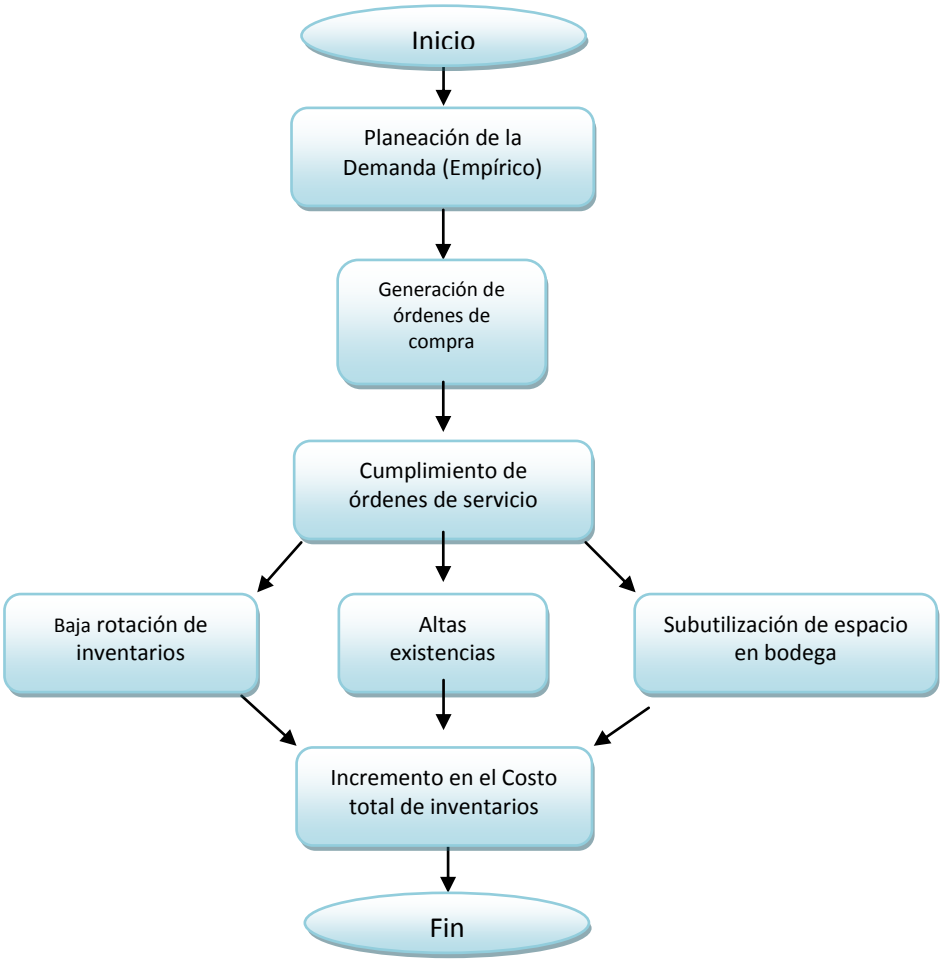


Figura 1. Diagrama del planteamiento del problema. Fuente: Elaboración propia.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo general

Proponer un modelo de inventarios en la empresa ACUAVIVA S.A. E.S.P. de Palmira, Valle, que permita la reducción de costos totales por inventario de medidores de agua potable.

1.2.2 Objetivos específicos

- Conocer los métodos de pronósticos de demanda que se plantean en la literatura, para proponer un método acorde al comportamiento de la demanda de los medidores de agua potable.

- Consultar los diferentes modelos de administración de inventarios, para seleccionar los instrumentos que permitan minimizar el impacto de una política de inventario poco estructurada por la empresa objeto de estudio.

- Realizar un pronóstico de demanda que permita establecer el nivel óptimo de inventarios a manejar en bodega, considerando los distintos métodos de planificación existentes.

- Desarrollar una propuesta de administración de inventarios de los medidores de agua potable a partir de los modelos planteados en la literatura.

- Realizar un análisis de la política anterior, situación actual y método propuesto, para determinar, cual es la política más adecuada.

1.3 MARCO REFERENCIAL

1.3.1 Marco Legal

La prestación del servicio de la instalación de medidores y su lectura basado en los parámetros permisivos de error se apoyan de la Ley 142 que es un estatuto que regula integralmente la actividad de los servicios públicos domiciliarios, servicios que por ser inherentes a la finalidad social del Estado, éste cuenta con un poder jurídico de intervención, si se quiere excepcional, comparado con otras actividades que constituyen servicio público en Colombia.

1.3.1.1 Ley 142 de 1994, capítulo IV, de los instrumentos de medición del consumo

- **Articulo 144**

"De los medidores individuales. Los contratos uniformes pueden exigir que los suscriptores o usuarios adquieran, instalen, mantengan y reparen los instrumentos necesarios para medir sus consumos. En tal caso, los suscriptores o usuarios podrán adquirir los bienes y servicios respectivos a quien a bien tengan; y la empresa deberá aceptarlos siempre que reúnan las características técnicas a las que se refiere el inciso siguiente.

La empresa podrá establecer en las condiciones uniformes del contrato las características técnicas de los medidores, y del mantenimiento que deba dárselas.

No será obligación del suscriptor o usuario cerciorarse de que los medidores funcionen en forma adecuada; pero sí será obligación suya hacerlos reparar o reemplazarlos, a satisfacción de la empresa, cuando se establezca que el funcionamiento no permite determinar en forma adecuada los consumos,

o cuando el desarrollo tecnológico ponga a su disposición instrumentos de medida más precisos. Cuando el usuario o suscriptor, pasado un período de facturación, no tome las acciones necesarias para reparar o reemplazar los medidores, la empresa podrá hacerlo por cuenta del usuario o suscriptor……"

- **Articulo 145**

Control sobre el funcionamiento de los medidores. Las condiciones uniformes del contrato permitirán tanto a la empresa como al suscriptor o usuario verificar el estado de los instrumentos que se utilicen para medir el consumo; y obligarán a ambos a adoptar precauciones eficaces para que no se alteren. Se permitirá a la empresa, inclusive, retirar temporalmente los instrumentos de medida para verificar su estado.

1.3.2 Marco Contextual

ACUAVIVA S.A. E.S.P. es una empresa prestadora del servicio público domiciliario de Acueducto y Alcantarillado, creada mediante escritura pública No. 3008 el 18 del mes diciembre de 1996 en la Notaria 1º del círculo de Palmira, en cumplimiento de la Ley 142 de 1994. En sus quince años de prestación del servicio se ha consolidado como un ente dinámico y emprendedor, su capital es de tipo mixto compartido entre el municipio (40%) y accionistas privados (50%), entre los cuales se destaca la Multinacional Lyonesse de Souxz y el 10% restante a inversionistas nacionales entre los cuales figuran Ingenio Oriente, Ingenio Manuelita, Distribuidora PVC, entre otros y por el hecho de que el capital privado es el más representativo se considera como una empresa de carácter privado.

ACUAVIVA S.A. E.S.P., está ubicada en el Municipio de Palmira, cuenta con estructuras físicas propias y arrendadas, encontrándose la parte administrativa, financiera y comercial en las instalaciones del 2º piso del

Edificio Inmobiliaria Ganadero en la calle 31 No. 29-14; en la carrera 24 No. 18-23 se localiza la sede operativa en mantenimiento de acueducto y alcantarillado; en el Corregimiento de Barrancas se encuentra la Planta de Tratamiento de Agua Potable.

La estructura organizacional de ACUAVIVA S.A. E.S.P., parte desde su asamblea de socios quien elige la Junta Directiva , ésta queda conformada por tres (3) miembros del Municipio de Palmira, por estatuto el Alcalde es uno de ellos y además oficiará como presidente de la misma, tres (3) representantes de la Multinacional Lyonesse de Souxz, y un representante de los accionistas minoritarios, luego está la Gerencia General de quien dependen los Departamentos de Planeación y Desarrollo, Oficina Jurídica, Sistemas, Recursos Humanos y tres (3) subgerencias, Técnica, Comercial y Administrativa y Financiera,

Actualmente cuenta con 208 empleados, los cuales se distribuyen de la siguiente manera:

- ✓ Gerente general: 1 persona.
- ✓ Departamento jurídico: 1 persona.
- ✓ Gestión social: 1 persona.
- ✓ Departamento de recursos humanos: 8 personas.
- ✓ Control interno: 1 persona.
- ✓ Gestión empresarial: 4 personas.
- ✓ Subgerencia administrativa y financiera: 21 personas.
- ✓ Subgerencia técnica: 96 personas.
- ✓ Subgerencia comercial: 72 personas.
- ✓ Secretaria: 1 persona.

Desde el 27 de diciembre de 1997 la empresa tiene la responsabilidad de operar y mantener las infraestructuras de acueducto y alcantarillado del Municipio de Palmira, mediante un contrato de arrendamiento de dicha

infraestructura, celebrado entre INFIPAL (Hoy Municipio de Palmira) y ACUAVIVA S.A. E.S.P.

Desde su creación, la empresa estableció los siguientes parámetros:

- ✓ **MISIÓN**

Gestionar la operación y comercialización de los sistemas de acueducto y alcantarillado del municipio de Palmira, en condiciones de eficiencia, eficacia, equidad y preservación de los ecosistemas, de manera que nos permita ser líderes a escala nacional, garantizar la satisfacción de nuestros clientes, colaboradores y accionistas, forjando progreso, agua y vida.

Simultáneamente desarrollar la expansión a nuevos mercados y la oferta de nuevos productos a escala nacional.

- ✓ **VISIÓN**

ACUAVIVA S.A. E.S.P será líder a escala nacional, como empresa PYME, en la gestión de servicios públicos relacionados con los sectores de agua potable y saneamiento básico, por el cumplimiento de los requisitos legales aplicables, la calidad de sus productos y servicios, la satisfacción de sus clientes y el mejoramiento de sus procesos; preservando el medio ambiente.

✓ OBJETIVOS DE CALIDAD

- **Generales**
  - ❖ Lograr una gestión integral del agua a través de la prestación eficiente de los servicios de acueducto y alcantarillado.
  - ❖ Apoyar y fomentar el desarrollo integral de nuestros colaboradores.
  - ❖ Asegurar la sostenibilidad financiera de la empresa.

- **Específicos**
  - ❖ Mejorar la calidad, cobertura y continuidad de los servicios de acueducto y alcantarillado procurando siempre el bienestar general y el mejoramiento de la calidad de vida de la población.
  - ❖ Realizar un manejo integral de los recursos disponibles para la ejecución de proyectos de inversión.
  - ❖ Disminuir las perdidas comerciales y técnicas de agua producida.
  - ❖ Mejorar y mantener las competencias del personal que les permitan aportar a los objetivos de la empresa y al mejoramiento continuo de los procesos.
  - ❖ Retribuir apropiadamente la inversión de los socios.

CAPÍTULO 2. MÉTODOS DE PRONÓSTICOS DE DEMANDA

2.1 DEMANDA[3]

Para el estudio de los inventarios y determinar una política para su manejo en una organización es necesario conocer el comportamiento de los artículos o bienes, pues de éste se definirá el sistema de inventario a aplicar para estimar los niveles de suministros que desde el punto de vista económico son óptimos. Para el consumidor la demanda es la cantidad de bienes y servicios que los clientes están dispuestos a comprar a los posibles precios del mercado.

El concepto de demanda es similar al de consumo, pero, a diferencia de este, se refiere a la cantidad de unidades solicitadas y no a las despachadas. Si existe suficiente inventario el consumo es igual a la demanda, ya que cada unidad solicitada es despachada. Si se presenta una ruptura de inventario y durante ese periodo se requieren materiales, la demanda será superior al consumo.

2.1.1 Tipos de demanda

Existen varios tipos de demanda, las cuales se pueden clasificar de la manera según:

[3] MORA SÁNCHEZ, Natalia. Propuesta de un modelo predictivo de inventario de vehículos para gm colmotores, para optimizar la operación de almacenamiento para los patios de automóviles y camiones ensamblados ubicados en la planta de la ciudad de Bogotá D.C. Universidad Javeriana. 2009.

2.1.1.1 *Demanda dependiente*. Se refiere a una dependencia conocida de la demanda de un producto con otro. Además está compuesta por la materia prima, los componentes y sub-ensambles que son usados en la producción de artículos que sirven para la fabricación de productos finales. Cuando se realiza un proceso de planeación de producción, esta demanda debería predecirse. Sin embargo, en ocasiones no es necesario predecirla ya que se puede calcular a partir de la demanda de artículos finales y las decisiones de producción.

2.1.1.2 *Demanda Independiente*. Son aquellas en las cuales se desconoce la dependencia de la demanda con otro artículo o producto. Esta demanda está influenciada por las condiciones del mercado que esta fuera del control de operaciones; además consta del producto terminado, partes de repuestos y algunos artículos cuya demanda aumenta directamente con el ambiente incierto del mercado. Por lo general requiere de alguna clase de pronósticos. La demanda independiente puede ser:

a. Demanda Determinística: la demanda de un artículo que se conoce con certeza. Esta a su vez, puede ser:

   - Estática: es aquella donde la tasa de consumo permanece constante durante el transcurso del tiempo.

   - Dinámica: es aquella en la cual la demanda se conoce con certeza, pero varía de un periodo al siguiente.

b. Demanda Probabilística: se presenta cuando la demanda de un artículo está sujeta a incertidumbre y variabilidad, y se describe en términos de una función de probabilidad. Esta puede ser:

- Estacionaria: en la cual la función de densidad de probabilidad de la demanda, se mantiene sin cambio drástico con el tiempo.
- No estacionaria: donde la función de densidad de probabilidad varía con el tiempo.

2.2 MODELOS DE PRONÓSTICOS

Las decisiones empresariales siempre se toman con información insuficiente y con un margen de incertidumbre mayor o menor, dependiendo del tiempo y los recursos que se destinan a la búsqueda y el análisis de la información. Se debe entonces establecer algunas suposiciones y actuar. Se sabe que nunca ocurrirá lo pronosticado, entonces, ¿para qué pronosticar?

Porque se necesita una base, aunque sea mínima, un criterio, justificación para el curso de acción que se decide tomar. Porque a partir del pronóstico que se genere, estará decidiéndose donde colocar los recursos financieros, tecnológicos y humanos. Estos se eligen, de acuerdo al comportamiento y variación que tenga la demanda en estudio.

A continuación se muestran los sistemas de pronósticos que harán parte del estudio, los cuales permitirán conocer la demanda nominal de los medidores de agua potable de la empresa de acueducto Acuaviva S.A.

2.2.1 Regresión Lineal Simple[4]

El análisis de regresión determina la relación entre una variable dependiente (por ejemplo, la demanda de un artículo) y una variable independiente (por

[4]Taha Hamdy A. Investigación de operaciones. Cap. 13. 9na edición. México. 2012. Pearson educación de México S.A. de C.V.

ejemplo, el tiempo). La fórmula general de regresión entre la variable independiente X y la variable dependiente Y es:

$$y = b0 + b1X + b2X^2 + \cdots + bmX^{\mathrm{m}} + \varepsilon$$

Ecuación 1. Fórmula general de regresión lineal

Las constantes b0, b1,…., bm son parámetros desconocidos que se deben determinar a partir de los datos disponibles. El error aleatorio ε tiene media cero y desviación estándar constante. La forma más sencilla del modelo de regresión supone que la variable dependiente varía en forma lineal respecto a la variable independiente, esto es, que:

$$\hat{y} = a + bX$$

Ecuación 2. Ecuación parcial de la regresión lineal

Donde (b) es la pendiente o tendencia de la serie de datos y (a) es el intercepto de dicha serie con el eje horizontal.

Las constantes a y b se calculan aplicando el criterio de los mínimos cuadrados, que minimiza la suma del cuadrado de las diferencias entre los valores observados y los estimados. Dado el i-ésimo punto del dato (Yi, Xi), i=1,2,…., n, la suma de los cuadrados de las desviaciones entre los valores observados y estimados se define como:

$$S = \sum_{i=1}^{m} (yi - a - bXi)^2$$

Ecuación 3. Cálculo de desviaciones cuadráticas

Los valores de a y b se calculan resolviendo las siguientes condiciones necesarias para minimizar S:

$$\frac{\partial S}{\partial a} = -2 \sum_{i=1}^{m} (yi - a - bXi) = 0$$

Ecuación 4. Cálculo de la derivada parcial de la constante a

$$\frac{\partial S}{\partial b} = -2 \sum_{i=1}^{m} (yi - a - bXi)Xi = 0$$

Ecuación 5. Cálculo de la derivada parcial del coeficiente b

Con algo de manipulación algebraica se obtiene la siguiente solución:

$$b = \sum_{i=1}^{m} (yiXi - m\dot{y}\dot{x}) / \sum_{i=1}^{m} (Xi^2 - n\dot{x}^2) = 0$$

Ecuación 6. Cálculo del coeficiente b

$$a = \dot{y} - b\dot{x}$$

Ecuación 7. Cálculo de la constante a

En donde:

$$\dot{x} = \frac{\sum_{i=1}^{m} Xi}{m} \; ; \; \dot{y} = \frac{\sum_{i=1}^{m} yi}{m}$$

Ecuación 8. Cálculo de los valores promedios de x, y

Estas ecuaciones indican que primero se necesita calcular b, a partir del cual se puede obtener a. Las estimaciones de a y b son válidas para cualquier distribución de probabilidades de Yi. Sin embargo, si Yi tiene distribución

normal con una desviación estándar constante, se puede establecer un intervalo de confianza para el valor medio del estimador en X=Xi (es decir, Yi=a + bXi), que es:

$$(a + bX^{\circ}) \pm t\left(\frac{a}{2}\right), m-2 \sqrt{\frac{[\sum_{i=1}^{m}(yi - \dot{y}i)^2]}{m-2}} * \sqrt{\frac{1}{m} + \frac{(X^{\circ} - \dot{x})^2}{[\sum_{i=1}^{m} Xi^2 - m\dot{x}^2]}}$$

Ecuación 9. Cálculo de los intervalos de confianza

Para los valores futuros (pronosticados) de Y, la variable dependiente, interesa determinar su intervalo de predicción (y no el intervalo de confianza de su valor medio). Como era de esperarse, el intervalo de predicción de un valor futuro es más ancho que el intervalo de confianza del valor medio. En realidad, la fórmula del intervalo de predicción es igual que la del intervalo de confianza, excepto que el termino 1/n bajo la segunda raíz cuadrada se sustituye con (n+1)/n.

Se puede probar lo bien que se ejecuta el estimador lineal Y*=a + bX(a) sus datos calculando el coeficiente de correlación r, con la fórmula:

$$r = \frac{[\sum_{i=1}^{m}(yiXi - m\dot{y}\dot{x})]}{\left[\sqrt{[\sum_{i=1}^{m} Xi^2 - m\dot{x}^2] * [\sum_{i=1}^{m} Xi^2 - m\dot{y}^2]}\right]}$$

Ecuación 10. Cálculo del coeficiente de correlación

En donde -1≤ r ≤ 1.

Si r= ± 1, existe un ajuste lineal perfecto entre X y Y. en general, mientras más se acerca el valor de lrl a 1, el ajuste lineal es mejor. Si r =0, puede ser o

puede no ser que X y Y sean independientes, ya que dos variables dependientes pueden dar como resultado r = 0.

2.2.2 Promedio Móvil[5]

En esta técnica se supone que la serie de tiempo es estable en el sentido que su valor *Yt* para el periodo *t* sigue un proceso que se describe con:

$$y(t) = b - \varepsilon(t)$$

Ecuación 11.Cálculo general del promedio móvil

En donde:

b= Parámetro constante desconocido, estimado a partir de datos históricos.

εt= Componente aleatorio (ruido) para el periodo t, con media de cero y varianza constante.

La técnica supone que no están correlacionados los datos para los distintos periodos. Éste método del promedio móvil supone que las n observaciones más recientes tienen igual importancia para estimar el parámetro b. Así, en determinado periodo t, si los datos para los n periodos más recientes son Y(t-n+1), Y(t-n+2), …., Yt, entonces el valor estimado para el periodo t+1 se calcula como sigue:

$$\hat{y}(t+1) = \frac{y(t-n+1) + y(t-n+2) \ldots + y(t)}{n}$$

Ecuación 12. Cálculo del promedio móvil para t periodos

[5]Taha Hamdy A. Investigación de operaciones. Cap. 13. 9na edición. México. 2012. Pearson educación de México S.A. de C.V.

No hay una regla exacta para seleccionar n, la base del promedio móvil. Si las variaciones de la variable permanecen razonables constantes al paso del tiempo, se recomienda una n grande. En caso contrario, si los datos tienen pautas cambiantes, se aconseja un valor pequeño de n. En la práctica, ese valor va de 2 a 10.

2.2.3 Suavización Exponencial Simple[6]

Es un caso especial del pronóstico de media móvil ponderada, donde ahora los factores de ponderación disminuyen exponencialmente, dándole más peso a los periodos más recientes.

Se necesita una constante de alisado (α), que toma valores entre 0 y 1, eligiéndola de forma subjetiva. Ventaja: necesita una cantidad reducida de datos históricos.

$$F(t) = F(t-1) + \alpha[A(t-1) - F(t-1)]$$

Ecuación 13. Suavización exponencial simple

Donde:

Ft = Pronóstico
At= Valor Real
α = Constante de Alisado

Viendo la fórmula nace una pregunta, ¿Por qué tener en cuenta para un pronóstico un valor "pronosticado" en el pasado en lugar de utilizar el valor real? Para encontrar la respuesta, basta con abrir la expresión reemplazando progresivamente las expresiones de F (t-i) y se obtiene:

[6]Cohen Roger. Pronósticos, Gestión de Recursos – FI UBA, EEUU, 2010.

$$F(t) = \alpha A(t-1) + \alpha(1-\alpha)A(t-2) + \alpha(1-\alpha)^2 A(t-3) + \alpha(1-\alpha)^3 A(t-4) + \cdots + \alpha(1-\alpha)^{(t-1)} A(0)$$

Ecuación 14. Suavización exponencial simple para t periodos

En esta expresión se puede ver entonces que en realidad lo que se está haciendo es ponderando los valores reales anteriores, en forma suavizada. O sea en F (t-i) está contenida toda la información real histórica.

i. Casos Particulares

- Si α = 1, tenemos que Ft = A (t-1), o sea que llegamos al Enfoque simple.

- Si α = 0, tenemos que Ft= cte., o sea que llegamos al enfoque erróneo (esta denominación no existe; lo decimos simplemente para visualizar que estaría pronosticado siempre un mismo valor, constante, sin mirar siquiera que viene sucediendo).

2.2.4.1 *Selección del coeficiente de suavización*. Así como sucede con otros modelos de pronóstico estadístico, en el suavizado exponencial se tiene el problema de selección de los valores de los parámetros, lo que significa que es necesario ajustar el modelo a los datos. Para empezar con el pronóstico es necesario tener un buen cálculo derivado de algún otro método, lo que se denomina pronóstico inicial o de arranque. De la misma manera, es necesario seleccionar un coeficiente de suavización α. Esta selección es crítica. Un valor elevado de α da un gran peso a la demanda más reciente, y un valor bajo de α da un peso menor a la demanda más reciente[7]. Claramente, los resultados de los pronósticos de suavización exponencial dependen del valor de α. Este valor no debe ser ni muy grande que el pronóstico responda aceleradamente a cambios aleatorios normales del proceso, ni muy pequeño, con el efecto contrario de no responder a posibles cambios reales. Aunque inicialmente lo lógico es definir α en el intervalo $0 \leq \alpha \leq 1$, la experiencia ha demostrado que valores de α entre 0.01 y 0.3 son más adecuados. Valores mayores que 0.3 producen "nerviosismo" en el sistema de pronósticos, al responder de manera acelerada a las fluctuaciones normales del proceso, ya que se le da un alto peso al último dato disponible de la demanda. Por el contrario, valores muy pequeños de α, o sea, menores que 0.01, no responden satisfactoriamente a posibles cambios reales del proceso.

- Un elevado coeficiente de suavización sería más adecuado para los nuevos productos o para casos donde la demanda subyacente está en proceso de cambio (esta es dinámica, o bien inestable). Un valor de α de 0.7, 0.8 o 0.9 puede resultar más apropiado para estas condiciones, aun cuando el uso del suavizado exponencial sea cuestionable en caso tal no se conozca si existen o no condiciones de inestabilidad (estas condiciones están ligadas al

[7] Ing. Jorge Paredes Roldan. Suavización Exponencial, Artículo, Octubre 2009. Universidad de Cuenca, Universidad del Azuay. España.

comportamiento de la demanda, a mayor variabilidad, mayor inestabilidad y mayor valor del coeficiente de suavización, valores mayores a 0.3).

- Si la demanda es muy estable y se piensa que pueda ser representativa del futuro, el pronosticador podrá optar por un valor bajo de α para disminuir cualquier ruido que hubiera podido presentarse en forma súbita.

- Entonces, el procedimiento de pronóstico no reacciona de una manera drástica a las demandas más recientes. En estas condiciones de estabilidad, el coeficiente de suavización podría ser de 0.1, 0.2, o 0.3.

- Cuando la demanda es ligeramente inestable, coeficientes de suavización de 0.4, 0.5 o 0.6, pueden proporcionar los pronósticos más precisos.

2.2.4 Suavización Exponencial Doble[8]

Es un refinamiento del método Suavización exponencial simple, donde se le suma al pronóstico, suavizado exponencialmente (Ft), una tendencia también suavizada exponencialmente (Tt).

$$FIT(t) = F(t) + T(t)$$

Ecuación 15. Ecuación general de la suavización exponencial doble

Estos términos se calculan de la siguiente manera:

$$F(t) = \alpha A(t-1) + (1-\alpha)[F(t-1) + T(t-1)]$$

Ecuación 16. Primer suavizado exponencial

[8]Cohen Roger. Pronósticos, Gestión de Recursos – FI UBA, EEUU, 2010.

$$T(t) = \alpha[F(t) - F(t-1)] + (1-\alpha)T(t-1)$$

Ecuación 17. Segundo suavizado exponencial

Este método se utiliza cuando la tendencia lineal presenta dos parámetros los cuales son crecientes o decrecientes[9].

2.2.5 Medición del Error en los Pronósticos[10]

La precisión general de cualquier modelo de pronósticos (promedios móviles, suavizaciones exponenciales o cualquier otro) se determinan comparando los valores pronosticados con los valores reales u observados. Si Ft se denomina el pronóstico en el periodo de tiempo t, y At denota la demanda real en el periodo t, el error de pronóstico (o desviación) se define como:

$$Error\ del\ Pronòstico = Demanda\ Real - Valor\ Pronosticado$$
$$Error\ de\ Pronòstico = At - Ft$$

Ecuación 18. Cálculo del error del pronóstico

Existen varias medidas de uso común en la práctica para calcular el error global del pronóstico. Estas medidas sirven para comparar distintos modelos de pronósticos, así como para vigilar los pronósticos y asegurar su buen desempeño. Las tres medidas más comunes son la Desviación Absoluta Media (MAD), Error Cuadrático Medio (ECM) y Error Porcentual Medio (MAPE).

[9] MSC. ING. FERNÁNDEZ ALFARRÍN, Yoanner. Análisis y procesamiento de modelos de pronósticos con empleo de las TIC. Universidad de Holguín "Oscar Lucero Moya". Cuba. Septiembre de 2011.

[10] Heizer y Render. PRINCIPIOS DE ADMINISTRACION DE OPERACIONES. Cap. 12. 7ma edición. México, Pearson Edcucational, 2009.

2.2.5.1 *Desviación Absoluta Media (MAD).* La primera medición del error global del pronóstico para un modelo es la Desviación Media Absoluta (MAD). Su valor se calcula sumando los valores absolutos de los errores individuales del pronóstico y dividiendo entre el número de periodos de datos (*n*):

$$MAD = \frac{\sum|Real - Pronòstico|}{n}$$

Ecuación 19. Cálculo de la MAD

2.2.5.2 *Error Cuadrático Medio (ECM).* El Error Cuadrático Medio (ECM) es la segunda forma de medir el error global del pronóstico. El ECM es el promedio de los cuadrados de las diferencias entre los valores pronosticados y observados. Su fórmula es:

$$ECM = \frac{\sum(Errores\ del\ Pronòstico)^2}{n}$$

Ecuación 20. Cálculo del ECM

2.2.5.3 *Error Porcentual Medio (MAPE).* Es el promedio de las diferencias absolutas entre los valores pronosticados y los reales, señalado como porcentajes de los valores reales. Se expresa de la siguiente manera:

$$MAPE = \frac{100 * \sum \frac{|Real(i) - Pronòstico(i)|}{real(i)}}{n}$$

Ecuación 21. Cálculo de la MAPE

2.2.6 Errores suavizados y señales de rastreo[11]

En la práctica, puede ser más acertado definir inventarios de seguridad de una forma dinámica. O sea estimando la desviación estándar de los errores del pronóstico periodo a periodo. En varias secciones, esta variabilidad se ha estimado con base en la simulación del pronóstico de un cierto número de periodos. Sin embargo, es muy útil hacerlo en una forma progresiva y continua, a medida que se vaya pronosticando, ya que se tiene la estimación más reciente de la variabilidad y se necesita guardar menos datos en memoria. De hecho, Axsater (2000, p. 82) sostiene que "En general, es más práctico actualizar los puntos de reorden y los tamaños de lote al mismo tiempo, inmediatamente después de actualizar los pronósticos". Una manera de lograr esto es a través de la suavización de los errores del pronóstico, descrita a continuación.

La idea de suavización de los errores de pronósticos es simplemente aplicar el operador de suavización con una constante de suavización diferente. Para el caso del error de pronóstico del periodo T, denominado Q (T), esta suavización se logra mediante la expresión:

$$Q(T) = we(T) + (1 - w)Q(T - 1)$$

Ecuación 22. Cálculo del error suavizado

Donde w es una constante de suavización diferente a la que se esté utilizando para los pronósticos, la cual, aunque teóricamente cumple con la condición 0<w<1 (Montgomery et al, (1990), p. 207), en la práctica se emplea normalmente el rango 0.01<w<0,10 (Silver et al (1998), p. 112), con el valor más comúnmente utilizado de 0.10. (Axsater (2000), p. 18), aunque algunos autores sugieren un valor único de 0.15. Dado que el valor esperado de los

[11] Vidal Holguín, Carlos Julio. PLANEACIÓN, OPTIMIZACIÓN Y ADMINISTRACIÓN DE CADENAS DE ABASTECIMIMIENTO. Escuela De Ingeniería industrial y estadística, Universidad del Valle, Santiago de Cali, Colombia. 2010.

errores del pronóstico es cero, entonces siempre se define como valor inicial Q (0)=0.

Análogamente, la MAD puede también ser suavizada mediante la ecuación:

$$MAD\ suavizada\ MAD(T) = w|e(T)| + (1-w)MAD(T-1)$$

Ecuación 23. Cálculo de la MAD suavizada

Aquí la MAD inicial, MAD (0) debe estimarse bien sea a partir de datos históricos o con algunas ecuaciones derivadas en la literatura. Por ejemplo, Montgomery et al. (1990, p. 212 y p. 219) presentan las siguientes expresiones para estimar la MAD inicial para un pronóstico de suavización exponencial doble:

$$MAD(0) \cong 0.8\sigma(\varepsilon)\sqrt{C1}$$

Ecuación 24. Cálculo de la MAD (0)

Donde

$$C1 = 1 + \frac{\alpha}{(1+\beta)^3} * \left((1+4\beta+5\beta^2) + 2\alpha\tau(1+3\beta) + 2\alpha^2\tau^2\right);\ \beta = 1-\alpha$$

Ecuación 25. Cálculo de la constante C1 y □

En esta ecuación, $\boldsymbol{\tau}$ representa el número de periodos para los cuales se hace la estimación (normalmente $\boldsymbol{\tau}$=1 para lo desarrollado hasta esta parte). Además:

$$\sigma(\varepsilon) = \sqrt{(\sum_{t=1}^{m}(Xt - \dot{X}t)\text{^}2)/(m-2)}$$

Ecuación 26. Cálculo de la desviación estándar de los errores

Es simplemente la estimación de la desviación estándar de los errores del pronóstico, calculada con base en los residuos de la regresión lineal de los m datos que se toman para inicializar el pronóstico.

2.2.6.1. *Señal de Rastreo*. Una manera para supervisar los pronósticos para asegurarse de su precisión es una señal de rastreo. Esta es una medición de cuán bien predice el pronóstico los valores reales. Debido a que los pronósticos se actualizan cada semana, mes o trimestre, los nuevos datos disponibles de la demanda se comparan con los valores del pronóstico.

La señal de rastreo se calcula como la suma corriente de los errores de pronóstico (RSFE) dividida entre la desviación absoluta media (MAD):

$$Señal\ de\ Rastreo = \frac{RSFE}{MAD}$$

$$Señal\ de\ Rastreo = \frac{\sum Error\ del\ Pronòstico}{MAD}$$

Ecuación 27. Cálculo de la señal de rastreo

Las señales de rastreo positivas indican que la demanda es mayor que el pronóstico. Las señales negativas significan que la demanda es menor que el pronóstico. Una buena señal de rastreo, es decir, una con un valor bajo de RSFE, tiene aproximadamente el mismo error positivo y negativo. En otras palabras, las desviaciones pequeñas están bien, pero las desviaciones positivas y negativas deberían equilibrarse para que la señal de rastreo se concentre cerca del cero.

Cuando se calculan las señales de rastreo, se comparan los límites predeterminados de control. Si la señal de rastreo excede el límite superior e

inferior, esta se dispara. Esto quiere decir que existe un problema en el sistema de pronósticos y quizás sea necesario revaluar la forma en que se pronostica la demanda. Si el modelo utilizado es de suavización exponencial, podría ser que la constante de suavización necesite reajustarse. Para el cálculo de los límites de control no hay una respuesta única, pero es necesario encontrar valores razonables, es decir, los valores no deben de ser tan bajos que se disparen con cualquier error mínimo del pronóstico y tampoco tan altos que permitan que los datos mal pronosticados pasen por alto. Cuando la señal de rastreo pasa de los límites ±6, debe detenerse el método de pronóstico y volver a observar los valores e igualarlos de manera más exacta, y cuando la señal no pasa de ±6 en ningún periodo pronosticado se considera que el pronóstico es bastante cercano a los valores reales[12].

2.2.6.2. *Señal de rastreo suavizada*[13]*.* Con base en los errores suavizados definidos anteriormente se pueden establecer diversas señales de rastreo. El objetivo fundamental de una señal de rastreo es informar acerca de las posibles desviaciones, sesgos y problemas del sistema de pronósticos que se está utilizando. La señal de rastreo más comúnmente utilizada y de más fácil comprensión se define como:

$$Señal\ de\ rastreo\ en\ el\ periodo\ T = \frac{Q(T)}{MAD(T)}$$

Ecuación 28. Cálculo de la señal de rastreo suavizada

Nótese a partir de las ecuaciones (24) y (25), que la anterior señal de rastreo no puede ser mayor que 1 en valor absoluto. Un valor absoluto de esta señal cercano a 1 indica problemas con el pronóstico. En general, se recomienda que cuando dos o más señales de rastreo sucesivas presentan valores mayores

[12] MSc. Ing. Fernández Alfarrín Yoanner. Análisis y procesamiento de modelos de pronósticos con empleo de las TIC. Universidad de Holguín "Oscar Lucero Moya". Cuba. Septiembre de 2011.
[13] Vidal Holguín, Carlos Julio. PLANEACIÓN, OPTIMIZACIÓN Y ADMINISTRACIÓN DE CADENAS DE ABASTECMIMIENTO. Escuela De Ingeniería industrial y estadística, Universidad del Valle, Santiago de Cali, Colombia. 2010.

que un valor usualmente definido en el rango (0.40 – 0.60), debe revisarse el sistema de pronósticos, ya que puede estar fuera de control.

Dentro de las acciones correctivas más comunes está el recalculo de las constantes de suavización para permitir una reacción más rápida a los cambios de demanda.

CAPITULO 3. MODELOS DE ADMINISTRACIÓN DE INVENTARIOS

3.1 GESTIÓN DE INVENTARIOS[14]

La gestión de inventarios constituye en una de las actividades fundamentales dentro de la administración de la cadena de suministro, ya que el nivel de inventarios puede llegar a suponer la mayor inversión de la compañía, abarcando incluso más del 50% del total de activo en el sector de la distribución.

La necesidad de disponer de inventarios, viene dada por la dificultad de coordinar y gestionar en el tiempo las actividades y requerimientos de los clientes con el sistema productivo y las necesidades de producción con la habilidad de los proveedores de suministrar los materiales en el plazo acordado.

Los inventarios inmovilizados son una inversión que tiene la compañía y deben ser valorados periódicamente a través de los métodos incluidos en las normas de valoración contables. La compañía debe tener conocimiento sobre el valor económico de cada tipología del inventario[15].

El nivel de existencias es uno de los principales factores a considerar dentro del capital de trabajo. Estos son los recursos que una empresa tiene atrapados en el proceso de transformación para realizar su actividad comercial.

---

[14] Ballou Ronald H. LOGISTICA, ADMINISTRACION DE LA CADENA DE SUMINISTRO. Cap. 9. 5ta edición. México, Pearson Educational, 2004.

[15] Heizer y Render. PRINCIPIOS DE ADMINISTRACION DE OPERACIONES. Cap. 12. 7ma edición. México, Pearson Edcucational, 2009.

La propensión[16] de existencias tiene un impacto directo y perceptible en los resultados de la compañía, ya que una disminución en el nivel de estas, supone una reducción del fondo de maniobras, con lo que disminuiría su financiación.

3.1.1 La demanda y la administración de inventarios[17]

La demanda es un factor de cuidado en las empresas, dado que, del comportamiento de esta dependerá la política de aprovisionamiento que decidirán seguir. Por consiguiente, conocer la solicitud de los productos que se producen o fabrican ayudará a tomar una mejor decisión referida a la administración de los inventarios.

El caso más sencillo e ideal de todos es cuando la demanda es determinística, es decir se conoce con anticipación y esta es constante en el tiempo, pero ello dista mucho de la realidad ya que por lo general, existen diversas variaciones lo que hacen imposible poder tener un modelo general de inventarios.

Es en esta situación, donde la administración se restringe al tipo especial de demanda que puede seguir determinado producto o grupo de artículos, con la intención de optimizar los procesos de abastecimiento, almacenamiento y compras, cumpliendo de esta manera con los objetivos esperados de un buen manejo de inventarios.

[16] Propensión: tendencia.

[17] Heizer y Render. PRINCIPIOS DE ADMINISTRACION DE OPERACIONES. Cap. 12. 7ma edición. México, Pearson Edcucational, 2009.

3.1.1.1 *Recepción.* Esta actividad en realidad se inicia con el pedido (Orden de compra), que no viene a ser más que la demanda de abastecimiento en determinados artículos.

Todos los controles de responsabilidad de inventario de los almacenes se inician con la recepción apropiada de los artículos, ya que los procedimientos incorrectos de recepción dan origen a cuentas inexactas, identificaciones incorrectas, y recepción de ítems dañados o de mala calidad, entre otros.

3.1.1.2 *Almacenamiento*. El concepto de almacenamiento implica la ubicación o disposición, así como la custodia de todos los ítems del almacén. El manejo y la disposición física de los materiales existentes son de responsabilidad definitiva del almacenamiento. Esto quiere decir que el jefe de almacenamiento tiene la responsabilidad permanente de familiarizarse con las nuevas técnicas de manejo y almacenaje.

El almacenamiento supone esencialmente el ordenamiento adecuado de los artículos, ubicándolos y cuidándolos, de modo que faciliten la rápida preparación y atención de los pedidos del cliente, en condiciones de ser usados oportunamente. Los principales aspectos de esta actividad son:

- Control de la exactitud de sus existencias.
- Mantenimiento de la seguridad.
- Conservación de los materiales.
- Reposición oportuna.

El personal debe estar capacitado en el manejo del inventario así como tener la condición física para realizar algunos movimientos de materiales, además de tener honestidad. El encargado del almacén ha de tener claro los niveles de almacenamiento, llamados también núcleos de inventarios, puesto que no son

responsabilidad del almacenamiento. Sin embargo, se alerta sobre la reposición de las existencias, en los núcleos siguientes:

- Nivel Normal (Operativo): Cantidad de abastecimiento que requiere una empresa para asegurar su producción (operación y funcionamiento), durante un periodo determinado, durante el intervalo entre dos pedidos, o entre la llegada de dos embarques sucesivos, procedentes de los centros de producción. Es la cantidad de abastecimiento para consumo.

- Nivel de Seguridad: Cantidad de abastecimiento en adición a lo normal, que se requiere para continuar apoyando la producción de la empresa, en caso de interrupciones en los reordenamientos normales o en caso de fluctuaciones imprevistas en la demanda de abastecimiento.

- Nivel Máximo: Cantidad máxima autorizada de abastecimiento que se debe tener disponible en la empresa, a fin de apoyar la producción prevista. Es la suma de los niveles de seguridad y normales.

- Nivel Mínimo: Cantidad de abastecimientos disponibles en stock, el cual indica que debe hacerse de un nuevo pedido o efectuar obtención para realizar nuevamente el aprovisionamiento oportuno y evitar el consumo del nivel de seguridad.

- Nivel de Stock: Cantidad de abastecimiento que los almacenes están autorizados a mantener listos para entregar en casos necesarios.

3.1.1.3 *Despacho o Distribución*. Esta actividad es la última etapa del proceso de abastecimiento y previa al transporte y entrega o instalación de los ítems, que es importante porque según la eficiencia con que se realice, permitirá entre otras cosas:

- Cumplir oportunamente con la entrega de los pedidos, de acuerdo con el orden de prioridad o presentación.

- Facilitar el control de las cantidades a despachar y eventualmente, controlar los saldos físicos de aquellos, cuyos ítems se han despachado en parte.

- Evitar el congestionamiento en las horas más críticas

Como en el caso de recepción y almacenamiento, en el despacho se requiere disponer de espacios adecuados para estacionamiento provisional y entrega de ítems a los clientes.

3.1.1.4 *Tiempo de entrega o de reabastecimiento*. Es una operación que consiste en contar nuevamente con un stock completo para evitar las situaciones de faltas de existencias. El reabastecimiento generalmente comienza con una nueva orden enviada al proveedor o al fabricante, este puede ser determinístico o probabilístico. En caso que el tiempo sea determinístico se conoce con certeza el tiempo que va a tardar la entrega, en el caso de que el tiempo de entrega sea probabilístico el tiempo es incierto.

Se debe considerar la demanda durante el tiempo de reabastecimiento para modelar efectivamente el sistema de inventario de tal manera que durante este tiempo no exista un déficit elevado.

3.1.2 Tipos de Inventario[18]

3.1.2.1 Por su grado de transformación

a. Inventarios de Materia prima

Toda empresa que su actividad es industrial, dispone de varios artículos y materiales conocidos como Materias Primas que al ser sometidas a procesos se obtiene un artículo terminado o acabado. Por lo que podemos definir que la Materia Prima es aquel o aquellos artículos sometidos a un proceso de fabricación que al final se convertirá en un producto terminado.

b. Inventarios de Producción en Proceso

Todo artículo o elementos que se utilizan en un proceso de producción se los define como Inventario de productos en proceso que tienen como característica que va aumentando su valor con cada proceso de transformación hasta convertirse en producto terminado. Es decir, son productos parcialmente terminados que están en un grado intermedio de producción.

- [18]Krajewski, LeeJ., Ritzman, Larry P. ADMINISTRACION DE OPERACIONES, ESTRATEGIA Y ANALISIS. Cap. (12-15). 8va Edición. México, Pearson Educational, 2008.

c. Inventarios de Productos Terminados

Son productos que han cumplido su proceso de producción y se encuentran en la bodega de productos terminados y aún no han sido vendidos. Los niveles de inventario están directamente relacionados con las ventas, es decir sus niveles se dan por la demanda que tenga.

d. Inventarios de Materiales y Suministros

En este tipo de inventarios se incluyen:

Las materias primas secundarias y sus especificaciones varían dependiendo del tipo de industria. Un ejemplo tenemos en la industria de ensamblaje de Autos, tenemos el combustible para que el auto encienda e inicie la ruta de prueba que es una de las etapas del control de calidad.

Artículos de consumo que son destinados en la operación de la industria. Los Artículos y materiales de reparación y mantenimiento de las maquinarias y aparatos operativos que se necesitan en la industria.

La importancia en el control de inventarios reside en el objetivo primordial de toda empresa es obtener utilidades.

La obtención de utilidades reside en gran parte de las ventas, debido a que es el motor de la empresa, sin embargo, si la función del inventario no opera con efectividad; el área de ventas no tendrá material suficiente para poder trabajar, por ende, el cliente se molesta y la oportunidad de tener utilidades disminuye.

3.1.2.2 Por su Categoría Funcional[19]

a. Inventario cíclico

Los inventarios cíclicos resultan del hecho de producir u ordenar en lotes en vez de unidad por unidad y están directamente relacionados con la demanda promedio del ítem. La cantidad de inventario disponible en cualquier momento como resultado de dichos lotes se denomina inventario cíclico. Las principales razones para utilizar producción u órdenes por lotes son: Obtener economías de escala al evitar altos costos de alistamiento u ordenamiento, lograr descuentos por cantidad en costos de compra y/ó transporte y satisfacer restricciones tecnológicas de producción por lotes.

Posteriormente se verá que el inventario cíclico depende de la frecuencia y cantidad con que se realicen los pedidos, y que esto puede determinarse estableciendo la prioridad entre el costo de ordenamiento y el costo de mantenimiento del inventario.

b. Inventario de Seguridad

El inventario de seguridad es el que se conserva disponible para responder a todas las fluctuaciones aleatorias que puedan existir en el sistema. Las más importantes son la variabilidad de la demanda y la variabilidad de los tiempos de reposición. El inventario de seguridad afecta directamente el nivel del servicio al cliente, el cual puede definirse como la frecuencia con que la demanda del cliente es satisfecha del inventario disponible.

[19] Vidal Holguín, Carlos Julio. PLANEACIÓN, OPTIMIZACIÓN Y ADMINISTRACIÓN DE CADENAS DE ABASTECMIMIENTO. Escuela De Ingeniería industrial y estadística, Universidad del Valle, Santiago de Cali, Colombia. 2010.

c. Inventarios de anticipación o estaciónales

Este es el inventario acumulado con anterioridad para responder a picos de demanda. Se maneja en empresas para las cuales es más costoso satisfacer dichos picos a partir de la contratación adicional de personal, a la programación de horas extras y/ó a la compra a proveedores externos durante los períodos de alta demanda. También ocurre en empresas donde la naturaleza del producto así lo determina, como por ejemplo en la producción de salsa de tomate en países donde la cosecha ocurre en un tiempo relativamente corto del año, y las empresas que fabrican adornos de Navidad. Este tipo de inventario puede estar presente, finalmente, en situaciones donde se requiere construirlo con anticipación a la demanda, como es el caso de zonas climáticas extremas donde se dificulte la distribución en ciertas épocas del año, períodos de guerra, etc.

d. Inventarios en tránsito (o en proceso)

Este tipo de inventario incluye productos que se encuentran en tránsito entre diversas estaciones de producción (inventario en proceso), o en los sistemas de transporte entre una instalación y otra de la cadena de abastecimiento (inventario en tránsito o pipeline inventory). El inventario en tránsito es proporcional al nivel de utilización del producto y al tiempo de transporte entre las instalaciones del sistema y se constituye en un elemento importante para la selección de los modos de transporte en una cadena de abastecimiento, especialmente internacional.

Algunos autores mencionan otros tipos de inventarios, como los de congestión y los de separación. El primero se refiere a los inventarios que se forman antes de un cuello de botella en un proceso productivo y se estudian principalmente en textos de producción y manufactura. El inventario de separación es un nombre que se le da a los inventarios

existentes en distintos puntos de la cadena, como por ejemplo en un centro de distribución y en una bodega local. Estos inventarios permiten separar las decisiones de control entre los dos lugares y de allí proviene su nombre.

3.2 MODELOS DE INVENTARIOS

3.2.1 Principio del modelo EOQ

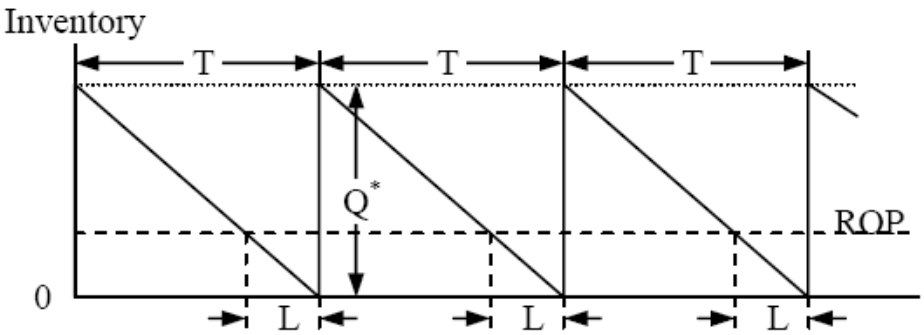


Figura 2. **Concepto del modelo EOQ. Fuente: Krajewski, LeeJ., Ritzman, Larry P. ADMINISTRACION DE OPERACIONES, ESTRATEGIA Y ANALISIS. Año: 2008.**

La Cantidad Económica de Pedido (EOQ) fue planteado por F.W. Harris en 1915 y posteriormente fue difundido por un consultor de apellido Wilson, es así que tuvo una aceptación importante en la industria al igual que las variantes relacionadas a esta.

La cantidad económica de pedido (EOQ) debe cumplir los siguientes supuestos:

- La tasa de demanda para el artículo es constante y no debe existir restricciones de ninguna naturaleza ni tipo para el tamaño de cada lote.

- Los dos únicos costos relevantes son los correspondientes al manejo de inventario y al costo fijo por lote, tanto de hacer pedidos como de preparación. Además la adquisición se produce en grupos o en lotes.

- Las decisiones referentes al artículo pueden tomarse independientemente de las decisiones correspondientes a los demás artículos. Ni tampoco existe interacción con otros productos, el artículo es un producto singular.

- No hay incertidumbre en cuanto al tiempo de entrega o al suministro. El tiempo de entrega es constante y se conoce con certeza. La cantidad recibida es exactamente la que se pidió y las remesas llegan completas, no de forma fragmentada (el lote se coloca todo en una vez).

- No se permiten inexistencias. Dado que la demanda y el tiempo de entrega son constantes, se puede determinar con exactitud el momento de hacer una compra de material para evitar inexistencias.

Para calcular el EOQ se utiliza la siguiente expresión:

$$Q = \sqrt{\frac{2AD}{vr}}$$

Ecuación 29. Cálculo del EOQ

Donde:

D = Demanda Anual

A = Costo de Pedir o Prepara el Lote ($/lote)

v = Valor del ítem

r = Costo de mantener inventario

Dicha expresión deriva de un análisis de minimización de los costos anuales de hacer pedidos (A) y de manejo de inventario (vr), es decir el EOQ es el tamaño del lote que minimiza dichos costos (la suma de ambos es el costo total).

El punto de re-orden (S) se ordena en el equipo (o parte/dispositivo) el tiempo de entrega (L). Y, el costo total del inventario se compone por el costo de las piezas de repuesto y del costo de mantener:

$$TC(EOQ) = Costo\ de\ Pedir + Costo\ de\ Mantener$$

$$TC(EOQ) = \frac{Q}{2} * (vr) + \frac{D}{Q} * (A)$$

Ecuación 30. Costo total del EOQ

Donde

TC= costo total anual del inventario en ciclo
Q= tamaño de lote
v = Valor del ítem
r = Costo de mantener inventario
D= demanda anual, en unidades por año
A= costo por hacer pedidos o preparar un lote

3.2.1.1 Sistema de control continuo (s, Q)[20]

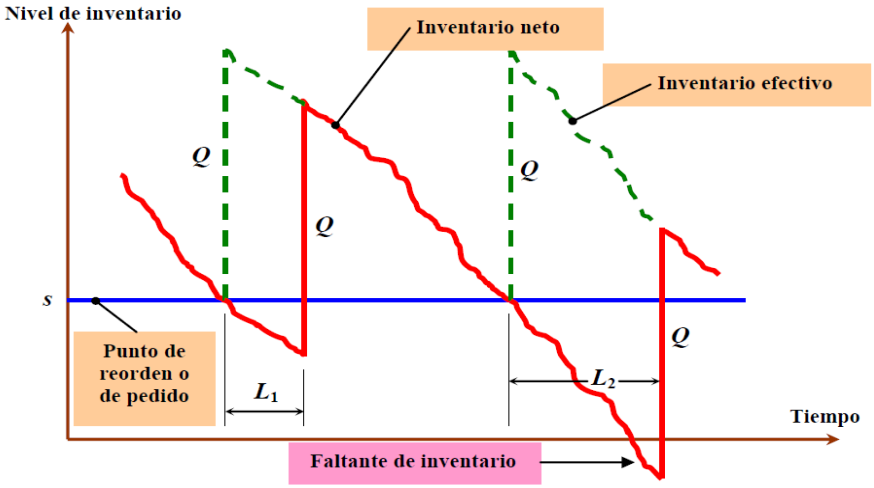


Figura 3. Sistema (s, Q). Fuente: Vidal Holguín, Carlos Julio. PLANEACIÓN, OPTIMIZACIÓN Y ADMINISTRACIÓN DE CADENAS DE ABASTECIMIENTO. Escuela de Ingeniería industrial y estadística, Universidad del Valle, Santiago de Cali, Colombia. Año 2010.

Recuérdese que en este sistema de revisión continua, tan pronto el inventario efectivo llega al nivel de reorden s, se emite un pedido por la cantidad Q. Gráficamente, la figura 2 representa el proceso del nivel de inventario con respecto del tiempo. La cantidad de pedido Q se considera fija y determinada con anterioridad, por ejemplo con base en el EOQ utilizando la demanda promedio. Aunque en la figura se muestran diferentes tiempos de reposición (L1 y L2), en este sistema de control se asume inicialmente que el tiempo de reposición es constante, conocido e igual a L. Se representa de esta forma sólo por mostrar el caso más general cuando el tiempo de reposición puede ser en sí una variable aleatoria, lo cual será estudiado más adelante.

---

[20] Vidal Holguín, Carlos Julio. PLANEACIÓN, OPTIMIZACIÓN Y ADMINISTRACIÓN DE CADENAS DE ABASTECMIMIENTO. Escuela De Ingeniería industrial y estadística, Universidad del Valle, Santiago de Cali, Colombia. 2010.

Nótese que en este sistema lo deseable es emitir un pedido cuando el inventario es aún adecuado para evitar un faltante durante el tiempo de reposición L. Si, por ejemplo, el pedido se hace cuando el nivel de inventario efectivo es exactamente igual al punto de re orden s, entonces no ocurrirá un faltante si y solo si la demanda durante el tiempo de reposición es menor o igual que el punto de reorden s.

En la figura 2, se ha supuesto que máximo un pedido de reposición esté pendiente en todo momento. Sin embargo, es posible que dos o más pedidos estén pendientes en un momento dado. Cada orden se emite cuando el inventario efectivo sea menor o igual que el punto de reorden s. El nivel de inventario neto no influye en la decisión de ordenar un pedido, pero es posible que un bajo nivel de inventario neto genere acciones de emergencia para acelerar uno o varios pedidos pendientes, de tal forma que se pueda evitar un faltante inminente.

No necesariamente el nivel de inventario efectivo inmediatamente antes de efectuar un pedido tiene que ser igual a s. Debido al carácter discreto de las transacciones, es probable que una transacción de demanda haga bajar el nivel de inventario por debajo del punto de reposición s, momento en el cual se revisa su nivel. Supóngase que el nivel de inventario baja u unidades por debajo de s. Por lo tanto, no ocurrirá un faltante si y solo si (u + la demanda durante el tiempo de reposición) es menor o igual que s, o, equivalentemente, si la demanda durante el tiempo de reposición es menor que s – u. Para efectos del desarrollo de las secciones siguientes, se asumirá que la magnitud de u es muy pequeña, de tal forma que puede ser ignorada. Esto es equivalente a decir que el patrón de demanda del ítem no es demasiado errático.

Para este sistema, se plantean unos supuestos que deben tenerse en cuenta en esta sección, independientemente del criterio utilizado para medir el

nivel de servicio e independientemente de la distribución probabilística de la demanda durante el tiempo de reposición (o del error de los pronósticos):

- Se asume que la demanda promedio varía muy poco con el tiempo, o sea que es estacionaria.

- Los pedidos se realizan cuando el nivel de inventario efectivo es exactamente igual al punto de re orden s. Esto es equivalente a decir que la demanda ocurre en incrementos unitarios, o que la magnitud de la variable u descrita anteriormente es despreciable. En otras palabras, la demanda no es errática.

- Si hay dos o más pedidos pendientes en el mismo instante de tiempo, éstos se reciben en la misma secuencia en la que fueron ordenados. El caso especial del tiempo de reposición L constante satisface este requerimiento.

- Los costos unitarios de faltante de inventario son tan altos que en un procedimiento práctico el nivel promedio de órdenes pendientes (para el cliente) es muy pequeño comparado con el nivel promedio del inventario a la mano. Esto es equivalente a decir que estos sistemas son adecuados para niveles de servicio altos, lo que es precisamente deseable en la práctica en las cadenas de abastecimiento actuales.

- Los errores de pronóstico tienen una distribución normal sin sesgo, con una desviación estándar $\sigma(L)$ sobre un tiempo de reposición igual a L. Obviamente, la desviación estándar $\sigma(L)$ no se conoce con certeza, y por lo tanto, se utiliza su valor estimado, el cual es proporcionado por el sistema de pronósticos mediante la conocida expresión $\sigma(L)=\sigma(1)*\sqrt{L}$. Se ha demostrado empíricamente y con modelos de simulación que el uso

del valor estimado produce buenos resultados en la mayoría de los casos prácticos.

- Se asume que el tamaño del pedido Q ha sido predeterminado y es independiente del punto de reorden s. Esto ha demostrado ser muy útil en la práctica, especialmente para el caso de los ítems clase B. Una forma de determinarlo es utilizar el EOQ. Esto significa que la única variable a determinar es el punto de reorden s. Aunque no se presenta en este texto, es importante mencionar que el tamaño de pedido Q también se puede considerar como una variable de decisión y se puede determinar su valor óptimo, especialmente para los ítems clase A.

Este sistema presenta la siguiente notación:

D= Rata de demanda (unidades/año)
Gz(k)= Función especial de la distribución normal unitaria N(0, 1)

$$Gz(k) = \int_{k}^{\alpha} (z-k)\ (1/\sqrt{2\pi}\ )\ \ e^{(\frac{-z^2}{2})}\ dz$$

Ecuación 31. Cálculo de la función especial de la distribución normal Gz

K= Factor de seguridad
L= Tiempo de reposición
Pz(k)= Probabilidad de que la normal unitaria z ~ N(0, 1) tome un valor mayor o igual que k

$$Pz(k) = \int_{k}^{\alpha} \frac{1}{\sqrt{2\pi}}\ \ e^{(\frac{-z^2}{2})}\ dz$$

Ecuación 32. Cálculo de la probabilidad de que la normal unitaria z tome un valor mayor o igual que k Pz

Q= Tamaño del pedido, en unidades

r= Tasa del costo de mantenimiento del inventario, en %/año

s= Punto de reorden, en unidades

IS= Inventario de seguridad, en unidades

v= Valor unitario del ítem, en $/unidad

$\hat{X}(L)$= Estimación de la demanda esperada sobre el tiempo de reposición L, en unidades

$\sigma\sqrt{(L)}$= Estimación de la desviación estándar de los errores de los pronósticos sobre el tiempo de reposición L, en unidades

- Para hallar el Factor de seguridad k de tal forma que (teniendo en cuenta que sea por lo menos igual al mínimo establecido por la administración):

$$Pz(k) = 1 - P1$$

Ecuación 33. Cálculo de la probabilidad de que la normal unitaria z tome un valor mayor o igual que k (Pz) a partir de P1

- Para el cálculo del inventario de seguridad de esta política se utiliza la siguiente expresión:

$$Inventario\ de\ Seguridad\ (IS) = k\hat{\sigma}(L) = k * \hat{\sigma}(1) * \sqrt{L}$$

Ecuación 34. Cálculo del Inventario de seguridad

- La forma más común utilizada para determinar el punto de re orden s es mediante la ecuación:

$$s = \hat{X}(L) + IS = \hat{X}(L) + k\hat{\sigma}(L) = \hat{X}(L) + k * \hat{\sigma}(1) * \sqrt{L}$$

Ecuación 35. Cálculo del punto de reorden

- El Costo Total Relevante es importante para comparar diferentes políticas de inventarios, de esta manera, podemos describir el CTR de la siguiente manera:

$$
\begin{aligned}
&Costo\ Total\ Relevante\ (CTR)\\
&= Costo\ Anual\ de\ Ordenamiento\\
&+ Costo\ Anual\ de\ Mantenimiento\ de\ Inventario\ basado\ en\ el\ Inventario\ Promedio\\
&+ CostoAnual\ de\ los\ Faltantes
\end{aligned}
$$

Ecuación 36. Cálculo del Costo Total Relevante (CTR)

El Costo anual de Ordenamiento viene dado por la ecuación AD/Q. en el caso de la demanda probabilística, el Costo Anual del Mantenimiento del Inventario que contiene el Inventario cíclico promedio Q/2 y el inventario de seguridad $k\hat{\sigma}(L)$, cuya suma contiene el inventario promedio, y puede expresarse como:

$$Costo\ Mantenimiento\ del\ Inventario = Ivr = \left(\frac{Q}{2} + k\hat{\sigma}(L)\right)vr$$

Ecuación 37. Costo de mantenimiento de inventario

El costo anual de faltantes varía dependiendo de la definición que se haga del costo de faltantes. Aquí se utilizarán dos expresiones para el costo total relevante, dependiendo del costo de faltantes que se conozca con mayor certeza y/o de la aplicación específica:

$$CTR1 = \frac{AD}{Q} + \left(\frac{Q}{2} + k\hat{\sigma}(L)\right)vr + \frac{D}{Q}B1Pz(k)$$

Ecuación 38. Cálculo del CTR1

$$CTR2 = \frac{AD}{Q} + \left(\frac{Q}{2} + k\hat{\sigma}(L)\right) vr + \frac{D}{Q}(B2v)\hat{\sigma}(L)Gz(k)$$

Ecuación 39. Cálculo del CTR2

El costo de faltantes contenido en la primera ecuación, puede explicarse de la siguiente forma. Ya que D/Q es el valor esperado del número de ciclos o de veces que se pide en un año, (D/Q)Pz(k) representa el valor esperado del número de ciclos en el año en los cuales se presentan faltantes, puesto que Pz(k) es la probabilidad de que dichos faltantes ocurran en cada ciclo de reposición. Finalmente, al multiplicar por el costo B1 en el que se incurre por cada ocasión de faltante, (D/Q)Pz(k)B1 representa entonces el costo esperado de faltantes por año. La primera ecuación es útil entonces para estimar el CTR anual en aquéllas situaciones en donde se puede estimar B1 y donde el costo de faltantes no depende de las unidades que queden en órdenes pendientes, de las ventas pérdidas o del tiempo que tarde el faltante, sino simplemente del evento u ocurrencia de faltante. El caso más adecuado para utilizar entonces la primera ecuación es cuando se prevé la ocurrencia de un faltante y se implementan acciones de emergencia con cierto costo fijo B1 para evitarlo.

3.2.1.2 *Sistema de Control Periódico (R, S)*[21]. Recuérdese que en el sistema de revisión periódica, el inventario se revisa cada R unidades de tiempo y se ordena una cantidad igual a la diferencia entre un valor máximo S y el valor del inventario efectivo en el momento de la revisión. La Figura 3 representa el proceso del nivel de inventario con respecto del tiempo. El intervalo de revisión R se considera fijo y determinado con anterioridad, con base en el EOQ expresado en unidades de tiempo, por ejemplo. Se asume aquí también

[21] Vidal Holguín, Carlos Julio. PLANEACIÓN, OPTIMIZACIÓN Y ADMINISTRACIÓN DE CADENAS DE ABASTECMIMIENTO. Escuela De Ingeniería industrial y estadística, Universidad del Valle, Santiago de Cali, Colombia. 2010.

inicialmente que el tiempo de reposición L es constante, aunque en la figura se muestra una situación más general con tiempo de reposición variable.

La selección del intervalo de revisión R óptimo es un problema que no ha sido investigado ampliamente aún. Silver y Robb (2008) mencionan que la selección del mejor intervalo de revisión R y su comportamiento en relación con los parámetros del modelo de control de inventarios no han sido comprendidos totalmente. Estos autores investigan con las distribuciones de demanda normal y gamma y concluyen que la función de costo no es necesariamente convexa en relación con el intervalo de revisión, lo que complica el problema.

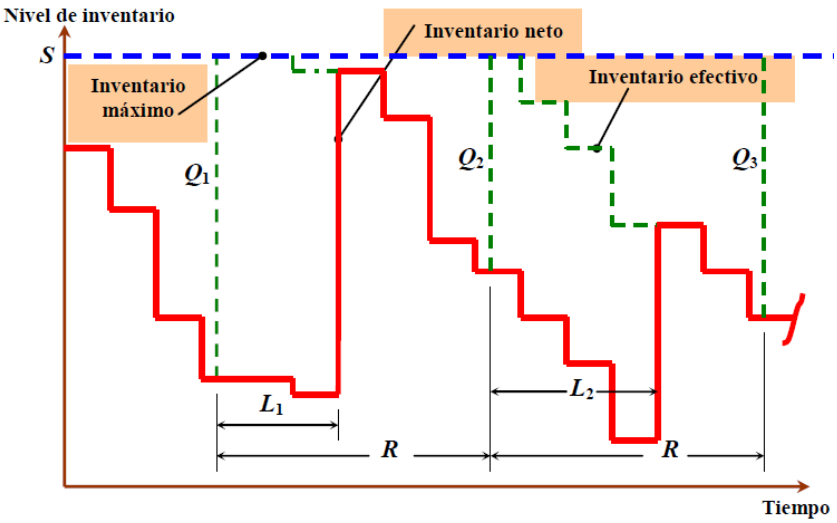


Figura 4. **Sistema (R, S). Fuente: Vidal Holguín, Carlos Julio. PLANEACIÓN, OPTIMIZACIÓN Y ADMINISTRACIÓN DE CADENAS DE ABASTECIMIENTO. Escuela de ingeniería industrial y estadística, Universidad del Valle, Santiago de Cali, Colombia. Año 2010.**

De acuerdo con Silver et al. (1998, p. 275), no es necesario el desarrollo de nuevas reglas de decisión en este caso, ya que existe una estrecha relación entre el sistema (R, S) y el sistema (s, Q). Simplemente, en todas las expresiones anteriormente presentadas, se deben hacer las siguientes sustituciones:

Sistema (s,Q)	Sistema (R, S)
s	*S*
Q	*DR*
L	*R+L*

Este sistema también opera bajo ciertos supuestos, a saber:

- La rata de demanda promedio varía poco en el tiempo.

- La probabilidad de tener demanda igual a cero entre revisiones sucesivas del inventario es muy pequeña; por lo tanto, se asume que cada vez que se revisa el inventario, se ordena un pedido. En realidad, no hay problema en que no ocurra demanda alguna entre dos revisiones del inventario. Simplemente, no se ordena y se espera hasta la revisión siguiente.

- El tiempo de reposición se asume constante.

- Los costos unitarios de faltante de inventario son tan altos que el nivel promedio de órdenes pendientes (para el cliente) es muy pequeño comparado con el nivel promedio del inventario a la mano. Esto es equivalente a decir que estos sistemas son adecuados para niveles de servicio altos, lo cual es lo deseado en la práctica.

- Los errores de pronóstico tienen una distribución normal sin sesgo, con una desviación estándar $\sigma(R+L)$ sobre el intervalo de revisión más el tiempo de reposición, R + L. Obviamente, la desviación estándar $\sigma(R+L)$ no se conoce con certeza, y por lo tanto, se utiliza su valor estimado $\hat{\sigma}(R+L)$, lo cual se hace a través del valor de $\hat{\sigma}1$ suministrado por el sistema de pronósticos.

- El valor de R es pre-determinado.

- Los costos de control del sistema no dependen de la magnitud de S.

Una observación importante radica en el hecho de que para este sistema la protección del inventario de seguridad debe darse para un período de tiempo igual a la suma del tiempo de reposición y el intervalo de revisión del inventario, o sea para el período R + L. Un soporte de esta afirmación está dado en Silver et al. (1998, pp. 276-278). Además, en muchas ocasiones es conveniente adicionar cierto porcentaje al costo de ordenamiento A, incremento ocasionado por la revisión del inventario. Por esta razón, la notación cambia de acuerdo con los siguientes parámetros:

A´= Costo fijo de ordenamiento incrementado en el costo de revisión del inventario, en $/pedido.
R= Intervalo de revisión pre especificado (o calculado con base en el *EOQ*), en unidades de Tiempo.
S= Nivel máximo de inventario hasta el cual se ordena, en unidades.
$\hat{X}(R+L)$= Demanda Pronosticada sobre el intervalo de tiempo igual a *R+L*.
$\hat{\sigma}(R+L)$= Desviación estándar estimada de los errores de pronósticos sobre un intervalo igual a *R+L*.

Inicialmente, debe determinarse el intervalo de revisión R, a partir de la cantidad óptima de pedido, redondeado a un valor entero lógico. Este valor viene dado por la siguiente expresión:

$$R = \frac{EOQ}{D} = \frac{\sqrt{\frac{2A'D}{vr}}}{D} = \sqrt{\frac{2A'}{Dvr}}$$

Ecuación 40. Cálculo del intervalo de revisión

Ahora, la desviación estándar de los errores del pronóstico sobre el tiempo de reposición vendría dado por:

$$\hat{\sigma}(R+L) = \hat{\sigma}(1)\sqrt{R+L}$$

Ecuación 41. Cálculo de la desviación estándar

Nótese que originalmente $\hat{\sigma}(1)$ es la desviación estándar de los errores del pronóstico mensual, entonces el tiempo R+L dentro del radical debe ser expresado en meses. Análogamente, la demanda pronosticada sobre el tiempo R+L es:

$$\hat{X}(R+L) = d(R+L)$$

Ecuación 42. Cálculo de la demanda promedio durante el periodo R+L

Como el tamaño de pedido en el sistema es variable, en vez de utilizar Q es necesario utilizar DR donde dicha cantidad aparezca. Así, el valor Gz(k) vendría dado por:

$$Gz(k) = \frac{DR}{\hat{\sigma}(R+L)}\,(1-P2)$$

Ecuación 43. Cálculo de Gz para P2

Con este valor, se puede obtener el valor del factor de seguridad k que permite calcular así, el valor máximo de inventario S, que vendría dado por:

$$S = \hat{X}(R+L) + IS = \hat{X}(R+L) + k\hat{\sigma}(R+L)$$

Ecuación 44. Cálculo del valor máximo de inventario S

La ecuación para calcular el Costo Total Relevante (*CTR*) en el sistema (*R, S*) se transforma a:

$$CTR = \frac{A'}{R} + \left(\frac{DR}{2} + k\hat{\sigma}(R+L)\right)vr + \frac{1}{R}(B2v)\hat{\sigma}(R+L)Gz(k)$$

Ecuación 45. Cálculo del CTR2 para el sistema R,S

3.2.2 Costos

Asociados con la logística de inventarios, existen varias clases de costos, los cuales Ballou resume en la siguiente Clasificación:

3.2.5.1 *Costos de Adquisición.* Generalmente incluyen el precio o costo de manufactura, el costo de procesar la orden y de enviarla, el costo del transporte del producto (cuando no viene incluido en el precio) y el costo de la recepción del pedido.

3.2.5.2 *Costo de Ordenar Pedidos (o Preparación).* El costo de ordenar pedidos está relacionado con la adquisición de grupo o lote de artículos, incluye la elaboración de la orden de compra, recepción, etc.

3.2.5.3 *Costos de Mantener Inventario.* Incorpora el costo del espacio, el costo de oportunidad o costo de capital, el costo de servicios del inventario (seguros e impuestos) y los costos de riesgos (deterioro, robo, daño, contaminación, obsolescencia).

3.2.5.4 *Costos por faltantes*. Se incurre en estos costos cuando no es posible satisfacer la orden de un cliente con el inventario que se cuenta. Hay dos clases de costos de falta de inventario, el costo de venta perdida y el costo back order. Este último tiene lugar cuando el cliente de todas formas espera hasta que le entreguen su pedido, lo que puede generar mayores costos en procesamiento de la orden, transporte y gestión.

3.3 PLAN DE ACCIÓN

Es el medio específico con el que se logran los objetivos. Estos representan el punto en el proceso de planeación cuando necesita establecer quién los va a implantar y quién va a participar de manera activa, independientemente de que hayan participado en etapas previas de la planeación.

Para este trabajo, los planes de acción se implementarán cada vez que se desarrollen proyectos de plan de vivienda en la ciudad, debido a que la empresa, es notificada con 6 meses de anticipación a la ejecución de dichos proyectos, con el fin de que la compañía pueda responder de manera efectiva y oportuna. Para los planes de acción se incorporan básicamente los siguientes cinco factores:

- Los pasos o acciones específicos que se requerían.
- Las personas que serán encargadas de ver que se cumpla cada paso o acción.
- El programa para realizar los pasos o acciones.
- Los recursos que se necesitarán destinar para llevarlos a cabo.
- Los mecanismos de retroalimentación que se emplearán para controlar el progreso dentro de cada paso de las acciones.

3.3.1 Propósito de los planes de acción

Identificar con claridad lo que necesita suceder si desea lograr su objetivo. Probar y validar su objetivo con el fin de servir como un vehículo de

comunicaciones para las demás personas que deban colaborar o que se verán afectadas por lo que sucede.

3.3.2 Formato de un plan de acción

- Objetivo: Es el propósito que se desea desarrollar con el fin de lograr un beneficio.
- Paso de la acción: Entre cinco y diez acciones o sucesos importantes requeridos para lograr este objetivo.
- Responsabilidad: Las personas específicas que serán los encargados de observar que cada paso de la acción se lleve a cabo. Dentro de éste tenemos:
- Primario: Representa a quien tiene la responsabilidad final para completar el paso. (Obligatorio).
- Otros: Representa cualquiera otra con un papel clave en el paso específico. (Opcional).
- Calendario: Es el tiempo total dentro del cual debe realizarse el paso de la acción. Dentro de éste encontramos:
- Inicio: Identifica cuándo de empezar la acción.
- Fin: Identifica cuándo debe terminarse esa acción o suceso.
- Recursos: Los costos totales estimados para determinar cada uno de los pasos de la acción. Incluye:
- Dinero: Todos los costos, o excepción del tiempo de los empleados, como equipo, materiales, sistema y abastos.
- Tiempo: Cubre la cantidad de tiempo de los empleados requeridos para terminar cada paso de la acción.
- Mecanismo de Retroalimentación: Los métodos específicos para proporcionar la información requerida para rastrear el progreso dentro de cada paso.

CAPITULO 4. DESARROLLO DE PRONÓSTICOS DE DEMANDA PARA MEDIDORES DE AGUA POTABLE

4.1 CONSIDERACIONES GENERALES

Para realizar el estudio de la situación actual de la empresa, empezamos por realizar los distintos análisis en la demanda de los medidores, el cual es el foco del problema que enmarca a la compañía, por eso, se tendrán en cuenta todas las restricciones posibles que presente la organización respecto a las solicitudes de contadores, para garantizar que el resultado de los pronósticos será el más acertado.

La demanda de medidores se produce bajo ciertos parámetros: Falla del medidor, nuevos clientes, cambio del medidor por vida útil (así el medidor siga en óptimas condiciones) y los medidores generados por los grandes planes de vivienda desarrollados en la ciudad. Para nuestro caso de estudio, la política de inventarios se desarrollará teniendo en cuenta los parámetros de falla y nuevos clientes, debido a que estas dos condiciones son desconocidas para la empresa, mientras que los medidores cambiados por vida útil y los medidores generados por planes de vivienda, ya son conocidos por la compañía, por lo que no hay necesidad de pronosticarlos.

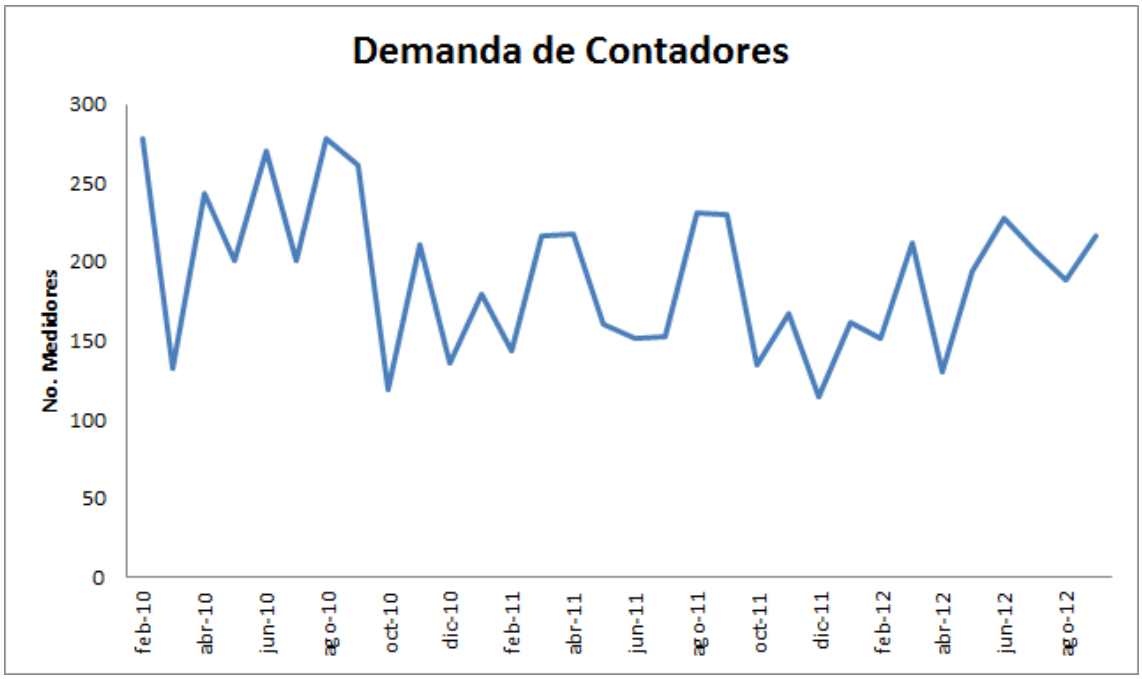
Para determinar la demanda existen diferentes modelos de pronósticos: heurísticos, simples y combinados. Para nuestro caso, la estimación de la demanda de medidores de agua potable en todo el parque, se realizará por medio de los siguientes modelos:

- Regresión Lineal
- Promedio Móvil Simple
- Suavización Exponencial Simple
- Suavización Exponencial Doble

Para ellos tenemos el siguiente registro del comportamiento de la demanda desde el mes de Febrero del año 2010 hasta el mes de Septiembre del año 2012 en la tabla 1 y gráfica 1. (La demanda de medidores depende de la falla producida por el desgaste del medidor, debido a su funcionamiento a lo largo de su vida útil):

Mes	Año		
	2010	2011	2012
Enero		180	162
Febrero	278	144	152
Marzo	132	217	212
Abril	244	218	130
Mayo	201	161	194
Junio	270	152	228
Julio	201	153	208
Agosto	278	231	189
Septiembre	261	230	217
Octubre	119	135	
Noviembre	211	167	
Diciembre	136	114	

Tabla 1. Demanda mensual de medidores de agua potable. Fuente: Acuaviva E.S.P. S.A. Año 2012.



Gráfica 1. **Demanda de Contadores de Agua Potable. Fuente: Propia.**

Los datos históricos del comportamiento presentado por la demanda de medidores de agua potable comprende la demanda por fallas màs la demanda de los nuevos clientes. La gráfica 1 muestra un comportamiento normal, con una demanda estable.

Para finalizar, al terminar de desarrollar los modelos de pronósticos, se realizará el análisis para la elección del mejor modelo. Para el análisis de los sistemas de suavización exponencial simple y doble, en los cuales se debe hacer la elección del coeficiente de suavización exponencial (α), se tendrá como criterio de selección el que reduzca los indicadores de error de pronóstico más bajos. De igual forma en el momento de hacer la elección del modelo con todos los sistemas desarrollados, se tendrá en cuenta el mismo parámetro mencionado anteriormente. Los indicadores que utilizaremos son: MAD (Desviación Media Absoluta), ECM (Error Cuadrático Medio), MAPE (Error Porcentual Medio), MAPE (Error Porcentual Medio Nominal)* y la Señal de Rastreo.

4.2 DESARROLLO DEL PRONÓSTICO POR REGRESIÓN LINEAL

En el análisis de factores como la demanda, el método de Regresión Lineal es rígido, puesto que correlaciona todos los datos de estudio en una ecuación lineal estática y compleja, donde se establece de acuerdo al comportamiento de los datos por medio de un coeficiente de tendencia, en este caso, la pendiente de la función que describirá nuestro modelo. Se presenta la tabla 2 con el modelo de Regresión Lineal, simulado en Microsoft Excel:

Pendiente (a)	158,85
Intersecto (b)	1,433
Ẋ	283
Ẏ	13

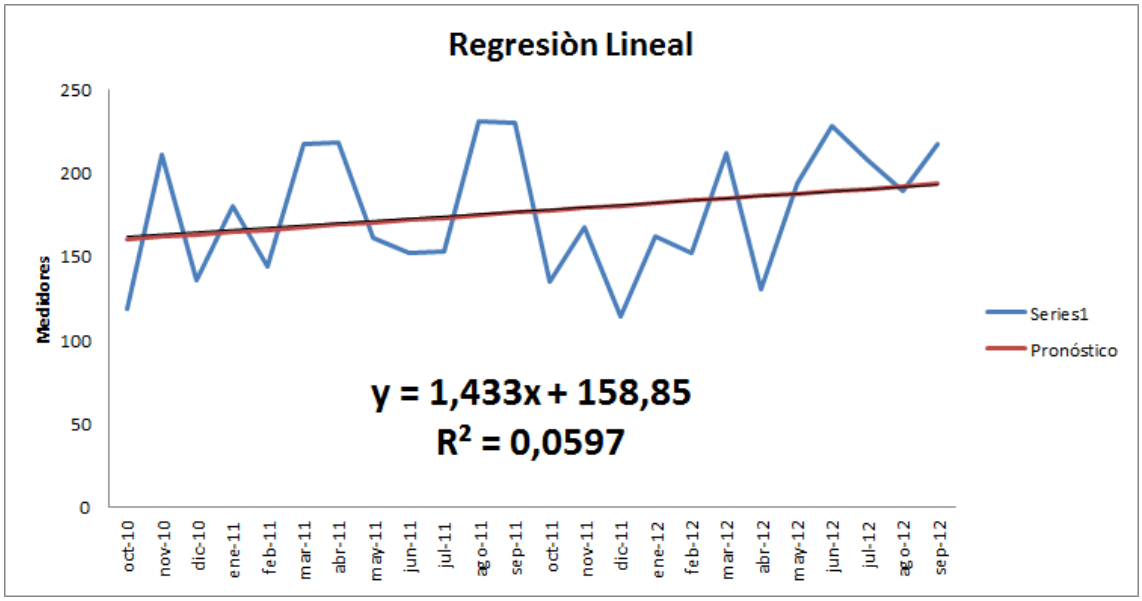
Factor K	1,64
Lead Time (L/mes)	0,25

	MAD	ECM	MAPE	MAPE*	SR
	31,60	1312,17	18,92%	18,05%	0,56
desvest	36,22	39,60			

Mes	Dato	Demanda nuevos clientes	Demanda por vida útil	Demanda total	Ẋ	Ẏ	Pronóstico	Disponibles	Inv. Seg. (IS)	Error Pronóstico	Error Cuadrático Medio (ECM)	Error Absoluto	Error Porcentual Medio (MAPE)	Error Porcentual Medio Nominal (MAPE*)	Señal de Rastro (SR)
feb-10		278	0	278											
mar-10		132	0	132											
abr-10		244	0	244											
may-10		201	0	201											
jun-10		270	0	270											
jul-10		201	0	201											
ago-10		278	0	278											
sep-10		261	0	261											
oct-10	1	119	0	119	13	178	160	194	34	-41	1704	41	34,69%	25,76%	-9,00
nov-10	2	211	0	211	13	178	162	199	37	49	2429	49	23,36%	30,48%	0,88
dic-10	3	136	0	136	13	178	163	196	33	-27	737	27	19,96%	16,64%	-1,79
ene-11	4	180	0	180	13	178	165	194	29	15	238	15	8,57%	9,37%	-0,34
feb-11	5	144	0	144	13	178	166	194	28	-22	485	22	15,29%	13,26%	-2,16
mar-11	6	217	0	217	13	178	167	198	30	50	2455	50	22,84%	29,59%	1,63
abr-11	7	218	0	218	13	178	169	201	32	49	2413	49	22,53%	29,08%	4,31
may-11	8	161	0	161	13	178	170	200	30	-9	87	9	5,79%	5,47%	3,87
jun-11	9	152	0	152	13	178	172	200	29	-20	390	20	12,99%	11,50%	2,64
jul-11	10	153	0	153	13	178	173	201	28	-20	407	20	13,19%	11,65%	1,41
ago-11	11	231	0	231	13	178	175	204	30	56	3179	56	24,41%	32,29%	4,23
sep-11	12	230	0	230	13	178	176	207	31	54	2911	54	23,46%	30,65%	6,48
oct-11	13	135	0	135	13	178	177	209	32	-42	1804	42	31,47%	23,93%	4,22
nov-11	14	167	0	167	13	178	179	210	31	-12	142	12	7,13%	6,66%	3,75
dic-11	15	114	0	114	13	178	180	213	33	-66	4402	66	58,20%	36,79%	0,57
ene-12	16	162	346	508	13	178	182	214	32	-20	391	20	12,21%	10,88%	-0,28
feb-12	17	152	402	554	13	178	183	215	32	-31	974	31	20,53%	17,04%	-1,61
mar-12	18	212	312	524	13	178	185	216	31	27	748	27	12,90%	14,82%	-0,44
abr-12	19	130	314	444	13	178	186	218	32	-56	3145	56	43,14%	30,14%	-2,68
may-12	20	194	303	497	13	178	188	219	31	6	42	6	3,35%	3,46%	-2,49
jun-12	21	228	184	412	13	178	189	220	31	39	1525	39	17,13%	20,67%	-0,85
jul-12	22	208	257	465	13	178	190	221	31	18	311	18	8,47%	9,26%	-0,13
ago-12	23	189	253	442	13	178	192	222	30	-3	8	3	1,49%	1,46%	-0,26
sep-12	24	217	169	386	13	178	193	223	30	24	564	24	10,95%	12,29%	0,75
oct-12	25	195							Suma	18	31491,9781	758	18,92%	18,05%	0,53

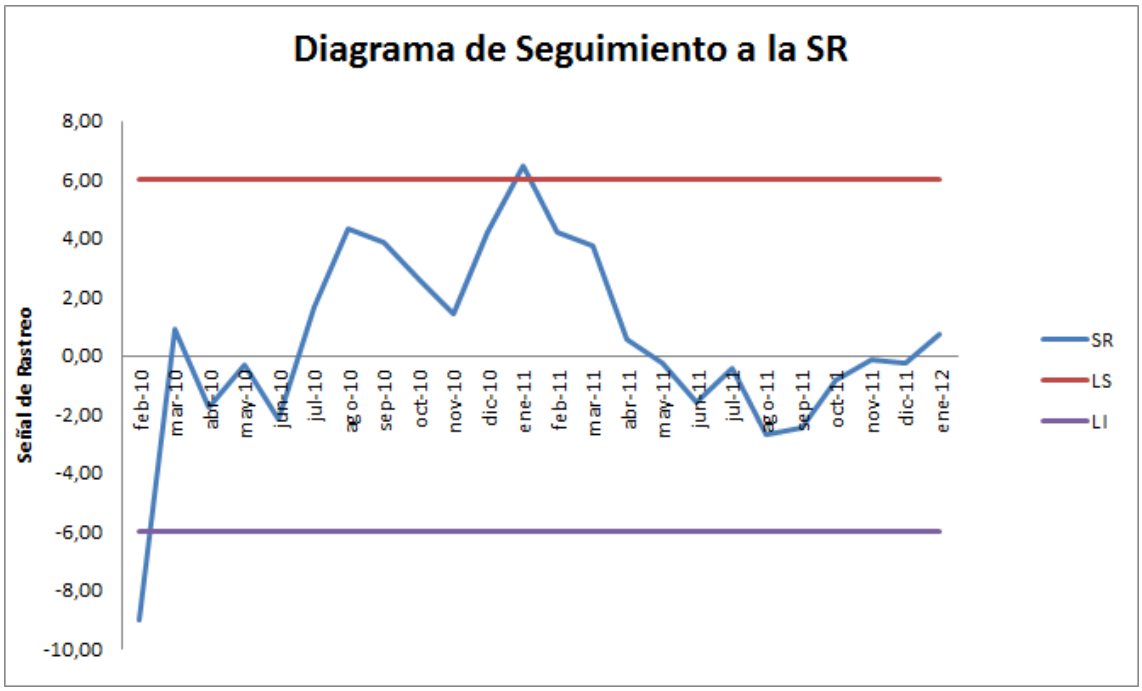
Tabla 2. Pronóstico de Demanda por el Método de Regresión Lineal. Fuente: Propia.

El comportamiento del modelo se muestra en la gráfica 2:



Gráfica 2. Regresión Lineal. Fuente: Propia.

Los resultados del modelo muestran que, el pronóstico es rígido, por lo que en algunas situaciones muestra comportamientos por debajo de los niveles de la demanda y muestra el primer dato pronosticado para el periodo Octubre del 2012. Se presenta un Error de pronóstico elevado (MAD=31.6; ECM=1312.17 y Señal de Rastreo de 0.56), por lo que podemos concluir que el pronóstico no es confiable para establecer un buen estudio, bajo este modelo. A continuación se presenta en el gráfico 3 el seguimiento a la señal de rastreo:



Gráfica 3. Seguimiento a la Señal de Rastreo para Regresión Lineal. Fuente: Propia.

Teniendo en cuenta que estamos realizando un estudio de un solo ítem (medidores de agua potable) en grandes cantidades, establecimos como límites de control para la señal de rastreo LC= ± 6 (explicado en la literatura), se observa que en el mes de Enero del 2011, la señal de rastreo sobrepasa el límite superior al igual que en el primer periodo de estudio (Febrero del 2010) el límite inferior, por lo que se puede concluir que el modelo, presenta fallas por lo cual no se adecua de manera ideal al comportamiento de la demanda.

En la tabla A ubicada en los anexos, se muestra la tabla con los resultados de la simulación del modelo mediante WinQSB. Se observa que los resultados son iguales. Este resultado permitió analizar que se obtiene un error de pronóstico de (MAD=31.6; ECM=1312.7) pero muestra una linealidad ascendente, por lo que se puede concluir una vez analizados ambos casos, que el modelo es poco confiable para el comportamiento que presenta la demanda debido a los altos niveles de los indicadores de error.

En la gráfica A situada en los anexos, se muestra un comportamiento de la demanda, en forma descendente con el paso del tiempo en un grado mayor al

grado de descenso que muestra la demanda por lo que se pueden presentar en muchas ocasiones que la demanda es insatisfecha debido a la falta de inventario de medidores de agua potable para responder a dicho comportamiento.

4.3 DESARROLLO DEL PRONÓSTICO POR PROMEDIO MÓVIL SIMPLE

Este método consiste en atenuar los datos al obtener la media aritmética de la serie de tiempo de los históricos para obtener con este, el pronóstico para el siguiente periodo. El número de datos (n) a tomar en cuenta para calcular el Promedio Móvil Simple es de 8 meses, debido a que el cálculo del promedio móvil simple con este valor, nos permite tener un ECM, MAD, MAPE, MAPE* y una Señal de Rastreo bajos para la empresa, involucrando la importancia del comportamiento de estos últimos datos sobre las expectativas futuras de la demanda. La tabla 3, se muestra la simulación y resultados del modelo mediante Microsoft Excel:

	MAD	ECM	MAPE	MAPE*
	40,13	2290,18	25,18%	21,41%
Desviación Estándar	50,16	47,86		

K (95%)	1,64
L (Sem)	0,25

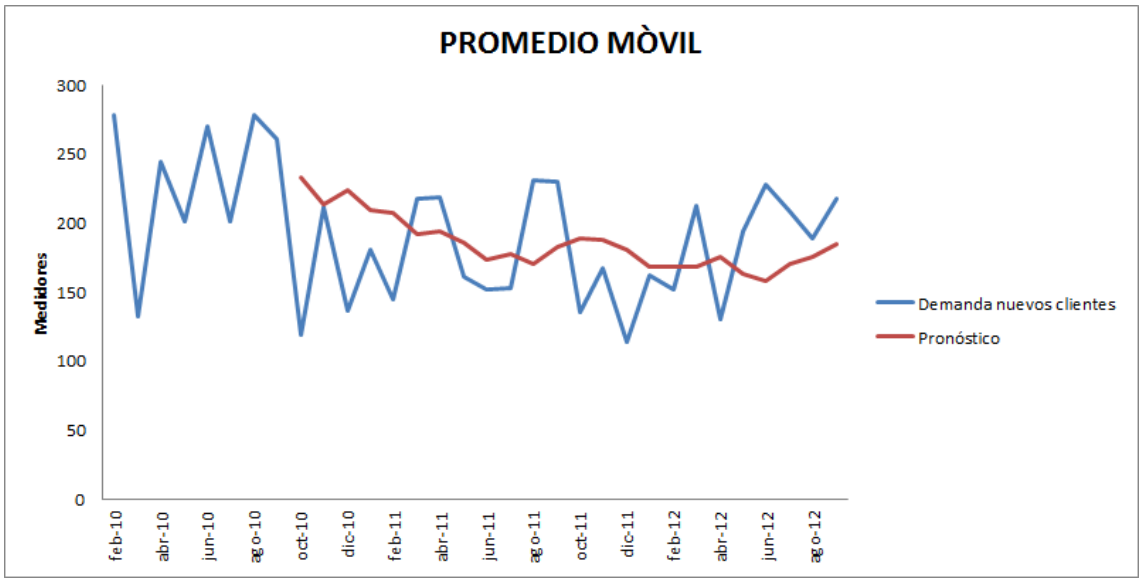
SR
-4,61

Dato	Demanda total	Demanda por vida útil	Demanda nuevos clientes	Pronóstico	Error de pronóstico	Σ Error	Error Cuadrático Medio (ECM)	Error Absoluto	Error Porcentual Medio (MAPE)	Error Porcentual Medio Nominal (MAPE*)	Señal de Rastro (SR)
feb-10	278	0	278								
mar-10	132	0	132								
abr-10	244	0	244								
may-10	201	0	201								
jun-10	270	0	270								
jul-10	201	0	201								
ago-10	278	0	278								
sep-10	261	0	261								
oct-10	119	0	119	233	-114	-114	13025	114	95,90%	48,95%	-1,00
nov-10	211	0	211	213	-2	-116	5	2	1,07%	1,06%	-2,00
dic-10	136	0	136	223	-87	-204	7591	87	64,06%	39,05%	-3,00
ene-11	180	0	180	210	-30	-233	878	30	16,46%	14,13%	-4,00
feb-11	144	0	144	207	-63	-296	3969	63	43,75%	30,43%	-5,00
mar-11	217	0	217	191	26	-270	663	26	11,87%	13,46%	-5,04
abr-11	218	0	218	193	25	-246	613	25	11,35%	12,81%	-4,96
may-11	161	0	161	186	-25	-270	613	25	15,37%	13,32%	-5,82
jun-11	152	0	152	173	-21	-292	452	21	13,98%	12,27%	-6,68
jul-11	153	0	153	177	-24	-316	594	24	15,93%	13,74%	-7,58
ago-11	231	0	231	170	61	-255	3706	61	26,35%	35,78%	-5,87
sep-11	230	0	230	182	48	-207	2304	48	20,87%	26,37%	-4,73
oct-11	135	0	135	188	-53	-260	2836	53	39,44%	28,29%	-5,84
nov-11	167	0	167	187	-20	-281	405	20	12,05%	10,75%	-6,55
dic-11	114	0	114	181	-67	-347	4472	67	58,66%	36,97%	-7,82
ene-12	508	346	162	168	-6	-353	35	6	3,63%	3,50%	-8,41
feb-12	554	402	152	168	-16	-369	256	16	10,53%	9,52%	-9,12
mar-12	524	312	212	168	44	-325	1936	44	20,75%	26,19%	-8,00
abr-12	444	314	130	175	-45	-371	2059	45	34,90%	25,87%	-9,06
may-12	497	303	194	163	31	-339	977	31	16,11%	19,20%	-8,39
jun-12	412	184	228	158	70	-270	4865	70	30,59%	44,08%	-6,45
jul-12	465	257	208	170	38	-232	1454	38	18,33%	22,44%	-5,56
ago-12	442	253	189	175	14	-218	196	14	7,41%	8,00%	-5,38
sep-12	386	169	217	184	33	-185	1064	33	15,03%	17,69%	-4,61
				191	-184,875		54964,422	963,125	25,18%	21,41%	-5,87
					Σ Error / n		Σ Error Cuadrático / :rror Absoluto		Σ MAPE / n	Σ MAPE* / n	

Tabla 3. Pronóstico de Demanda por Promedio Móvil Simple. Fuente: Propia.

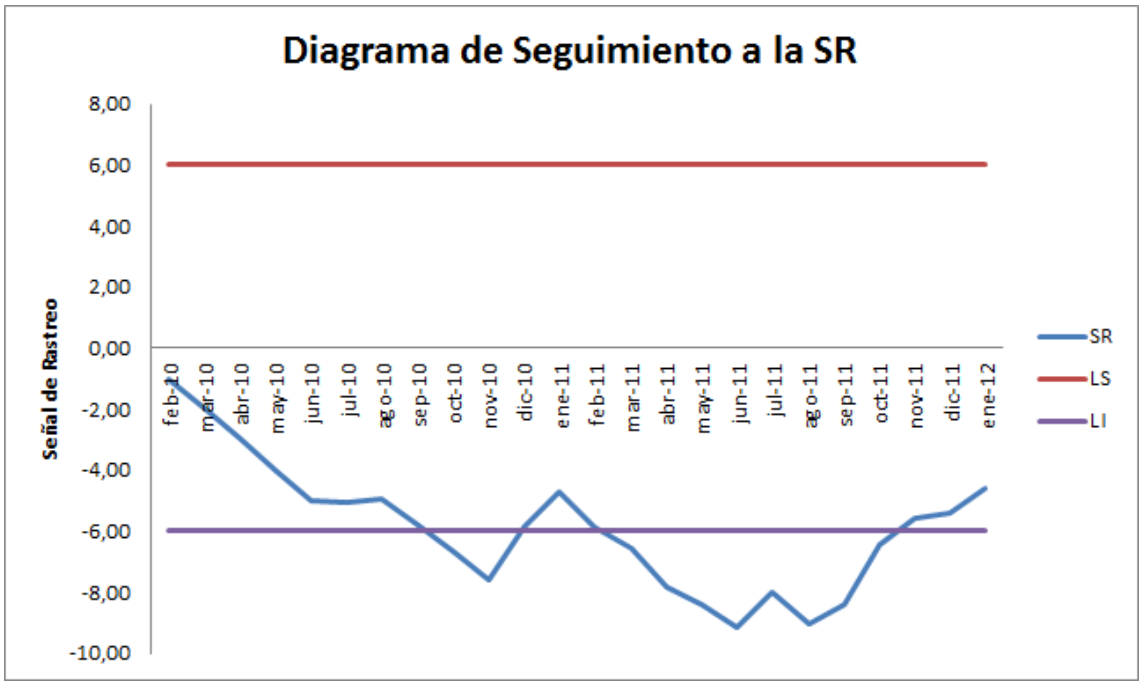
La tabla 3 muestra los resultados de la simulación realizada por Microsoft Excel, en el podemos analizar que este tipo de pronóstico generó un mayor grado de correlación entre los datos de la demanda y los datos pronosticados con un margen de error más bajo en relación al modelo anterior (MAD=40.13;

ECM=2290.18 y Señal de Rastreo de -4.61). Para este modelo de pronósticos se tomaron los mismos parámetros que en el modelo anterior, tanto en la herramienta de Office y el software (WinQSB), respecto al comportamiento de la demanda, por lo que sus resultados serán iguales. Con la implementación de herramientas y WinQSB (los resultados obtenidos de este programa, están en la parte de anexos – Tabla B, Gráfica B) en la solución de estos modelos de pronósticos garantizamos que sus resultados son confiables.



Gráfica 4. Promedio Móvil Simple. Fuente: Propia.

La gráfica 4 muestra el resultado de la tabla 3. Se puede observar que este modelo se acopla al comportamiento que presenta la demanda de medidores, pero cabe resaltar que tiene mayores indicadores de error de pronóstico y aún presenta faltantes de inventario durante algunos periodos de tiempo en los que la demanda tenia alzas. Además, se concluye que el modelo presenta poca variabilidad respecto a la demanda, cuando esta tiene pequeños altibajos. A continuación, se muestra en la gráfica 5, el seguimiento de la señal de rastreo para este modelo de pronóstico:



Gráfica 5. Seguimiento a la Señal de Rastreo para Promedio Móvil. Fuente: Propia.

Este modelo presentó indicadores para evaluar el pronóstico más altos que el modelo anterior, en el momento de hacer seguimiento mes a mes, se observa que definitivamente la señal de rastreo muestra un comportamiento inadecuado en materia de control y acierto del modelo de pronóstico, por lo que descartamos este modelo para estimar la demanda de medidores de agua potable.

Se mostrará en la tabla B del anexo, el modelo simulado bajo el software WinQSB, donde se analizarán los resultados generados por estas herramientas y concluir acerca del desacierto del sistema. Los resultados arrojados por WinQSB (tabla B, situada en los anexos) en comparación a los datos generados por Microsoft Excel (tabla 3), muestran el mismo comportamiento, lo que garantiza que los resultados de este modelo son fidedignos y confiables al igual que los demás resultados. El modelo representa el mismo comportamiento, bajo los mismos parámetros y errores, con la proyección

estimada para el próximo mes, al término de la culminación de los datos históricos de la demanda.

La gráfica B ubicada en los anexos, muestra en el modelo simulado en WinQSB, un comportamiento aproximado de la estimación que representa el modelo en relación al comportamiento real. Se observa que el pronóstico presenta el mismo comportamiento, al mostrado en Excel, lo que garantiza que una política bajo este modelo de inventarios pondría en riesgo el cubrimiento de la demanda en cualquier periodo en el que la demanda se comporte de manera estable o variable, por los problemas de adaptación, cuando esta sufre grandes cambios.

4.4 DESARROLLO DEL PRONÓSTICO POR SUAVIZACIÓN EXPONENCIAL SIMPLE

Esta técnica se basa en la atenuación de los valores de la serie de tiempo, obteniendo el promedio de estos de manera exponencial; es decir, los datos se ponderan dando un mayor peso a las observaciones más recientes y uno menor a las más antiguas. Al peso para ponderar la observación más reciente se le da el valor α, la observación inmediata anterior se pondera con un peso de a (1 - α), a la siguiente observación inmediata anterior se le da un peso de ponderación de a (1- α)2 y así sucesivamente hasta completar el número de valores observados en la serie de tiempo para realizar la atenuación, es decir, para calcular el promedio ponderado. La estimación o pronóstico será el valor obtenido del cálculo del promedio.

4.4.1 Selección del Coeficiente de Suavización

Para el caso de estudio de los contadores de agua potable, debido a que después del mes de Febrero del año 2010 el comportamiento de la demanda

ha sido estable, se han determinado ciertos valores para α teniendo en cuenta que los software (WinQSB y Excel) toman como el α óptimo el valor que genere los indicadores de error de pronósticos mínimos, se estimaron valores óptimos para α entre 0.01 y 0.3:

α	MAD	ECM	MAPE	MAPE*	SR
0,01	42,16	2890,41	24,47%	19,52%	-21,50
0,05	39,27	2226,61	22,38%	19,37%	-14,23
0,10	38,42	1991,17	21,06%	19,93%	-8,50
0,15	37,76	1920,50	20,33%	20,12%	-5,42
0,20	37,11	1901,87	19,87%	20,07%	-3,66
0,25	36,65	1907,55	19,58%	20,00%	-2,59
0,30	36,91	1927,97	19,57%	20,27%	-1,87

Tabla 4. Selección del Coeficiente de Suavización α. Fuente: Propia.

Los resultados generados por Excel en la tabla 4, muestran que el mejor coeficiente de suavización para este sistema de pronósticos es α=0.25, porque muestra en líneas generales los indicadores de error para pronósticos más bajos dentro del rango de posibles valores que este puede adoptar, teniendo en cuenta que tomamos valores óptimos de α los cuales plantean algunos autores están entre 0.01 y 0.3, aunque se evaluarán posibles valores para α mayor a 0.3, con el fin de observar si se pueden disminuir aún más los indicadores de error.

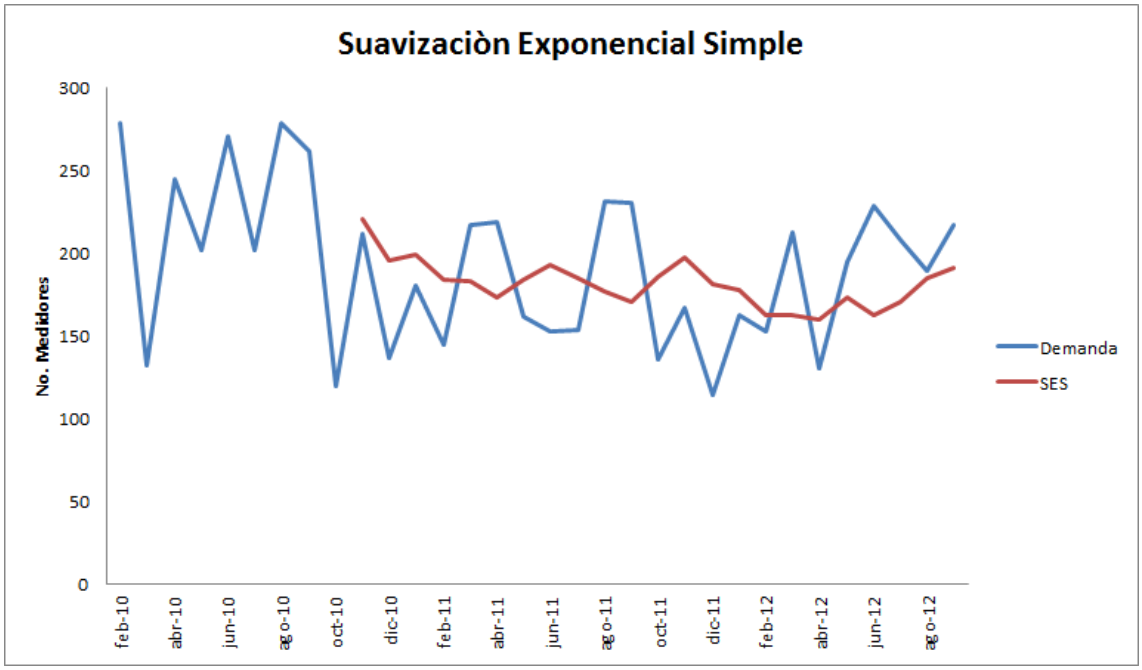
A continuación, se presenta el modelo de Suavización Exponencial simple con sus respectivos cálculos de todos los factores necesarios para establecer el comportamiento de la posible demanda a través del tiempo, acompañado de su gráfico correspondiente y análisis de indicadores que permiten dar confiabilidad en el acierto del modelo de pronósticos con el α encontrado.

K (95%)	1,64									MAD	ECM	MAPE	MAPE*	SR
L (Sem)	0,25									36,65	1907,55	19,58%	20,00%	-2,586
Alpha	0,25								Desviación Estándar	45,82	43,68			
So	220,444	Σ Dmd / n (Sem 1 - 31)												
				St	Pronóstico									
Dato	Demanda total	Demanda por vida útil	Demanda nuevos clientes			Error	Error Suavizado Q(T)	Error Cuadrático Medio (ECM)	Error Absoluto	Desviación Media Absoluta Suavizada MAD (T)	Error Porcentual Medio (MAPE)	Error Porcentual Medio Nominal (MAPE*)	Señal de Rastro (SR)	Señal de Rastreo Suavizada SR(T)
feb-10	278	0	278											
mar-10	132	0	132											
abr-10	244	0	244											
may-10	201	0	201											
jun-10	270	0	270											
jul-10	201	0	201											
ago-10	278	0	278											
sep-10	261	0	261	220										
oct-10	119	0	119	195	220	-101	-15	10291	101	37	85,25%	46,02%	-8,00	-0,42
nov-10	211	0	211	199	195	16	-11	253	16	34	7,54%	8,16%	-6,56	-0,31
dic-10	136	0	136	183	199	-63	-18	3977	63	38	46,37%	31,68%	-8,24	-0,49
ene-11	180	0	180	182	183	-3	-16	11	3	33	1,83%	1,80%	-9,09	-0,49
feb-11	144	0	144	173	182	-38	-20	1480	38	34	26,72%	21,08%	-10,28	-0,58
mar-11	217	0	217	184	173	44	-10	1949	44	35	20,34%	25,54%	-7,14	-0,28
abr-11	218	0	218	192	184	34	-3	1163	34	35	15,65%	18,55%	-5,22	-0,10
may-11	161	0	161	185	192	-31	-8	987	31	34	19,51%	16,33%	-6,49	-0,22
jun-11	152	0	152	176	185	-33	-11	1060	33	34	21,42%	17,64%	-7,73	-0,33
jul-11	153	0	153	171	176	-23	-13	549	23	33	15,31%	13,28%	-8,74	-0,40
ago-11	231	0	231	186	171	60	-2	3652	60	37	26,16%	35,43%	-5,58	-0,06
sep-11	230	0	230	197	186	44	5	1965	44	38	19,27%	23,87%	-3,65	0,13
oct-11	135	0	135	181	197	-62	-5	3814	62	41	45,75%	31,39%	-5,65	-0,12
nov-11	167	0	167	178	181	-14	-7	205	14	37	8,57%	7,90%	-6,31	-0,17
dic-11	114	0	114	162	178	-64	-15	4063	64	41	55,91%	35,86%	-8,16	-0,36
ene-12	508	346	162	162	162	0	-13	0	0	35	0,04%	0,12%	-8,52	-0,36
feb-12	554	402	152	159	162	-10	-12	97	10	31	1,78%	6,09%	-9,12	-0,39
mar-12	524	312	212	173	159	53	-3	2768	53	35	10,04%	33,01%	-6,89	-0,08
abr-12	444	314	130	162	173	-43	-9	1810	43	36	9,58%	24,66%	-8,25	-0,24
may-12	497	303	194	170	162	32	-2	1030	32	35	6,46%	19,82%	-7,09	-0,07
jun-12	412	184	228	184	170	58	7	3372	58	39	14,09%	34,17%	-4,87	0,17
jul-12	465	257	208	190	184	24	9	555	24	36	5,07%	12,77%	-4,10	0,25
ago-12	442	253	189	190	190	-1	8	2	1	31	0,30%	0,70%	-4,28	0,24
sep-12	386	169	217	197	190	27	10	729	27	31	6,99%	14,21%	-3,34	0,34
				148	197	-94,773		45781,132	879,673		19,58%	20,00%	-6,80	
						Σ Error / n		Σ Error Cuadrático / n	Σ Error Absoluto / n		Σ MAPE / n	Σ MAPE* / n		

Tabla 5. Pronóstico de Demanda por Suavización Exponencial Simple para α=0.25. Fuente: Propia.

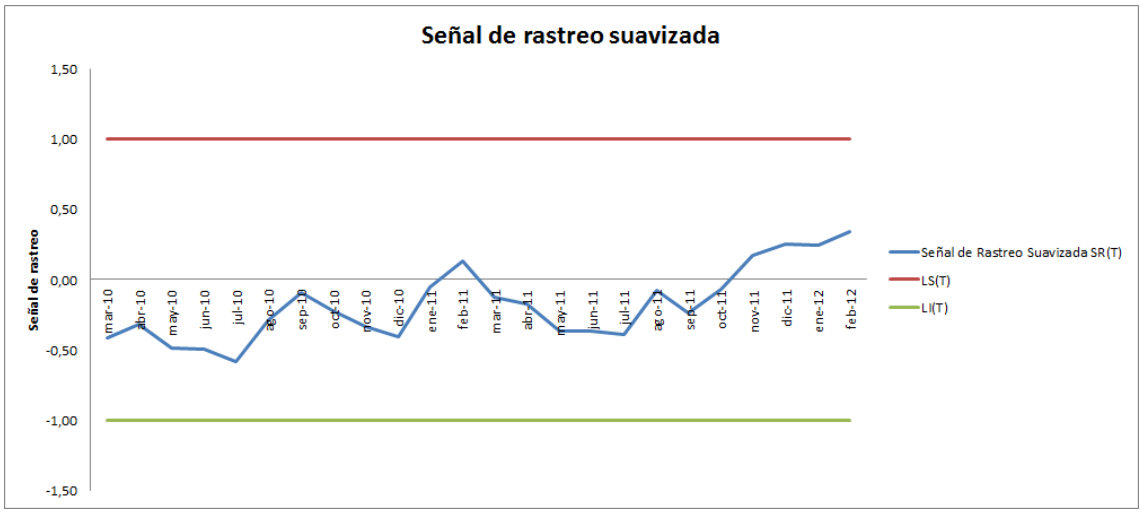
La tabla 5 muestra el cálculo del pronóstico bajo el modelo de suavización exponencial simple con α=0.25, dando como resultado dentro del rango para que este coeficiente de suavizado exponencial sea óptimo, debido a que presentó los indicadores con menor error de pronóstico, según el

comportamiento que viene presentando la demanda. Esta tabla viene condicionada por la gráfica 6, que muestra la respuesta del modelo al comportamiento de la demanda:



Gráfica 6. Suavización Exponencial Simple con α=0.25. Fuente: Propia.

Como muestra la gráfica 6, en los momentos donde la demanda presenta tendencias, el sistema de pronósticos trata de acoplarse de tal forma que pueda responder de manera correcto a la nueva tendencia de la demanda. Este acople se produce lentamente, aunque con la ayuda de los inventarios de seguridad, permitirá coincidir de manera correcta a estos cambios presentados durante cualquier periodo de tiempo, permitiendo mantener el nivel del servicio deseado durante dichos periodos de acople. En la gráfica 7 se muestra el indicador de la señal de rastreo suavizada, la cual permitirá realizar un seguimiento al sistema de pronósticos.



Gráfica 7. Señal de rastreo suavizada. Fuente: Propia.

La gráfica 7 muestra el comportamiento de la señal de rastreo, donde genera como resultado un comportamiento adecuado del pronóstico, puesto que la señal se encuentra dentro de los límites de control aún, cuando se producen las pequeñas variaciones en la demanda, por lo que el indicador cambia un poco pero se sigue manteniendo dentro de los niveles de control establecidos inicialmente.

Para validar el análisis propuesto anteriormente, se realiza el análisis de la señal de rastreo suavizada y simulación en WinQSB. Como se puede observar en la gráfica C ubicada en los anexos, el comportamiento del modelo es el mismo sin importar la herramienta que se utilice, con estos resultados se reafirma la hipótesis planteada al inicio. Nótese que el modelo planteado por WinQSB presenta una proyección constante para este modelo durante el próximo mes siguiente a la terminación de los datos históricos, debido a que se prevé con el tiempo, un comportamiento mucho más estable para la demanda.

4.5 DESARROLLO DEL PRONÓSTICO POR SUAVIZACIÓN EXPONENCIAL DOBLE

Para el Suavizado Exponencial Doble, las estimaciones para la media, están suavizadas. Este modelo consiste en realizar dos suavizaciones, a partir de las cuales se obtendrá el valor estimado con el que se da inicio al cálculo del pronóstico, o modelo que buscamos realizar, mediante un cálculo realizado con una expresión sencilla (Cohen, Roger, pronósticos – gestión de recursos, 2010). La primera se utiliza para los valores observados en la serie de tiempo, es decir, la media α será suavizada para evaluar la tendencia del comportamiento de los datos.

4.5.1 Selección del Coeficiente de Suavización

Para desarrollar este modelo, se ha determinado cierto valor para α teniendo en cuenta que las herramientas (WinQSB y Excel) toman como el α óptimo el valor que genere los indicadores de error de pronósticos mínimos:

α	MAD	ECM	MAPE (%)	MAPE* (%)	SR
0,10	81,42	9444,57	53,94	30,16	-23,67
0,15	55,95	5099,91	37,24	24,21	-17,21
0,20	48,13	3939,16	31,41	22,84	-11,08
0,25	45,51	3572,98	29,30	22,91	-7,17
0,29	43,80	3496,95	28,15	22,70	-5,36
0,30	43,68	3495,18	28,06	22,77	-4,99
0,31	43,72	3498,67	28,05	22,90	-4,64
0,32	43,75	3506,85	28,05	23,02	-4,33
0,33	43,96	3519,23	28,14	23,22	-4,03
0,34	44,29	3535,43	28,29	23,47	-3,75
0,35	44,62	3555,11	28,44	23,71	-3,50

Tabla 6. Selección del Coeficiente de Suavización α. Fuente: Propia.

Los resultados generados por Excel en la tabla 8, muestran que el mejor coeficiente de suavización para este sistema de pronósticos es α=0.3, porque muestran en líneas generales los indicadores de error para pronósticos más bajos dentro del rango de posibles valores que este puede adoptar, garantizando el análisis adecuado del pronóstico de demanda.

Debido a que los valores calculados al realizar las dos primeras atenuaciones no son los datos estimados a obtener, es decir, que constituirán las inferencias de los valores que se espera que tome la serie de tiempo en el futuro cercano, usaremos una notación distinta a la de la expresión final con la que se calculan los valores que constituyen en realidad el pronóstico. A continuación, se presentan los parámetros iniciales y las modelaciones realizadas en Microsoft Excel:

1	Regresión Lineal Semanas 14 - 20	y = -4,0368x + 237,5	ȧ1(0)	237,5
			ḃ2(0)	-4,0368
2	Regresión Lineal Semanas 14 - 21	y = 24,521x + 129,95	b2 (0)	24,521
3	ḃ1(0)=ȧ1(0)+mḃ2(0)		m	2
			ḃ1(0)	286,542
4	So = ḃ1(0) - [(1-α) / α]ḃ2(0)		So	236,757
5	So^[2] = ḃ1(0) - 2 [(1-α) / α]ḃ2(0)		So^[2]	186,972
6	Pronóstico Sem 1 Ẋ1(T) = [2 + (α / (1-α))]So - [1 + (α / (1-α))]So^[2]		X1 (T)	311,063
7	S1 Semana 1	S1 = αX1 + (1-α)So	S1	244,757
8	S1[2] Semana 1	S1^[2] = α S1 + (1-α)So^[2]	S1^[2]	206,681

Tabla 7. Condiciones Iniciales para Elaborar Pronóstico Suavización Exponencial Doble. Fuente: Propia.

La tabla 7 muestra los valores iniciales para desarrollar el pronóstico, calculados a partir de los datos históricos del comportamiento de la demanda. Siguiente, se mostrara en la tabla 8, el desarrollo de este pronóstico, junto con el análisis de sus indicadores de error de estimación.

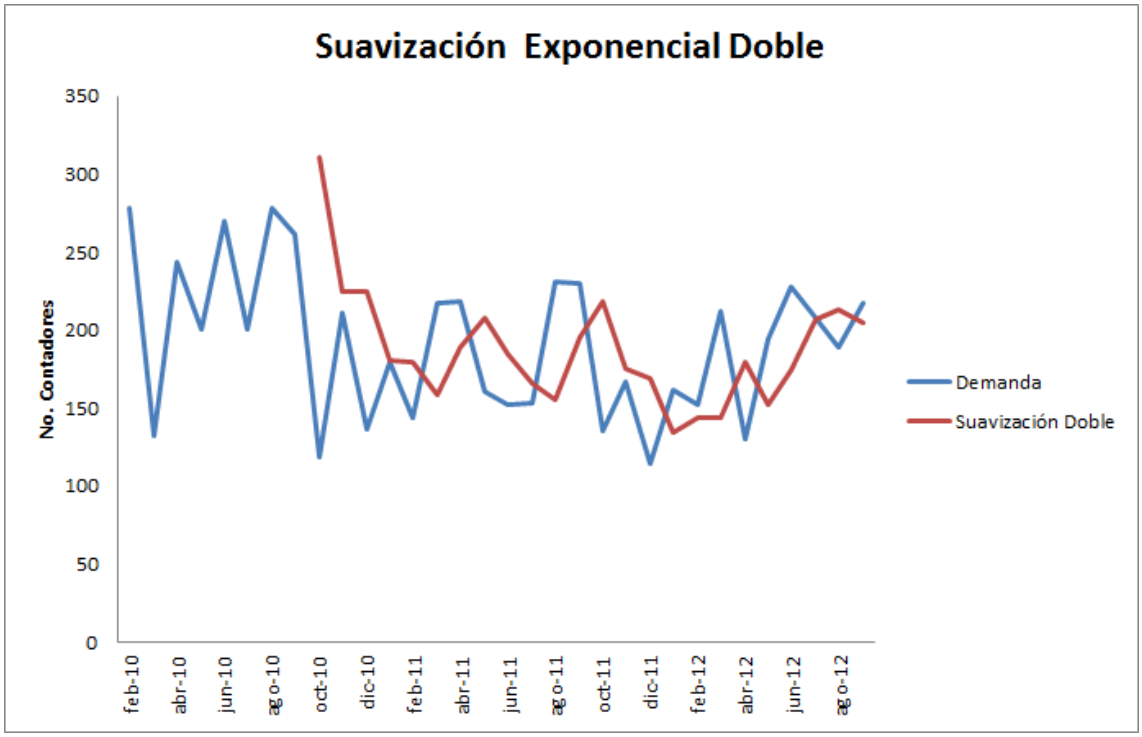
K (95%)	1,64
L (Sem)	0,25
Alpha (α)	0,29

	MAD	ECM	MAPE	MAPE*	SR
	43,80	3496,95	28,15	22,70	-5,36
Desviación Estándar	54,751	59,135			

Dato	Demanda total	Demanda por vida útil	Demanda nuevos clientes	St	St [2]	Pronóstico	Error pronótico	Error Suavizado Q(T)	Error Cuadrático Medio (ECM)	Error Absoluto	Desviación Media Absoluta Suavizada MAD (T)	Error Porcentual Medio (MAPE)	Error Porcentual Medio Nominal (MAPE*)	Señal de Rastro (SR)	Señal de Rastreo Suavizada SR(T)
feb-10	278	0	278												
mar-10	132	0	132												
abr-10	244	0	244												
may-10	201	0	201												
jun-10	270	0	270												
jul-10	201	0	201												
ago-10	278	0	278												
sep-10	261	0	261	227	166										
oct-10	119	0	119	195	175	311	-192	-29	36888	192	29	161,397	61,744	-8,00	-1,00
nov-10	211	0	211	200	182	224	-13	-26	174	13	26	6,250	5,882	-9,00	-1,00
dic-10	136	0	136	181	182	225	-89	-36	7904	89	36	65,373	39,531	-10,00	-1,00
ene-11	180	0	180	181	182	181	-1	-31	0	1	31	0,334	0,332	-11,00	-1,00
feb-11	144	0	144	170	178	180	-36	-31	1298	36	31	25,024	20,015	-12,00	-1,00
mar-11	217	0	217	184	180	159	58	-18	3380	58	35	26,790	36,593	-9,11	-0,51
abr-11	218	0	218	194	184	189	29	-11	825	29	34	13,172	15,170	-8,18	-0,32
may-11	161	0	161	184	184	208	-47	-16	2165	47	36	28,901	22,421	-9,39	-0,45
jun-11	152	0	152	175	181	185	-33	-19	1059	33	36	21,413	17,637	-10,40	-0,53
jul-11	153	0	153	169	178	166	-13	-18	163	13	32	8,341	7,699	-11,20	-0,55
ago-11	231	0	231	187	180	156	75	-4	5668	75	39	32,591	48,348	-8,02	-0,10
sep-11	230	0	230	199	186	196	34	2	1179	34	38	14,930	17,550	-6,94	0,05
oct-11	135	0	135	181	184	218	-83	-11	6921	83	45	61,623	38,128	-8,81	-0,24
nov-11	167	0	167	177	182	175	-8	-11	71	8	39	5,055	4,811	-9,39	-0,27
dic-11	114	0	114	158	175	169	-55	-17	3030	55	42	48,289	32,564	-10,71	-0,41
ene-12	508	346	162	160	171	135	27	-11	734	27	40	16,719	20,075	-10,03	-0,27
feb-12	554	402	152	157	167	144	8	-8	67	8	35	5,402	5,710	-10,11	-0,22
mar-12	524	312	212	173	169	144	68	4	4625	68	40	32,078	47,228	-7,75	0,09
abr-12	444	314	130	161	166	180	-50	-4	2457	50	41	38,131	27,605	-9,03	-0,11
may-12	497	303	194	170	167	153	41	2	1708	41	41	21,303	27,070	-7,81	0,06
jun-12	412	184	228	187	173	174	54	10	2881	54	43	23,541	30,789	-6,19	0,24
jul-12	465	257	208	193	179	207	1	9	2	1	37	0,665	0,670	-6,36	0,24
ago-12	442	253	189	192	183	213	-24	4	580	24	35	12,747	11,306	-7,13	0,11
sep-12	386	169	217	199	187	205	12	5	146	12	32	5,572	5,901	-6,92	0,16
						Suma	-234,728		83926,685	1051,228		28,152	22,699	-8,90	
							Σ Error / n		Σ Error Cuadrático / n	Error Absoluto / n		Σ MAPE / n	Σ MAPE* / n		

Tabla 8. Pronóstico de Demanda por Suavización Exponencial Doble. Fuente: Propia.

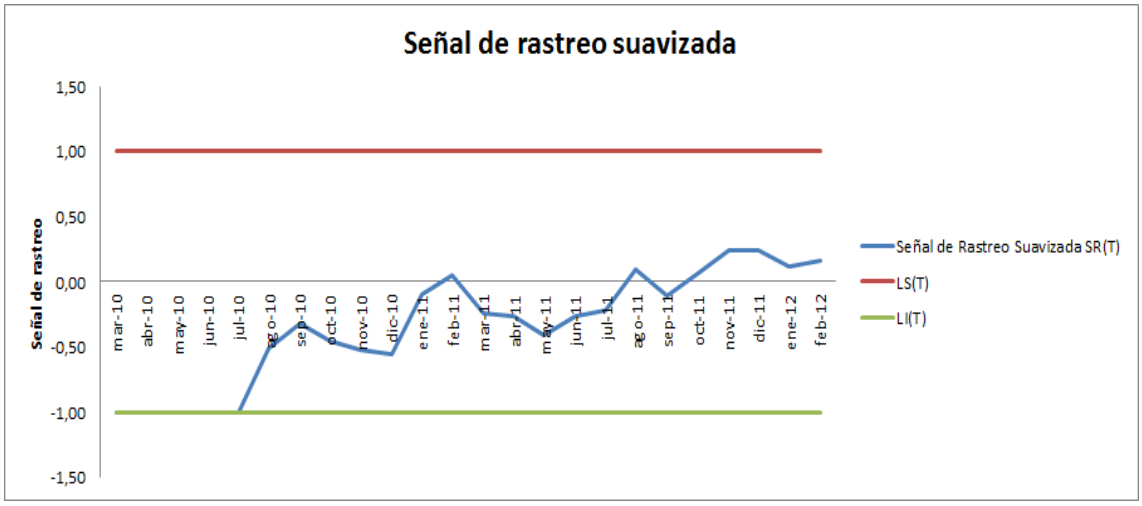
Este modelo de pronósticos muestra una relación buena con respecto a los datos suministrados por la demanda histórica (Tablas 7 y 8), pero en menor proporción que el modelo anterior. El modelo de Suavización Exponencial Doble presenta sus indicadores de error aparentemente bajos (MAD=43.8; ECM=3496.95, Señal de Rastreo de -5.36 y señal de rastreo suavizada de 0.16) pero no lo suficiente para ser el modelo de pronósticos elegido para realizar la modelación del sistema de pronósticos.



Gráfica 8. Suavización Exponencial Doble 1. Fuente: Propia.

El gráfico 8, muestra una atenuación después de realizado los cálculos de este modelo a lo largo del estudio, al igual que el modelo anterior, el pronóstico de Suavización Exponencial Doble también se adecua fácilmente a cambios inesperados en la demanda a través del tiempo.

Para reforzar esta afirmación, se simuló de la misma forma que en suavización simple, el análisis de la señal de rastreo suavizada (gráfica 9) y la simulación en WinQSB (Tabla D ubicada en los anexos), generando la misma tendencia de Microsoft Excel en la modelación del pronóstico de demanda bajo Suavización Exponencial Doble, donde podemos concluir que el modelo tiene relación con los datos históricos que presenta el comportamiento de la demanda pero, no es lo suficiente contundente para establecer criterios de selección e implementación del modelo para la simulación de sistemas de inventarios, debido a que este modelo presenta holguras en algunos periodos, los cuales generarían la acumulación de inventarios para la empresa.



Gráfica 9. Seguimiento a la Señal de Rastreo suavizada para Suavización Exponencial Doble. Fuente: Propia.

La señal de rastreo suavizada para la suavización exponencial doble responde de forma parecida a la señal de rastreo suavizada para la suavización simple, sin embargo, este indicador muestra muchos puntos en la zona negativa, lo que podríamos concluir que una predicción bajo dicho modelo siempre mantendrá excedentes de inventarios así no sean muchos, debido a que señales de rastreo negativas indican excedentes en un tiempo determinado T.

4.6 ANÁLISIS Y RESULTADOS DE LOS PRONÓSTICOS

Para realizar el análisis de datos de los resultados arrojados por los pronósticos de demanda y dar a conocer cuál es el modelo de pronóstico que más acierta el estudio de la demanda, se tiene en cuenta el siguiente criterio y es el pronóstico que presente el menor valor en los indicadores de error de pronósticos, tomando como indicador principal la Señal de Rastreo[22]. Los resultados se presentan a continuación:

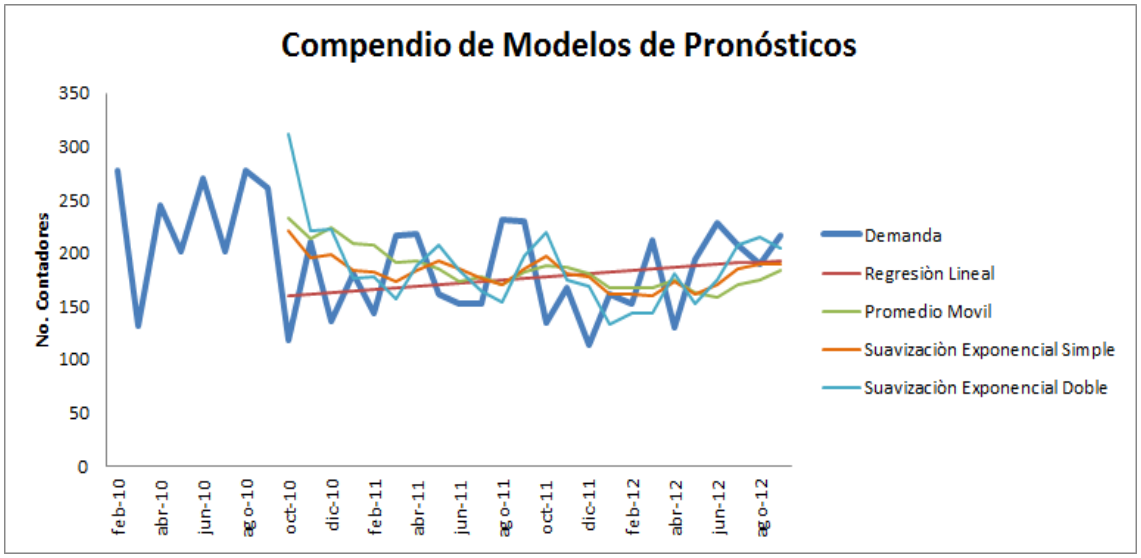
Pronòstico	Resultados				
	MAD	ECM	MAPE	MAPE`	SR
Regresiòn Lineal	31,60	1312,17	18,92%	18,05%	0,56
Promedio Mòvil	40,13	2290,18	25,18%	21,41%	-4,61
Suavizaciòn Exponencial Simple	36,65	1907,55	19,58%	20,00%	-2,59
Suavizaciòn Exponencial Doble	43,80	3496,95	2815,17%	2269,92%	-5,36

Tabla 9. Resultados de Pronósticos de Demanda. Fuente: Propia.

En la tabla 11 se muestran los resultados del Error Cuadrático Medio (ECM), Desviación Absoluta Media (MAD), Señal de Rastreo, Error Porcentual Medio Absoluto (MAPE) y Error Medio Absoluto (MAPE*). Teniendo en cuenta el parámetro de elección inicial del pronóstico, se concluye que el modelo más adecuado para las características de la demanda, es el sistema de Suavización Exponencial Simple, porque sus indicadores de error de demanda son los más adecuados. Cabe aclarar que la Regresión lineal simple presentó los indicadores de pronósticos más bajos, pero se debe tener en cuenta que este sistema sólo indica una tendencia de datos, mas no un seguimiento de forma controlada, por esa razón no se eligió como el mas óptimo.

La grafica 10 muestra el compendio de todos los modelos de pronósticos en relación a la demanda real:

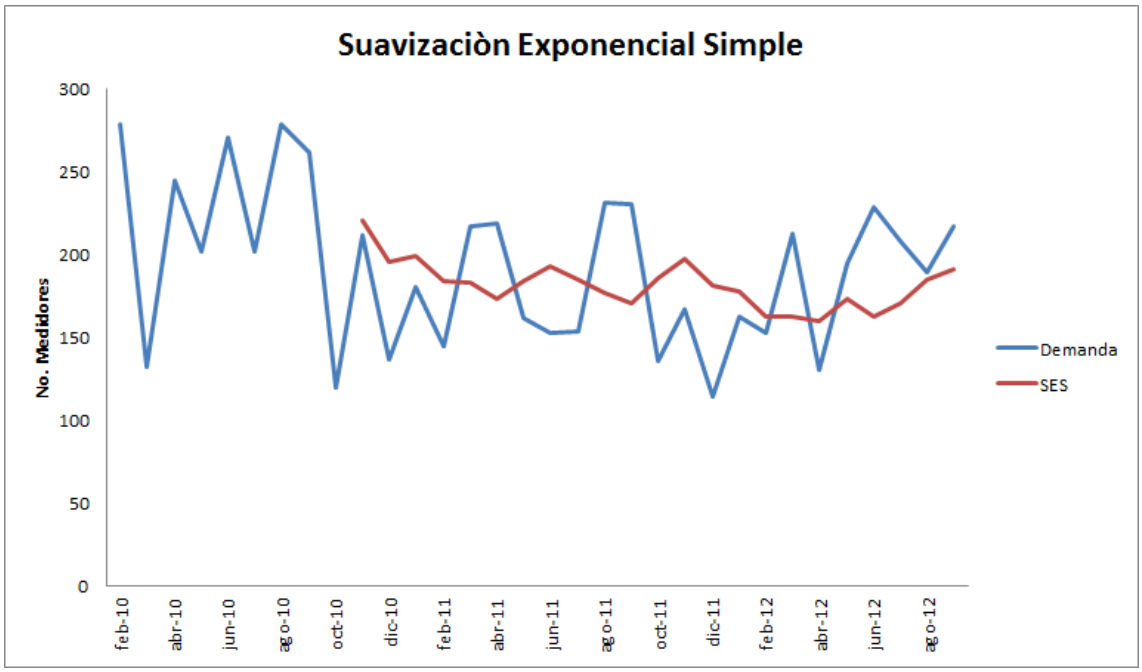
[22] LI, Yikang; LANGE Mikey; STOCKS Cody. Monitoring forecasting systems. Revisit trigg's tracking signal, Marzo 2012.



Gráfica 10. Compendio de Modelos de Pronósticos de Demanda. Fuente: Propia.

Con la elección del modelo de Suavización Exponencial Simple y no otro modelo de pronósticos, aseguraremos en mayor grado que en el momento que la demanda muestre cambios de manera ascendente o descendente, responda a dicho cambio suavizando el pronóstico de demanda para dar veracidad a los datos pronosticados y permitir realizar análisis más acertados para nuestro estudio de plantear un modelo de inventarios.

A continuación, se muestra la gráfica 11 con el modelo de suavización exponencial simple versus la demanda real desde el periodo Enero 2010, hasta Diciembre 2012.



Gráfica 11. Demanda real vs Pronóstico suavización exponencial simple, entre los periodos Enero 2010 / Diciembre 2012. Fuente: Elaboración propia.

CAPITULO 5. DESARROLLO DE LOS MODELOS DE INVENTARIOS PARA LOS MEDIDORES DE AGUA POTABLE

5.1 CONSIDERACIONES GENERALES

Para desarrollar los modelos de inventarios, debemos conocer todos los factores que nos permitan realizar los cálculos pertinentes de cada uno de estos, con el fin de establecer una comparación al final, en materia de Costos Totales de Inventario de cada una de las políticas de inventario, seleccionando el modelo que menor costo genere para la compañía y que a su vez, garantice el cubrimiento de la demanda.

Para el pronóstico de demanda seleccionado anteriormente, se pronosticarán los siguientes 3 meses a partir del último dato histórico suministrado, con el fin de realizar los cálculos para todas las políticas y establecer el costo de cada una de ellas de forma anual (CT = $/anual).

Para plantear los modelos de inventarios se tomarán en cuenta unas consideraciones que se establecerán en la empresa, con el fin de cumplir con todos los requerimientos de demanda que se presenten a lo largo del tiempo y al nivel de servicio que cumple la empresa actualmente que es del 95%. Estas consideraciones son:

- La demanda se comportará de forma normal de acuerdo a la tendencia que viene presentando en los últimos meses. Esto apoyado en la flexibilidad de la vida útil de los contadores, por lo que la empresa puede controlar el nivel de pedidos que se establezcan mes a mes, con el fin de evitar la cicloidal (demanda cíclica) en la demanda y realizar cambios de contadores de forma permanente.

- Se realizarán las modelaciones respectivas para cada política de inventario, basado en el pronóstico para el siguiente año, teniendo en cuenta que durante este periodo, todos los factores de estudio permanecerán constantes.

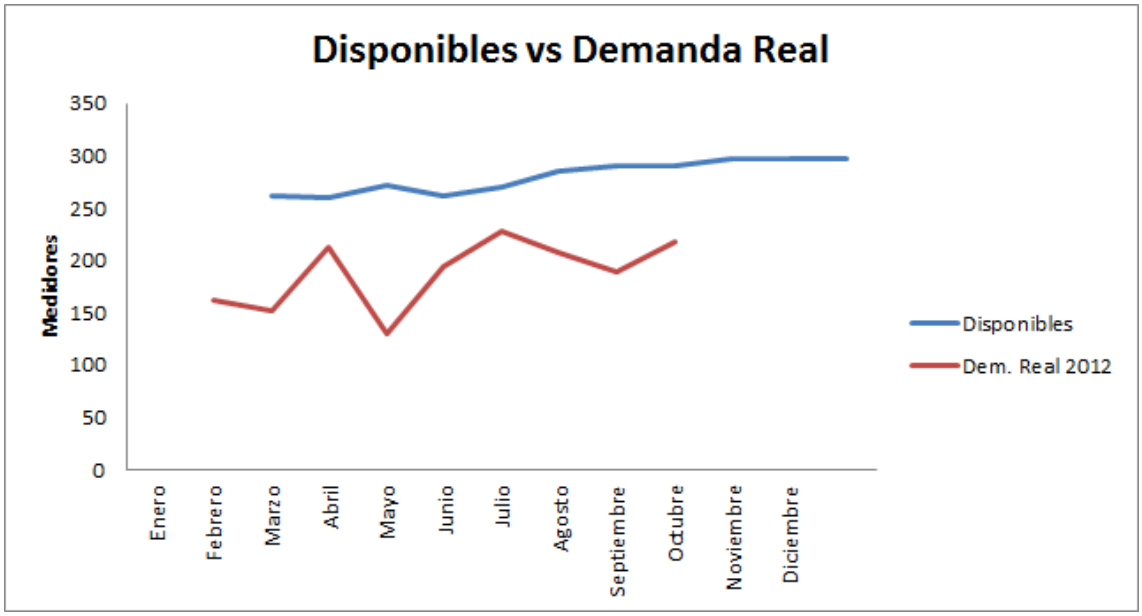
- Se tomará como punto de inicio para la elección de la mejor política de inventarios, los costos actuales que incurre la empresa en este aspecto y todo lo relacionado a niveles de inventario como costos de ordenamiento, costos de mantenimiento, inventarios de seguridad, punto de re orden, etc.

- Implementar Planes de Acción cuando se presenten grande proyectos de vivienda, ya que estos se programan por parte de planeación municipal y son comunicados con anterioridad a la empresa, lo que permitiría en el momento de emitir una orden de pedido al proveedor, realizarlo con el tiempo y la cantidad suficiente para cumplir y abastecer a todos estos proyectos.

A continuación, en la tabla 12 y en la gráfica 12, se presenta la demanda real, comparada con los disponibles según la demanda pronosticada más los inventarios de seguridad que maneja actualmente la compañía, con el método de Suavización Exponencial Simple para los últimos 11 meses (8 meses de acople al comportamiento real de la demanda y 3 meses de pronóstico de demanda futura) para realizar el estudio de cada una de las políticas de inventarios:

Meses	Dem. Pron. 2012	Inventario de seguridad	Disponibles	Dem. Real 2012
Enero				162
Febrero	162	100	262	152
Marzo	159	100	259	212
Abril	173	100	273	130
Mayo	162	100	262	194
Junio	170	100	270	228
Julio	184	100	284	208
Agosto	190	100	290	189
Septiembre	190	100	290	217
Octubre	197	100	297	
Noviembre	197	100	297	
Diciembre	197	100	297	

Tabla 10. Disponibles y demanda real para el 2012. Fuente: Propia.



Gráfica 12. Demanda pronosticada para los últimos 11 meses. Fuente: Propia.

Acuaviva actualmente mantiene existencias en bodega de 440 medidores, de los cuales 100 son el inventario de seguridad. La empresa dentro del contrato que sostiene con su proveedor, mantiene pedidos mensuales de 394 contadores, los cuales una vez se emite la orden de compra por valor de $79.366 pesos y es entregada al proveedor, este hace llegar el lote en un plazo de 8 días hábiles, conciliando estos días como la programación de Lunes a Sábado. También debemos tomar en cuenta que los costos por mantenimiento de inventario equivalen al 20% del valor de los medidores, es decir el costo unitario de mantenimiento es de $ 11.935 mensuales, los cuales son representados por la empresa de la siguiente manera:

$$CMf = \frac{area\ ocupadapor\ inventario * costo\ del\ m^2}{consumo\ año\ anterior\ de\ inventario * precio\ unitario\ de\ inventario}$$

$$= \frac{(420\ m^2) * \left(59729\ \frac{\$}{m^2}\right)}{(2102\ cont) * (59672\ \frac{\$}{cont})} = 0.20 = 20\%$$

Ecuación 46. Cálculo del Costo de mantenimiento[23]

Para calcular el costo de ordenar, cada orden tiene varios costos asociados, los cuales en general son fijos y no dependen del tamaño de la misma. Estos costos corresponden al procesamiento, transmisión, manejo y compra de la orden. Específicamente, para un comerciante (no productor), el costo de ordenamiento puede comprender[24]:

- ✓ Costo de preparación de los formatos de las órdenes.
- ✓ Costo de correo (o de cualquier sistema que utilice para la transmisión de órdenes, incluyendo Fax, EDI, etc.).
- ✓ Costo de llamadas telefónicas relacionadas con el pedido.
- ✓ Costos de autorización del pedido.

[23] Ecuación para el cálculo del costo de mantenimiento fijo. Información suministrada por la empresa.
[24] Vidal Holguín, Carlos Julio. PLANEACIÓN, OPTIMIZACIÓN Y ADMINISTRACIÓN DE CADENAS DE ABASTECIMIENTO. Pág. 30. Escuela De Ingeniería industrial y estadística, Universidad del Valle, Santiago de Cali, Colombia. 2010.

- ✓ Costos de recepción e inspección.
- ✓ Costos de manejo de las facturas del proveedor.
- ✓ Otros costos relacionados con el procesamiento de la orden.
- ✓ Costo de transporte de la orden (independiente del tamaño de la misma).

De esta manera, el costo de emitir una orden viene dado por:

$$\begin{aligned} &Costo\ de\ emitir\ una\ orden\ (A) \\ &\qquad = Costo\ del\ flete + Costo\ de\ recepción\ de\ la\ orden \\ &\qquad + Costo\ de\ autorización\ de\ la\ orden + Costos\ marginales \\ &\qquad = \$62.899{,}00 + \$1.250{,}00 + \$3.200{,}00 + \$12.017{,}00 = \$79.366{,}00 \end{aligned}$$

Ecuación 47. Cálculo del Costo de emitir una orden (A)[25]

Donde el costo marginal lo comprenden papelería, salarios por tiempo de los involucrados en la emisión de la orden, etc.

5.2. MODELO DE CANTIDAD ECONÓMICA DE PEDIDO (*EOQ*) PARA LA POLÍTICA DE CONTROL CONTINUO (*s,Q*)

La cantidad económica de pedido es la cantidad de inventario óptimo o de costo mínimo que debería ordenarse en la empresa, para desarrollar esta política tendremos en cuenta algunos parámetros como:

- La demanda es conocida para el periodo en estudio y los medidores serán instalados a una tasa constante.
- Establecemos la política de punto de re orden
- El tiempo de abastecimiento es cero

[25] Cálculo del costo de emitir una orden (A). Información suministrada por la empresa.

- El inventario se re abastecerá cuando llegue a cero. No hay inventario de seguridad..
- El reabastecimiento de contadores es inmediato.
- La Cantidad de pedido es constante.
- Los costos no variaran a lo largo del tiempo.

Plantearemos los modelos de inventarios para el año en curso, estableciendo como parámetro en cada política que estos valores permanecerán constantes.

A continuación en la tabla 13 se muestran los parámetros iniciales para el cálculo del EOQ:

Nombre	Valor
Demanda (*D*)	2108 medidores/ año
Desviación Estándar del Pronóstico ($\hat{\sigma}1$)	46 medidores
Tiempo de Reposición (*LT*)	0,25 meses
Valor del Contador (*v*)	$ 59.672
Costo de Ordenamiento (*A*)	$ 79.366
Costo de Mantener (*r*)	20% anual
Nivel de Servicio deseado (*P1*)	95%
Fracción Estimada del Costo Faltante (*B2*)	5 %

Tabla 11. Parámetros para el cálculo del EOQ para la política (s,Q). Fuente: Propia.

La demanda y desviación estándar vienen dadas por el pronóstico elegido anteriormente. El tiempo de reposición el aquel lapso que actualmente efectúa el proveedor en entregar una orden de pedido al igual que el valor del medidor. Los costos de ordenar y mantener vienen dados por las fórmulas citadas anteriormente, mientras que el costo de faltante se estimara con un 5%, puesto

que la empresa siempre tiene inventario para responder a las solicitudes de cambio.

Para determinar el tamaño de pedido Q con base en el tamaño óptimo de pedido (EOQ), el punto de re orden s para una política de control (s, Q) y el costo total relevante (CTR) de esta política, estableceremos claramente la política de control de inventario diseñada. A continuación se presentan los cálculos pertinentes para el planteamiento de la política de revisión continua (s, Q):

$$Q = EOQ = \sqrt{\frac{2AD}{vr}} = \sqrt{\frac{(2) * (79366 \frac{\$}{orden}) * (2108\ cont/año)}{\left(59672 \frac{\$}{cont}\right) * (0.2)}}$$

$$Q = EOQ = \ 167.44 \ \cong 168\ Medidores$$

Ahora calculamos la desviación estándar para la política.

$$\hat{\sigma}(L) = \hat{\sigma}(1)\sqrt{L} = (46\ medidores) * \sqrt{0.25}$$

$$\hat{\sigma}(L) = 23\ medidores$$

Ahora calculamos el factor de seguridad *k* para la política.

$$pz(k) = 1 - P1 = 1 - 0.95$$

$$pz(k) = 0.05$$

De la tabla de Distribución Normal ubicada en los anexos al final del trabajo, se encuentra que para un valor pz(k)=0.05, encontramos el valor de K=1.64. Ahora, calculamos la demanda estimada durante el periodo de reposición que viene dado por:

$$\hat{X}(L) = dL = (197\ medidores) * (0.25)$$
$$\hat{X}(L) = 49.25 \cong 50\ medidores$$

El punto de re orden para esta política viene dado por:

$$s = \hat{X}(L) + k\hat{\sigma}(L) = (50\ medidores) + (1.64) * (23\ medidores)$$
$$s = 87.72 \cong 88\ medidores$$

El resultado de esta política de control del inventario sería ordenar Q = 168 medidores una vez el nivel de inventario efectivo se reduzca a s = 88 medidores, reduciendo el inventario de seguridad que actualmente posee la empresa en 12 medidores.

Teniendo en cuenta que la empresa posee el monopolio del suministro de agua potable en la ciudad de Palmira, se debe tener en cuenta que todos los pedidos de medidores por partes de los clientes, serán atendidos en cualquier instante, por lo que si no se atiende al momento de entrar una solicitud de servicio, se realizará después, por lo que tomamos estas solicitudes por parte de los clientes, como ordenes pendientes. Calculando el factor de seguridad k=1.64 (Obtenido para un nivel de servicio del 95%), hallamos el valor de Gz(k)=0.021137 de la tabla de Distribución Normal para k, f(z), Pz(k) y Gz(k) mostradas en los Anexos al final del documento. Con estos datos, hallamos el Nivel de Servicio P2 de la siguiente forma:

$$P2 = 1 - \frac{\hat{\sigma}(L)Gz(k)}{Q} = 1 - \frac{(23\ Cont) * (0.021137)}{168\ Cont}$$

$$P2 = 99.71\%$$

Lo que permite establecer el Nivel de Servicio P2, que el 99.71% de los contadores que se solicitan podrán ser instalados de los medidores que se tienen en existencias.

El Costo Total Relevante (CTR) de esta política de inventarios es el siguiente:

$$CTR = \frac{AD}{Q} + \left(\frac{Q}{2} + k\hat{\sigma}(L)\right)vr + \frac{D}{Q}(B2v)\hat{\sigma}(L)Gz(k)$$

$$CTR = \frac{(79366\frac{\$}{orden})*(2108\ Cont/año)}{168\ Cont} + \left(\frac{168\ Cont}{2} + (1.64) * (23\ Cont)\right) * \left(59672\frac{\$}{Cont}\right) * (0.2) + \frac{(2108\ Cont)}{168\ Cont}(0.05 * \left(59672\frac{\$}{Cont}\right) * (23\ Cont) * (0.021137))$$

$$CTR = 2'466.711\frac{\$}{año}$$

El costo Total Relevante para esta política de EOQ para un sistema continuo (s, Q) es CTR= 2’466.711 $/año. Se evaluaran de igual forma las demás políticas de Inventario y al final, se establecerá un comparativo de sus Costos Totales Relevantes para determinar cuál es el mejor modelo de inventarios para la empresa, que le permita disminuir sus costos por concepto de inventarios pero que a su vez, permita considerar el stock suficiente mes a mes, para cumplir con la demanda generada.

5.3. MODELO DE CANTIDAD ECONÓMICA DE PEDIDO (*EOQ*) PARA LA POLÍTICA DE CONTROL PERIÓDICO (*R,S*)

Para el diseño de este sistema tendremos en cuenta los mismos parámetros establecidos en el cálculo del sistema continuo (s, Q), suponiendo

que el costo de ordenar un lote (A') permanecerá constante debido a que el aumento porcentual es mínimo. A continuación, en la tabla 14 se mostraran los parámetros para el cálculo de esta política:

Nombre	Valor
Demanda (*D*)	2108 medidores/ año
Desviación Estándar del Pronóstico ($\hat{\sigma}1$)	46 medidores
Tiempo de Reposición (*LT*)	0,25 meses
Valor del Contador (*v*)	$ 59.672
Costo de Ordenamiento (*A´*)	$ 79.366
Costo de Mantener (*r*)	20%
Nivel de Servicio deseado (*P2*)	95%
Fracción Estimada del Costo Faltante (*B2*)	5%

Tabla 12. Parámetros para el cálculo del EOQ para la política (R, S). Fuente: Propia.

De esta manera, la Cantidad Económica de Pedido queda así:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2A'D}{vr}} = \sqrt{\frac{2 * (79.366 \frac{\$}{orden}) * \left(2108 \frac{Cont}{año}\right)}{\left(59672 \frac{\$}{Cont}\right) * (0.2)}}$$

$$EOQ = 167.44 \cong 168\ medidores$$

Por motivos de tener una mayor respuesta del modelo, calcularemos de nuevo el intervalo de revisión (R), a partir de la nueva Cantidad económica de pedido establecida, redondeada al valor entero más conveniente para la política de Inventarios. De esta manera tendríamos lo siguiente:

$$R = \frac{EOQ}{D} = \frac{\sqrt{\frac{2A'D}{vr}}}{D} = \sqrt{\frac{2A'}{Dvr}} = \sqrt{\frac{2 * (79.366 \frac{\$}{orden})}{\left(2108 \frac{Cont}{año}\right) * \left(59672 \frac{\$}{Cont}\right) * (0.2)}}$$

$$R = 0.079\ años \cong 0.953\ meses \cong 28.59\ días \cong 29\ días$$

Ahora calculamos la desviación estándar de los errores de pronóstico sobre el tiempo de reposición más el intervalo de revisión, el cual lo calculamos a continuación:

$$\hat{\sigma}(L + R) = \hat{\sigma}(1)\sqrt{R + L} = (23\ medidores) * \sqrt{0.953\ meses + 0.25\ meses}$$

$$\hat{\sigma}(L + R) = 25.23\ medidores \cong 26\ medidores$$

La demanda pronosticada para el tiempo establecido como *R+L* es:

$$\hat{X}(R + L) = d(R + L) = \left(197 \frac{Cont}{mes}\right) * (0.953\ meses + 0.25\ meses)$$

$$\hat{X}(R + L) = 236.99\ medidores \cong 237\ Medidores$$

Debemos tener en cuenta que para este sistema, el tamaño de pedido es variable, utilizaremos los parámetros *DR* en vez del parámetro *Q*, debido a que *DR* cambia de acuerdo al comportamiento de la demanda *D.*

Para un nivel de servicio P1 del 95%, el valor de *K=1.64* en la tabla de Distribución normal para k, f(z), Pz(k) y Gz(k) anexa al final del trabajo. Con este factor *K* calculamos el valor máximo del inventario *S*, el cual se establece de la siguiente forma:

$$S = \hat{X}(R + L) + k\hat{\sigma}(L + R) = 237\ Cont + (1.64) * (26\ Cont)$$

$$S = 279.64\ medidores = 280\ medidores$$

Los resultados obtenidos de la política de inventarios (R, S) permite establecer la revisión del inventario cada R = 0.953 meses, es decir, establecer contacto con la bodega cada 29 días para determinar si se debe pedir o no y, en caso de hacerlo, ordenar cantidades de S=280 medidores, lo que permitiría mantener un nivel de servicio aproximado de P2 = 95%, el cual la compañía conoce por medio de encuestas realizadas a todos los usuarios que tienen acceso al servicio de acueducto y alcantarillado.

Finalmente, Calculamos el Costo Total Relevante de la política (R, S) de la siguiente manera:

$$CTR = \frac{A'}{R} + \left(\frac{DR}{2} + k\hat{\sigma}(R+L)\right)vr + \frac{1}{R}(B2v)\hat{\sigma}(R+L)Gz(k)$$

$$CTR = \frac{79366\,\frac{\$}{orden}}{0.079\ años} + \left(\frac{\left(2108\,\frac{Cont}{años}\right) * (0.079\ años s)}{2} + (1.64) * (\,26\ Cont)\right) * \left(59672\,\frac{\$}{Cont}\right) * (0.2)$$
$$+ \frac{1}{0.079\ años} * (0.05) * \left(59672\,\frac{\$}{Cont}\right) * (26\ Cont) * (0.021137)$$

$$CTR = 2'528.002\ \frac{\$}{año}$$

El Costo Total Relevante de la política (R, S) es de $ 2’528.002 anuales.

Se realizó el cálculo del costo total relevante para diferentes niveles de servicio (90%, 95%, 96%, 97%, 98% y 99%), para observar cómo varían los costos en relación al nivel de servicio alcanzado por la empresa, estos fueron los resultados:

NIVEL DE SERVICIO (%)	Gz(k)	Factor K	CTR de la polìtica SRC (s, Q)	CTR de la polìtica SRP (R, S)
90	0,047499	1,28	$ 2.390.594,00	$ 2.442.182,00
95	0,021137	1,64	$ 2.466.711,00	$ 2.528.002,00
96	0,016174	1,75	$ 2.492.632,00	$ 2.557.260,00
97	0,011642	1,88	$ 2.524.413,00	$ 2.593.149,00
98	0,007418	2,05	$ 2.567.440,00	$ 2.641.752,00
99	0,003453	2,32	$ 2.638.139,00	$ 2.721.637,00

Tabla 13. Costo total de las políticas (s, Q) y (R, S) de acuerdo al nivel de servicio. Fuente: Propia.

Se puede apreciar que, a medida que el nivel de servicio aumenta, también lo hace el costo total relevante de la política, puesto que se necesita más capital (dinero) para cubrir en mayor proporción los requerimientos de la demanda.

5.4. ANÁLISIS Y RESULTADOS

De acuerdo con los objetivos propuestos al inicio del trabajo, realizaremos un análisis que nos permita elegir la mejor propuesta de administración de inventarios para la compañía, de tal forma que sus costos totales por concepto de inventarios de medidores disminuyan, teniendo en cuenta el resultado de ambas políticas. A continuación, en la tabla 14, se muestra el compilado de las políticas de inventarios evaluadas en este trabajo:

CONCEPTO	POLITICA			
	ANTES	ACTUAL	SRC (s, Q)	SRP (R, S)
Demanda (D)	800	197	197	197
Cantidad Econòmica de Pedido (EOQ)	1000	394	168	168
Punto de Reorden (S)	100	100	88	280
Nivel de Rotaciòn de inventarios	1,25	2	0,85	0,85
Costo total relevante (CTR)	$ 7.355.430,91	$ 3.233.633,00	$ 2.466.711,00	$ 2.528.002,00
	AHORRO RESPECTO A LA POLÍTICA ANTIGUA	56,04%	66,46%	65,63%
		AHORRO RESPECTO A LA POLÍTICA ACTUAL	23,72%	21,82%

Tabla 14. Análisis de las políticas de inventario. Fuente: Propia.

Estos resultados nos permiten concluir que evidentemente la mejor política de inventarios para la empresa seria adoptar por el modelo de administración de inventarios de Cantidad Económica de Pedido (EOQ) bajo el sistema de revisión continuo (s, Q), el cual le permite manejar un costo total por concepto de medidores de agua potable de $ 2'466.711 anuales, reduciendo sus costos en un 66.46% respecto a la política que se manejaba antes, cuando realizaban pedidos grandes de medidores y 23.72% respecto a la política actual que mantiene la compañía.

5.5. VALIDACIÓN

Para reforzar el análisis mostrado anteriormente, se realizó la validación de los resultados de la política de inventarios (s, Q). Se utilizó Excel, teniendo en cuenta que esta herramienta posee múltiples utilidades las cuales podemos implementar en la toma de decisiones para nuestro caso de estudio, la elección del sistema de inventarios. La gráfica 15 muestra la validación realizada en Excel:

	Probabilidad de demanda	Rango inferior de probabilidad	Demanda de medidores
	0,10	0,00	145
	0,20	0,10	161
	0,40	0,40	176
	0,20	0,70	206
	0,10	0,90	235
Resultado	1,00		

Demanda	Frecuencia	Porcentaje	Acumulado
145	1	8,33%	8,33%
161	5	41,67%	50,00%
176	3	25,00%	75,00%
206	2	16,67%	91,67%
235	1	8,33%	100,00%
Totales	12	100,00%	

Simulacion para los próximos 12 meses						
Mes	Número aleatorio	Cambios simulados (medidores)	Costo de Ordenar	Costo de Mantener	Cosoto por Faltante	Costo total relevante
1	0,177726573	161	$ 1.039.152,35	$ 1.410.884,77	$ 18.991,38	$ 2.469.028,50
2	0,844775785	206	$ 812.153,05	$ 1.679.408,77	$ 14.842,78	$ 2.506.404,59
3	0,258407181	161	$ 1.039.152,35	$ 1.410.884,77	$ 18.991,38	$ 2.469.028,50
4	0,380527527	161	$ 1.039.152,35	$ 1.410.884,77	$ 18.991,38	$ 2.469.028,50
5	0,966280475	235	$ 711.929,91	$ 1.852.457,57	$ 13.011,12	$ 2.577.398,59
6	0,563398592	176	$ 950.588,23	$ 1.500.392,77	$ 17.372,80	$ 2.468.353,79
7	0,477289235	176	$ 950.588,23	$ 1.500.392,77	$ 17.372,80	$ 2.468.353,79
8	0,882057646	206	$ 812.153,05	$ 1.679.408,77	$ 14.842,78	$ 2.506.404,59
9	0,444996165	176	$ 950.588,23	$ 1.500.392,77	$ 17.372,80	$ 2.468.353,79
10	0,029139347	145	$ 1.153.817,43	$ 1.315.409,57	$ 21.086,98	$ 2.490.313,98
11	0,373070092	161	$ 1.039.152,35	$ 1.410.884,77	$ 18.991,38	$ 2.469.028,50
12	0,389160437	161	$ 1.039.152,35	$ 1.410.884,77	$ 18.991,38	$ 2.469.028,50
	Total	2125	$ 995.854,33	$ 1.452.655,17	$ 18.200,07	$ 2.466.709,57

	SRC (s, Q)
Demanda (D)	2108
Cantidad Econòmica de Pedido (EOQ)	168
Punto de Reorden (S)	88
Nivel de Rotaciòn de inventarios	0,85
Costo total relevante (CTR)	$ 2.466.711,00

0,000%

Tabla 15. Simulación de los resultados en Excel de la política (s, Q). Fuente: Propia.

La tabla 15 muestra los cuadros utilizadas para simular las posibles cantidades de medidores a cambiar y los costos totales relevantes de la política (s, Q) para un año, bajo los términos calculados anteriormente (punto de reorden de 88 medidores, cantidad económica de pedido de 168 medidores). Para realizar esta validación de posible escenario, se tomó en cuenta el ejemplo de Krajewski, Lee; Ritzman, Larry y Malhotra, Manoj (Administración de operaciones, procesos y cadena de valor, 2008 p. 194 y 195), donde se explica cómo simular un sistema de inventarios bajo la herramienta Excel y efectivamente, se muestra que la proyección de las posibles cantidades de medidores a cambiar mes a mes y los costos totales relevantes de la política se comportan de forma adecuada, respecto a los resultados obtenidos a lo largo de este trabajo. El primer cuadro muestra las ponderaciones para los posibles valores de demanda de medidores, estos porcentajes se asignan de manera aleatoria. El cuadro de los costos de inventario calcula los costos totales relevantes teniendo en cuenta las asignaciones aleatorias de los porcentajes del primer cuadro, realizando un cálculo estimado de la política. Finalmente el último cuadro contabilidad los valores de la posible demanda en una tabla de frecuencia, calculando simplemente con qué frecuencia se presentan un valor determinado de demanda a atender en un periodo de tiempo x.

CONCLUSIONES

- Con relación al primer objetivo de conocer los métodos de pronósticos de demanda, se consultó y profundizó en los modelos de pronósticos de demanda, permitiendo entender sus cualidades y características, dando paso al desarrollo de los sistemas de pronósticos para la adecuación del más óptimo.

- Estudiando los diferentes sistemas de inventarios, se encontraron dos modelos de fácil manejo y adaptabilidad de acuerdo a las características de la empresa objeto de estudio.

- El desarrollo de esta investigación permitió proponer un modelo de pronóstico de suavización exponencial simple con el cual se logró identificar el comportamiento de la demanda.

- Con relación al cuarto objetivo, de desarrollar una propuesta de administración de inventarios, se logró establecer el modelo de Cantidad Económica de Pedido (EOQ), bajo el sistema de revisión continuo (s, Q), puesto que este sistema de inventarios disminuye los costos totales en 23.72% por concepto de inventarios de medidores de agua potable y cumple con el nivel de servicio meta de la empresa de 95%.

- El desarrollo de esta investigación permitió formular y analizar la situación actual de la empresa, a la luz de los modelos de Revisión Continua (s,Q) y el Sistema de Revisión Periódica (R,S), encontrando que el sistema (s,Q) reduce los costos de administración de inventarios en mayor proporción que el modelo (R,S).

RECOMENDACIONES

- Desarrollar futuras políticas de inventario para eventos donde la demanda presente cambios drásticos, con el fin de mantener el suministro de los medidores de agua potable a lo largo del tiempo cumpliendo con los niveles de servicio establecidos y manteniendo los costos totales por administración de inventarios.

- La implementación de planes de acción para los planes de vivienda que se presenten en el futuro, permite a la empresa, adecuar su política de inventarios de tal forma que esta no se vea afectada en ningún momento por el cambio repentino que se pueda presentar por estos proyectos, garantizando el cubrimiento de la demanda y administrando de la mejor forma sus costos de inventarios.

- Realizar los cambios de los medidores solamente si es necesario, mientras se realiza la implementación adecuada del modelo de inventarios, con el fin de establecer un control permanente sobre la demanda y el óptimo funcionamiento de la política de inventarios.

BIBLIOGRAFÍA

ALFONSO ROMERO, Carlos; BABILONI E.; GARCÍA SABATER, Juan Pablo. Nivel de servicio y stock de referencia: El caso de una distribuidora de repuestos. 6th international conference on industrial engineering and industrial management. Julio 18-20, 2012.

ANAYA TEJERO, Julio Juan. Logística integral de la gestión operativa de la empresa. esic editorial, 3ra edición, 2007.

BALLOU, Ronald H. Logística, administración de la cadena de suministro. Cap. 9. 5ta edición. México, Pearson Educational, 2004.

B. GHODRATI Y KUMARU., "La fiabilidad y el entorno operativo, enfoque basado en la estimación de repuestos y piezas", diario de la Calidad en Ingeniería de Mantenimiento, vol. 11, no.2, pp169-184, 2005.

BOVAS, Abraham; JOHANNES, Ledolter. Statistical methods for forecasting. Cap. 8. Estados Unidos, Wiley Interscience, 2005.

CABALLERO HERNÁNDEZ, Ivonne Evelia. Rediseño de un sistema de administración de inventarios de refacciones de una empresa comercializadora de herramientas. México, D.F. 2009. pág. (93-112).

CARRANZA. Logística: Mejores Prácticas En Latinoamérica. Editorial Thomson, 4ta edición. 2004.

CASTRO, Carlos Alberto; URIBE, Diana Cecilia. Optimización de parámetros y de valores de inicio para el modelo de holt basado en señales de rastreo. Revista EIA, ISSN 1794-1237 Número 14, p. 115-124. Diciembre 2010.

COHEN Jacqueline, GARMAN, Samuel. GORR, Wilpen. Empirical calibration of time series monitoring methods using receiver operating characteristic curves. H. John Heinz III School of Public Policy and Management, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA 15213, United States, 2008.

GUTIÉRREZ, G; Prida, B. Logística y distribución física. Mc Draw-Hill, 4ta edición, 2007.

HEIZER Y RENDER. Principios de administración de operaciones. Cap. 12. 7ma edición. México, Pearson Edcucational, 2009.

ING. ROLDAN PAREDES, Jorge. Suavización Exponencial, Artículo, Octubre 2009. Universidad de Cuenca, Universidad del Azuay. España.

PRADO PRADO, J. Carlos; GARCÍA LORENZO, Antonio; GARCÍA ARCA, Jesús. Dirección de logística y producción. Universidad de Vigo, España. 2008.

KRAJEWSKI, Lee J., Ritzman, Larry P. administración de operaciones, estrategia y análisis. Cap. (13-15). 8va Edición. México, Pearson Educational, 2012.

LI, Yikang; LANGE Mikey; STOCKS Cody. Monitoring forecasting systems. Revisit trigg's tracking signal, Marzo 2012.

MORA SÁNCHEZ, Natalia. Propuesta de un modelo predictivo de inventario de vehículos para gm colmotores, para optimizar la operación de almacenamiento para los patios de automóviles y camiones ensamblados ubicados en la planta de la ciudad de Bogotá D.C. Universidad Javeriana. 2009.

MSC. ING. FERNÁNDEZ ALFARRÍN, Yoanner. Análisis y procesamiento de modelos de pronósticos con empleo de las TIC. Universidad de Holguín "Oscar Lucero Moya". Cuba. Septiembre de 2011.

NAHMIAS. Análisis De La Producción Y Las Operaciones. Editorial Mcgraw-hill, 5ta edición. 2007.

OSPINA Leidy Vanessa, JIMÉNEZ Gina Marcela. Planeación de la capacidad, administración de inventarios y mrp. Universidad del valle, Colombia. 2010.

TAHA A. Hamdy. Investigación de operaciones. Cap. 13. 9na edición. México. 2012. Pearson educación de México S.A. de C.V.

TERSINE, R J. El principio de inventario y gestión de materiales, 4ªed., EnglewoodCliff, PTRPrenticeHall, pp.177-203, de 1994.

R. SALOMÓN, Sandborn P y M. Pecht, "ciclo de vida en pieza electrónica conceptos y previsión obsolescencia", en Actas de la IEEE Transacción en los componentes y tecnologías de envasado, 707 pp- 717, 2000.

SHARAFY Helmy HA, "Un modelo de clasificación para el inventario gestión de repuestos, al proceder de 7 internacional conferencia sobre ingeniería de producción, diseño y control", pp499 - 510, de 2001.

SAKON Wongmongkolrit. La determinación de alto costo y piezas de repuesto de bajo costo mediante la comparación entre el modelo eoq y lot-por-lot: un estudio de caso de la partida de movimiento lento, Universidad de Kasetsart, 2008.

SCOTT, Daniel son. Desarrollo de conocimientos sobre la estática de inventarios, Universidad de Arizona, Departamento Mecánica y Tecnología de Ingeniería de Fabricación.2010.

SILVER, E. A.; D. F., Pyke; R. Peterson. Inventory management and production planning and scheduling. 3ra edición, John Wiley & Sons, New York. 1998.

SILVER, E. A.; D. J., Robb. Some insights regarding the optimal reorder period in periodic review inventory system. Int, J. production economics, 112, 354-366. 2008.

VARGAS BONILLA, Jairo Alfonso. Seminario de control y gestión de inventarios. Colombia. 2011.

VERGARA PÉREZ, Ileana; CIFUENTES LAGUNA, Ana María; VÁSQUEZ GARCÍA, Carolina; OCAMPO, Diana Marcela. Diseño e implementación piloto, de un modelo de gestión de inventarios en una empresa de productos alimenticios del valle del cauca. VIII Encuentro Iberoamericano de Matemática Aplicada (EIMA), 2012.

VIDAL HOLGUÍN, Carlos Julio. Planeación, optimización y administración de cadenas de abastecimiento. Escuela De Ingeniería industrial y estadística, Universidad del Valle, Santiago de Cali, Colombia. 2010.

X CONGRESO DE INGENIERÍA DE ORGANIZACIÓN. Planificación de la Demanda en la Gestión de Cadena de Suministro con Redes Neuronales y Lógica Difusa. Valencia, 7-8 de Septiembre de 2006.

http://bdigital.eafit.edu.co/bdigital/PROYECTO/P658.787C346/capitulo4.pdf. Octubre, 2012.

http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ingenieria/Tesis239.pdf. Agosto, 2012.

http://www.univo.edu.sv:8081/tesis/013889/013889_Cap3.pdf. Marzo, 2012.

http://www.sepi.upiicsa.ipn.mx/tesis/369.pdf. Marzo, 2012.

http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ingenieria/Tesis231.pdf. Febrero, 2012.

http://saber.ucv.ve/jspui/bitstream/123456789/45/1/TRABAJO%20ESPECIAL%20DE%20GRADO.PDF. Febrero, 2012.

http://ri.biblioteca.udo.edu.ve/bitstream/123456789/1109/1/Tesis.PROPUESTA%20DE%20UN%20MODELO%20DE%20INVENTARIO.pdf. Enero, 2012.

http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/1005/PARRAGA_CONDEZO_JOSE_CONTROL_INVENTARIOS_PRODUCTOS_SIDERURGICOS.pdf?sequence=1. Febrero, 2012.

www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/.../Copia%20de%20Tesis.docx. Marzo, 2012.

ANEXOS

1. Pronóstico de Demanda por el Método de Regresión Lineal

08-08-2013 Mes	Actual Data	Forecast by LR	Forecast Error	CFE	MAD	MSE	MAPE (%)	Tracking Signal	R-square
1	119	162,32	-43,32001	-43,32001	43,32001	1876,623	36,40337	-1	
2	211	163,64	47,36	4,039993	45,34	2059,796	29,42443	8,910438E-02	2,134207E-03
3	136	164,96	-28,96001	-24,92001	39,88	1652,758	26,71433	-0,6248749	4,391864E-02
4	180	166,28	13,72	-11,20001	33,34	1286,628	21,9413	-0,3359331	7,634224E-03
5	144	167,6	-23,60001	-34,80002	31,392	1140,695	20,83082	-1,108563	4,725741E-02
6	217	168,92	48,08	13,27998	34,17334	1335,86	21,0518	0,3886066	7,133533E-03
7	218	170,24	47,75999	61,03998	36,11429	1470,882	21,17415	1,690189	5,506591E-02
8	161	171,56	-10,56	50,47998	32,92	1300,961	19,34726	1,533414	3,652811E-02
9	152	172,88	-20,88	29,59998	31,58222	1204,852	18,72388	0,9372353	1,814802E-02
10	153	174,2	-21,2	8,399979	30,544	1129,311	18,23711	0,2750124	1,321347E-02
11	231	175,52	55,48	63,87997	32,81091	1306,467	18,76258	1,946913	3,777029E-02
12	230	176,84	53,16	117,04	34,50666	1433,093	19,12512	3,391808	7,858494E-02
13	135	178,16	-43,16	73,87997	35,17231	1466,147	20,11322	2,100516	3,777283E-02
14	167	179,48	-12,48	61,39998	33,55143	1372,547	19,21035	1,830026	3,398948E-02
15	114	180,8	-66,8	-5,400024	35,768	1578,526	21,83609	-0,1509736	2,121296E-02
16	162	182,12	-20,12	-25,52002	34,79	1505,169	21,24757	-0,7335448	2,732529E-02
17	152	183,44	-31,44	-56,96002	34,59294	1474,776	21,21443	-1,64658	3,837839E-02
18	212	184,76	27,24001	-29,72002	34,18444	1434,067	20,74969	-0,8694019	3,544728E-02
19	130	186,08	-56,08	-85,80002	35,33684	1524,114	21,92805	-2,428061	0,0513967
20	194	187,4	6,600006	-79,20001	33,9	1450,087	21,00175	-2,336283	5,368799E-02
21	228	188,72	39,28	-39,92001	34,15619	1454,507	20,82205	-1,168749	4,643242E-02
22	208	190,04	17,95999	-21,96002	33,42	1403,055	20,26807	-0,6570923	4,942987E-02
23	189	191,36	-2,360001	-24,32002	32,06956	1342,295	19,44114	-0,7583521	5,618809E-02
24	217	192,68	24,31999	-3,051758E-05	31,74667	1311,01	19,09807	-9,612845E-07	5,987091E-02
25		194							
CFE		-3,051758E-05							
MAD		31,74667							
MSE		1311,01							
MAPE		19,09807							
Trk.Signal		-9,612845E-07							
R-square		5,987091E-02							
		Y-intercept=161							
		Slope=1,32							

Tabla A. Pronóstico de Demanda por el Método de Regresión Lineal. Fuente: WinQSB. Año 2012

2. Gráfica de resultados del modelo de Regresión Lineal

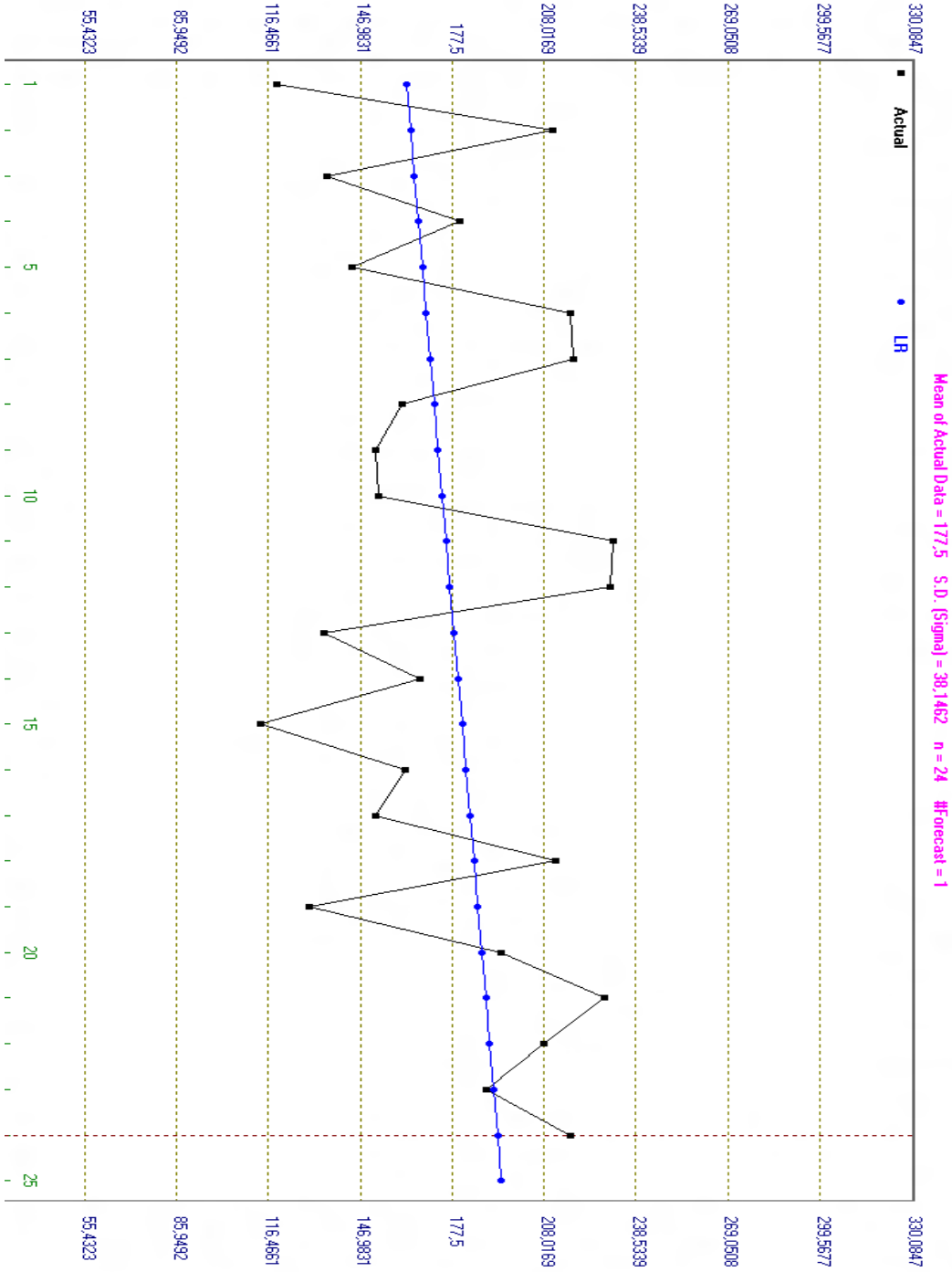


Gráfico A. Regresión Lineal. Fuente: WinQSB. Año 2012.

3. Pronóstico de Demanda por Promedio Móvil Simple

08-08-2013 Mes	Actual Data	Forecast by 8-MA	Forecast Error	CFE	MAD	MSE	MAPE (%)	Tracking Signal	R-square
1	278								
2	132								
3	244								
4	201								
5	270								
6	201								
7	278								
8	261								
9	119	233,125	-114,125	-114,125	114,125	13024,52	95,90336	-1	
10	211	213,25	-2,25	-116,375	58,1875	6514,789	48,48486	-2	
11	136	223,125	-87,125	-203,5	67,83334	6873,448	53,6774	-3	
12	180	209,625	-29,625	-233,125	58,28125	5374,496	44,37263	-4	
13	144	207	-63	-296,125	59,225	5093,397	44,24811	-5	
14	217	191,25	25,75	-270,375	53,64583	4355,008	38,85115	-5,04	
15	218	193,25	24,75	-245,625	49,51786	3820,373	34,92287	-4,960332	0,9455657
16	161	185,75	-24,75	-270,375	46,42188	3419,396	32,4791	-5,824302	
17	152	173,25	-21,25	-291,625	43,625	3089,637	30,42367	-6,684814	
18	153	177,375	-24,375	-316	41,7	2840,087	28,97444	-7,577938	
19	231	170,125	60,875	-255,125	43,44318	2918,785	28,73611	-5,872613	0,689034
20	230	182	48	-207,125	43,82292	2867,553	28,08057	-4,726408	0,4607776
21	135	188,25	-53,25	-260,375	44,54808	2865,093	28,95471	-5,844809	0,5052776
22	167	187,125	-20,125	-280,5	42,80357	2689,373	27,7473	-6,553192	0,5277439
23	114	180,875	-66,875	-347,375	44,40833	2808,232	29,8083	-7,822293	0,5610636
24	162	167,875	-5,875	-353,25	42	2634,875	28,17194	-8,410714	0,5769241
25	152	168	-16	-369,25	40,47059	2494,941	27,13396	-9,12391	0,6027671
26	212	168	44	-325,25	40,66667	2463,889	26,77956	-7,997951	0,4972289
27	130	175,375	-45,375	-370,625	40,91447	2442,573	27,20715	-9,05853	0,5243104
28	194	162,75	31,25	-339,375	40,43125	2369,273	26,65221	-8,393878	0,4841555
29	228	158,25	69,75	-269,625	41,82738	2488,12	26,83982	-6,446136	0,3870389
30	208	169,875	38,125	-231,5	41,65909	2441,092	26,45298	-5,55701	0,3491337
31	189	175	14	-217,5	40,45652	2343,48	25,62491	-5,376142	0,3386633
32	217	184,375	32,625	-184,875	40,13021	2290,184	25,18365	-4,606879	0,303306
33		191,25							

CFE	-184,875
MAD	40,13021
MSE	2290,184
MAPE	25,18365
Trk.Signal	-4,606879
R-square	0,303306
	m=8

Tabla B. Pronóstico de Demanda por Promedio Móvil Simple. Fuente: WinQSB. Año 2012

4. Gráfica de resultados del modelo Promedio Móvil Simple

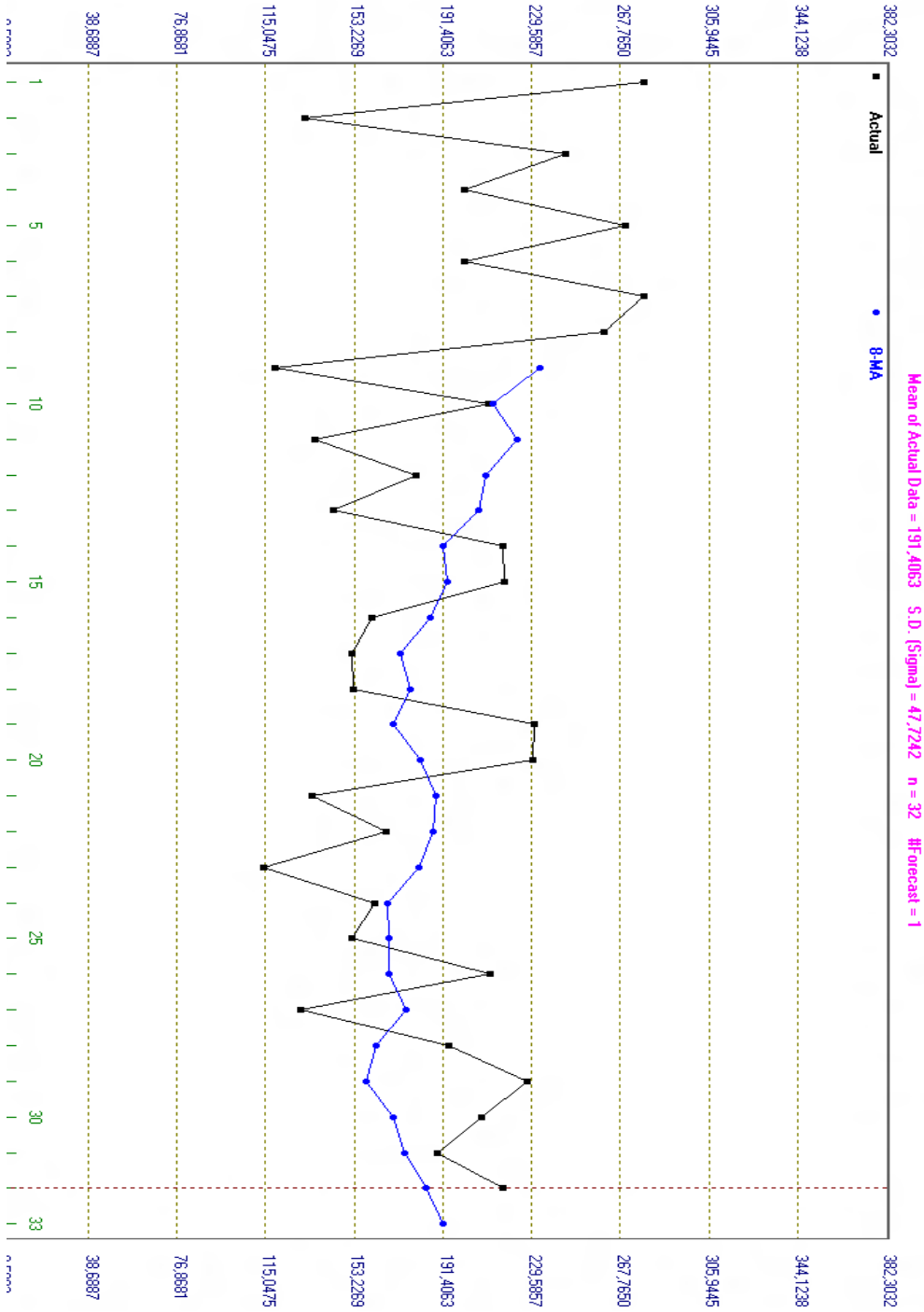


Gráfico B. Promedio Móvil Simple. Fuente: WinQSB. Año 2012.

5. Pronóstico de Demanda por Suavización Exponencial Simple.

08-08-2013 Mes	Actual Data	Forecast by DES	Forecast Error	CFE	MAD	MSE	MAPE (%)	Tracking Signal	R-square
1	119								
2	211	119	92	92	92	8464	43,60189	1	
3	136	126,7372	9,262802	101,2628	50,6314	4274,9	25,20639	2	
4	180	131,4165	48,58348	149,8463	49,94876	3636,718	25,8012	3	
5	144	137,8612	6,138763	155,985	38,99626	2736,96	20,41666	4	
6	217	141,6263	75,37372	231,3588	46,27175	3325,807	23,28021	5	
7	218	149,8632	68,13683	299,4956	49,91594	3545,277	24,60942	6	
8	161	159,7457	1,254303	300,7499	42,96427	3039,034	21,20508	7	
9	152	164,833	-12,83296	287,9169	39,19786	2679,74	19,60979	7,345221	
10	153	166,3182	-13,31821	274,5987	36,32234	2401,699	18,39811	7,56005	
11	231	165,9469	65,05315	339,6519	39,19542	2584,721	19,37445	8,6656	
12	230	171,2306	58,76938	398,4212	40,97487	2663,732	19,93604	9,72355	
13	135	178,8367	-43,83669	354,5845	41,21336	2601,892	20,98067	8,603631	0,9152988
14	167	178,9842	-11,98424	342,6003	38,96497	2412,794	19,91879	8,792521	0,8602886
15	114	178,0507	-64,05074	278,5496	40,75681	2533,487	22,50922	6,834431	0,545211
16	162	172,1935	-10,1935	268,3561	38,71925	2371,515	21,42809	6,930818	0,5180888
17	152	168,3836	-16,38359	251,9725	37,32327	2240,072	20,7625	6,751082	0,4733573
18	212	165,0852	46,91484	298,8873	37,88748	2237,774	20,84292	7,888815	0,5030682
19	130	167,368	-37,36795	261,5194	37,85862	2191,029	21,2819	6,907789	0,4068397
20	194	165,3761	28,62393	290,1433	37,37259	2118,834	20,93836	7,763533	0,4273736
21	228	166,7792	61,22076	351,3641	38,56499	2200,292	21,234	9,110959	0,4496158
22	208	172,6352	35,36476	386,7288	38,4126	2155,071	21,03249	10,06776	0,4744077
23	189	178,5614	10,43857	397,1674	37,14105	2062,066	20,32752	10,69349	0,4863836
24	217	182,4267	34,57329	431,7407	37,02941	2024,381	20,13643	11,6594	0,5100525
25		187,2828							
CFE		431,7407							
MAD		37,02941							
MSE		2024,381							
MAPE		20,13643							
Trk.Signal		11,6594							
R-square		0,5100525							
		Alpha=0,29							
		F(0)=119							
		F'(0)=119							

Tabla C. Pronóstico de Demanda por Suavización Exponencial Simple. Fuente: WinQSB. Año 2012

6. Gráfica de resultados Suavización Exponencial Simple.

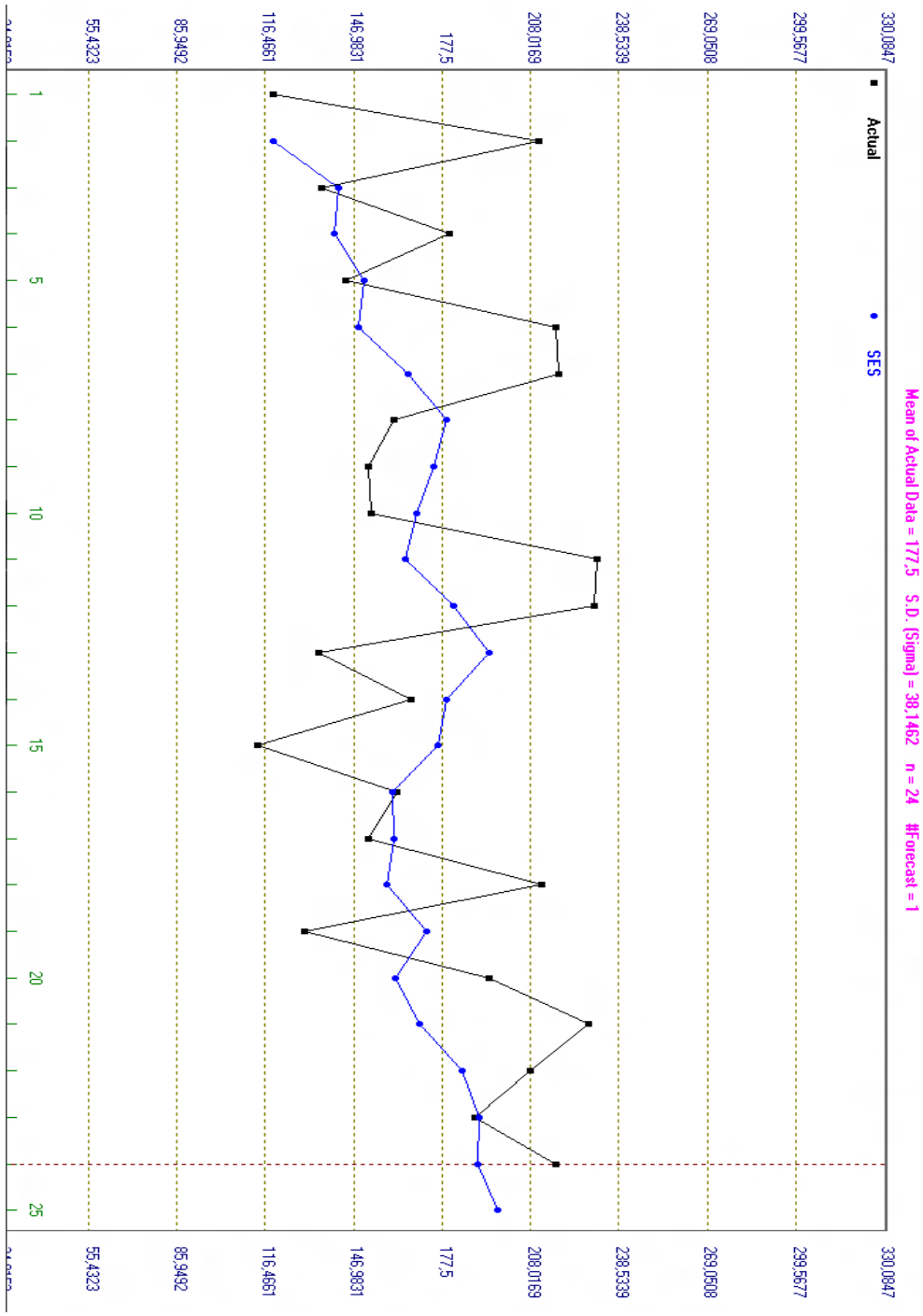


Gráfico C. Suavización Exponencial Simple. Fuente: WinQSB. Año 2012.

7. Pronóstico de Demanda por Suavización Exponencial Doble

08-08-2013 Mes	Actual Data	Forecast by DES	Forecast Error	CFE	MAD	MSE	MAPE (%)	Tracking Signal	R-square
1	119								
2	211	119	92	92	92	8464	43,60189	1	
3	136	126,7372	9,262802	101,2628	50,6314	4274,9	25,20639	2	
4	180	131,4165	48,58348	149,8463	49,94876	3636,718	25,8012	3	
5	144	137,8612	6,138763	155,985	38,99626	2736,96	20,41666	4	
6	217	141,6263	75,37372	231,3588	46,27175	3325,807	23,28021	5	
7	218	149,8632	68,13683	299,4956	49,91594	3545,277	24,60942	6	
8	161	159,7457	1,254303	300,7499	42,96427	3039,034	21,20508	7	
9	152	164,833	-12,83296	287,9169	39,19786	2679,74	19,60979	7,345221	
10	153	166,3182	-13,31821	274,5987	36,32234	2401,699	18,39811	7,56005	
11	231	165,9469	65,05315	339,6519	39,19542	2584,721	19,37445	8,6656	
12	230	171,2306	58,76938	398,4212	40,97487	2663,732	19,93604	9,72355	
13	135	178,8367	-43,83669	354,5845	41,21336	2601,892	20,98067	8,603631	0,9152988
14	167	178,9842	-11,98424	342,6003	38,96497	2412,794	19,91879	8,792521	0,8602886
15	114	178,0507	-64,05074	278,5496	40,75681	2533,487	22,50922	6,834431	0,545211
16	162	172,1935	-10,1935	268,3561	38,71925	2371,515	21,42809	6,930818	0,5180888
17	152	168,3836	-16,38359	251,9725	37,32327	2240,072	20,7625	6,751082	0,4733573
18	212	165,0852	46,91484	298,8873	37,88748	2237,774	20,84292	7,888815	0,5030682
19	130	167,368	-37,36795	261,5194	37,85862	2191,029	21,2819	6,907789	0,4068397
20	194	165,3761	28,62393	290,1433	37,37259	2118,834	20,93836	7,763533	0,4273736
21	228	166,7792	61,22076	351,3641	38,56499	2200,292	21,234	9,110959	0,4496158
22	208	172,6352	35,36476	386,7288	38,4126	2155,071	21,03249	10,06776	0,4744077
23	189	178,5614	10,43857	397,1674	37,14105	2062,066	20,32752	10,69349	0,4863836
24	217	182,4267	34,57329	431,7407	37,02941	2024,381	20,13643	11,6594	0,5100525
25		187,2828							
CFE		431,7407							
MAD		37,02941							
MSE		2024,381							
MAPE		20,13643							
Trk.Signal		11,6594							
R-square		0,5100525							
		Alpha=0,29							
		F(0)=119							
		F'(0)=119							

Tabla D. Pronóstico de Demanda por Suavización Exponencial Doble. Fuente: WinQSB. Año 2012.

8. Gráfica de resultados Suavización Exponencial Doble

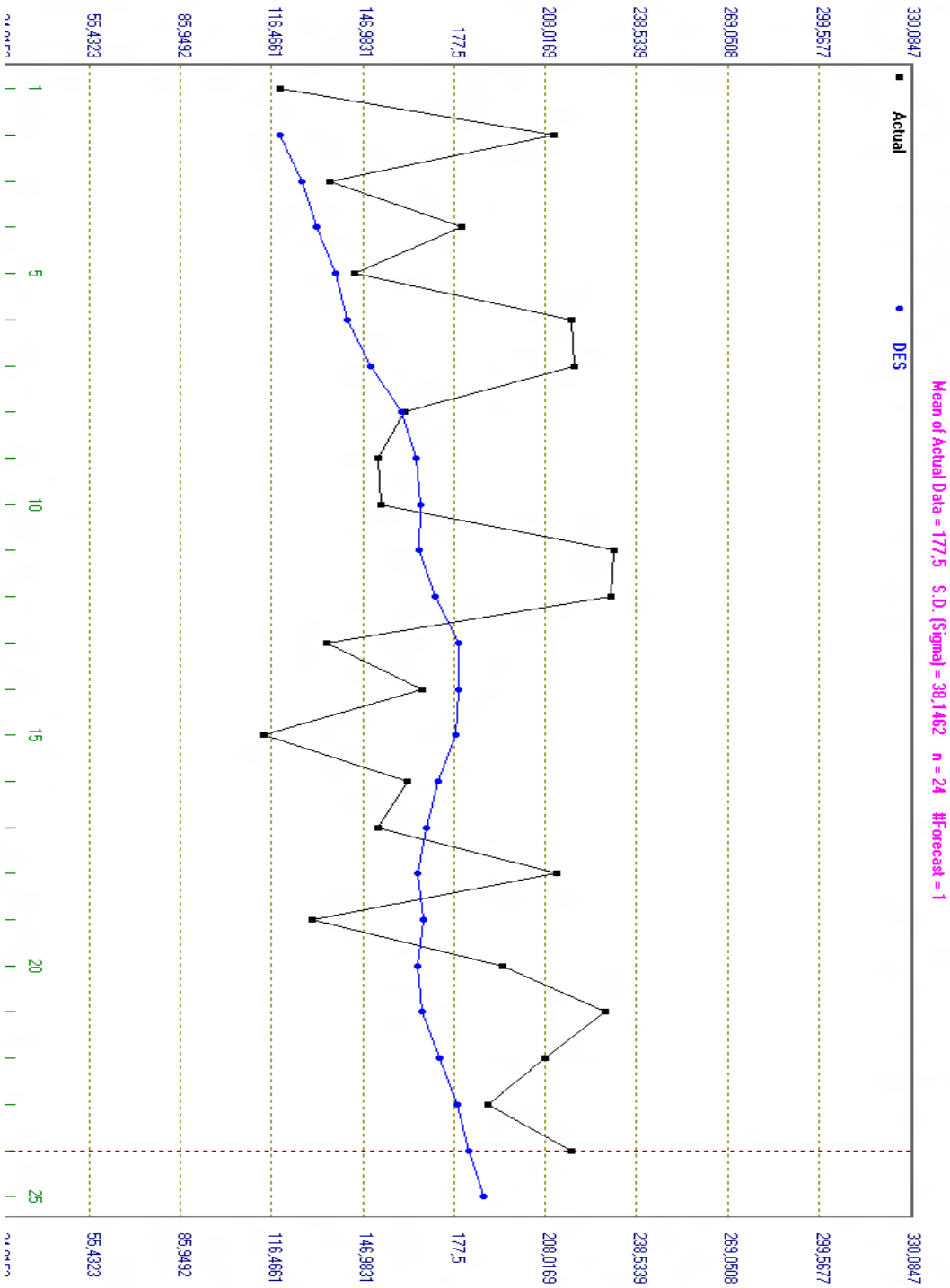


Gráfico D. Suavización Exponencial Doble. Fuente: WinQSB. Año 2012.

9. Tabla de Distribución Normal

k	$f_z(k)$	$p_z(k)$	$G_z(k)$	k
1.50	0.129518	0.066807	0.029307	1.50
1.51	0.127583	0.065522	0.028645	1.51
1.52	0.125665	0.064255	0.027996	1.52
1.53	0.123763	0.063008	0.027360	1.53
1.54	0.121878	0.061780	0.026736	1.54
1.55	0.120009	0.060571	0.026124	1.55
1.56	0.118157	0.059380	0.025525	1.56
1.57	0.116323	0.058208	0.024937	1.57
1.58	0.114505	0.057053	0.024360	1.58
1.59	0.112704	0.055917	0.023796	1.59
1.60	0.110921	0.054799	0.023242	1.60
1.61	0.109155	0.053699	0.022699	1.61
1.62	0.107406	0.052616	0.022168	1.62
1.63	0.105675	0.051551	0.021647	1.63
1.64	0.103961	0.050503	0.021137	1.64
1.65	0.102265	0.049471	0.020637	1.65
1.66	0.100586	0.048457	0.020147	1.66
1.67	0.098925	0.047460	0.019668	1.67
1.68	0.097282	0.046479	0.019198	1.68
1.69	0.095657	0.045514	0.018738	1.69
1.70	0.094049	0.044565	0.018288	1.70
1.71	0.092459	0.043633	0.017847	1.71
1.72	0.090887	0.042716	0.017415	1.72
1.73	0.089333	0.041815	0.016992	1.73
1.74	0.087796	0.040930	0.016579	1.74
1.75	0.086277	0.040059	0.016174	1.75
1.76	0.084776	0.039204	0.015777	1.76
1.77	0.083293	0.038364	0.015390	1.77
1.78	0.081828	0.037538	0.015010	1.78
1.79	0.080380	0.036727	0.014639	1.79
1.80	0.078950	0.035930	0.014276	1.80
1.81	0.077538	0.035148	0.013920	1.81
1.82	0.076143	0.034380	0.013573	1.82
1.83	0.074766	0.033625	0.013233	1.83
1.84	0.073407	0.032884	0.012900	1.84
1.85	0.072065	0.032157	0.012575	1.85
1.86	0.070740	0.031443	0.012257	1.86
1.87	0.069433	0.030742	0.011946	1.87
1.88	0.068144	0.030054	0.011642	1.88
1.89	0.066871	0.029379	0.011345	1.89
1.90	0.065616	0.028717	0.011054	1.90
1.91	0.064378	0.028067	0.010770	1.91
1.92	0.063157	0.027429	0.010493	1.92
1.93	0.061952	0.026803	0.010222	1.93
1.94	0.060765	0.026190	0.009957	1.94
1.95	0.059595	0.025588	0.009698	1.95
1.96	0.058441	0.024998	0.009445	1.96
1.97	0.057304	0.024419	0.009198	1.97
1.98	0.056183	0.023852	0.008957	1.98
1.99	0.055079	0.023295	0.008721	1.99
k	$f_z(k)$	$p_z(k)$	$G_z(k)$	k

Tabla F. Distribución Normal para k,f(z), Pz(k) y Gz(k). Fuente: Vidal Holguín, Carlos Julio. PLANEACIÓN, OPTIMIZACIÓN Y ADMINISTRACIÓN DE CADENAS DE ABASTECMIMIENTO. Escuela De Ingeniería industrial y estadística, Universidad del Valle, Santiago de Cali, Colombia. Año 2010.

10. Plan de Acción

ACUAVIVA Sociedad Anónima E.S.P.	PLAN DE ACCIÓN	PA - XX Inicio: DD/MM/AA Final: DD/MM/AA

- **Objetivo**

Cumplir de forma oportuna, con la instalación, cobertura y prestación del servicio de agua potable para los grandes planes de vivienda que se desarrollen en la ciudad de Palmira, mediante el alistamiento de todo el equipo y accesorios que permitan dar cumplimiento a dicho fin, garantizando una excelente percepción y generando satisfacción en los clientes.

- **Metas y Actividades por Dependencia**

El Plan de Acción que se presenta, consolida las metas, actividades y recursos asignados a cada una de las dependencias de Acuaviva S.A. E.S.P., para el cumplimiento de los objetivos de cada una de las políticas a su cargo y los compromisos establecidos en con la alcaldía y planeación municipal de la ciudad de Palmira, con el fin de generar prosperidad social, siguiendo el orden que se indica a continuación:

- **Convenios y Contrataciones de Planes de Vivienda:** Gerencia, Departamento Comercial y Departamento de Ventas.
- **Preparación y emisión de órdenes:** Departamento de Compras.
- **Recepción y devolución de pedido:** Departamento de Logística.
- **Calibración de Contadores:** Departamento de Tecnología de la Información.
- **Despacho de Contadores:** Departamento de Logística.
- **Instalación de Contadores:** Departamento de Recursos Humanos y Departamento Logística.

- **Pasos de la acción**

PASO	DESCRIPCIÓN	ENTRADAS	SALIDAS	RECURSOS
Notificación de planeación municipal	Recepción por parte de la empresa de la notificación firmada y autenticada por parte de planeación municipal sobre el desarrollo de un nuevo plan de vivienda en la ciudad, especificando el número de viviendas a ser construidas y localización del sector.	Documento de Notificación de Planeación Municipal	Socialización del tema a todos los departamentos de la empresa	
Identificación de la zona del plan de vivienda	Realizar un análisis de las condiciones del terreno en donde se instalaran los equipos para la prestación del servicio.	Proyecto de Vivienda	Observaciones por parte de los analistas del departamento de Logística	Revisión de ventajas y desventajas motradas en el POT
Análisis Financiero	Evaluar el proyecto de vivienda y destinar presupuesto por valor estimado según sea la magnitud de plan de vivienda, para garantizar la cobertura total del servicio.	Proyecto de Vivienda/ Observaciones por parte de los analistas del departamento de Logística/ ley 142 del 94 "De los instrumentos de medición del consumo"	Plan Presupuestal del Proyecto de Vivienda	Indicadores Financieros
Contactar Proveedores	Establecer contacto con los proveedores con anticipación al desarrollo del plan de vivienda para establecer el contrato de compra de medidores de agua potable, por la cantidad estipulada por el consorcio encargado del respectivo proyecto.	Proyecto de Vivienda	Contrato con Proveedores	PQR´S de los cliente frente al servicio de los contadores
Asegurar disponibilidad de Mano de Obra	Asegurar con anticipación, la mano de obra necesaria para cubrir con la instalación de todos los contadores.	Orden de Alistamiento del Servicio	Contratación de Mano de Obra	Plan de Contratación y Capacitación de Personal
Comprar los Medidores	Realizar la orden de compra teniendo en cuenta los tiempos de respuesta de los proveedores, con el fin de garantizar que en el momento que se haga entrega del proyecto de vivienda, la empresa esté lista para suministrar el servicio.	Contrato con Proveedores	Orden de Compra	Dinero/ Poder de Negociación
Recepción y Revisión de Medidores	Realizar la recepción y revisión de las condiciones con las que se reciben los medidores de los proveedores.	Orden de Compra/ Factura de Venta	Orden de Compra/ Entrada de Almacen	Técnicas de aleatoriedad en la revisión de inventario
Almacenamiento de Medidores	Los medidores se alistarán y almacenarán en bodega, a la espera de ser instalados.	Entrada de Almacen	Entrada de Almacen	Bodega de almacenamiento

- **Responsabilidad**

De acuerdo a las políticas de la empresa, la responsabilidad de este plan de acción tendrá dos niveles, los cuales son:

- **Primer Nivel:** Es responsabilidad del departamento de compras alistar la orden u órdenes de compra para los proveedores en el tiempo requerido y en las cantidades necesarias para cumplir con el proyecto de vivienda en proceso.

- **Segundo Nivel:** Una vez se emite la orden de compra y se confirma la compra de los medidores de agua, es responsabilidad del administrador de bodega, hacer la recepción, revisión y calibración de todos y cada uno de los contadores, para que estos queden listos, a la espera de ser instalados.

- **Calendario**

El Tiempo comprendido para realizar esta contingencia comienza a partir del momento en que la empresa recibe la notificación de un nuevo plan de vivienda y culmina con el alistamiento y calibración de los medidores de agua potable a disposición de ser instalados. Este lapso incluye el tiempo de espera que debe tomar la empresa una vez, emite una orden de pedido, hasta que este llega a sus instalaciones.

- **Recursos**

La disposición de recursos por parte de la empresa para cumplir con la necesidad, garantizando una buena prestación del servicio, se administrara de la siguiente manera:

- **Dinero:** Este factor depende del alcance del proyecto de vivienda a intervenir.

- **Tiempo:** El tiempo dispuesto para terminar la operación serán los próximos 6 meses después de que se realice la entrega del Plan de vivienda, en el cual la empresa dispondrá de la mano de obra pertinente 8 horas diarias, en 6 días semanales.

- **Plan de Comunicaciones:** Los métodos específicos para proporcionar la información requerida para rastrear el progreso dentro de cada paso son: Contacto directo y constante con planeación municipal, contractos de común acuerdo con los proveedores para el suministro de medidores, contabilización de los planes de vivienda, regulaciones de ley en materia de prestación de servicios públicos para planes de vivienda y PQR'S presentadas en proyectos anteriores.

- **Normatividad**

  - Ley 142 del año 1994 "De los instrumentos de medición del consumo", artículos 144 y 145.

ACUAVIVA Sociedad Anónima E.S.P.	PLAN DE ACCIÓN	PA - XX Inicio: DD/MM/AA Final: DD/MM/AA

- **Flujograma**

No.	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	RESPONSABLE	DOC. SOPORTE
1	Inicio			
2	Notificación de planeación municipal	Recepción por parte de la empresa de la notificación firmada y autenticada de planeación municipal sobre el desarrollo de un nuevo plan de vivienda en la ciudad.	Planeación Municipal	Documento de Notificación de Planeación Municipal
3	Identificación de la zona del plan de vivienda	Análisis de las condiciones del terreno en donde se instalaran los equipos para la prestación del servicio.	Planeación Municipal/ Gestión Logística	Proyecto de Vivienda
4	Realizar análisis financiero	Evaluar el proyecto de vivienda y destinar presupuesto por valor estimado según sea la magnitud de plan de vivienda, para garantizar la cobertura total del servicio.	Gestión Comercial/ Gestión de Ventas	Proyecto de Vivienda/ Observaciones por parte de los analistas del departamento de Logística/ ley 142 del 94 "De los instrumentos de medición del consumo"
5	Contactar Proveedores	Establecer contacto con los proveedores con anticipación al desarrollo del plan de vivienda para establecer el contrato de compra de medidores de agua potable, por la cantidad estipulada por el consorcio encargado del respectivo proyecto.	Gestión Comercial/ Gestión Logística	Proyecto de Vivienda
6	Asegurar disponibilidad de Mano de Obra	contratación y capacitación de la mano de obra necesaria para cubrir con la instalación de todos los contadores.	Gestión Humana/ Gestión Logística	Plan de Contratación y Capacitación de Personal/ Contratos
7	Comprar Medidores	Elaborar la orden de compra teniendo en cuenta los tiempos de respuesta de los proveedores.	Gestión de Compras	Orden de Compra
8	Recepcionar y revisar medidores	Realizar la recepción y revisión de las condiciones con las que se reciben los medidores de los proveedores.	Gestión Logística	Orden de Compra/ Entrada de Almacen
9	Almacenar medidores	Los medidores se alistarán y almacenarán en bodega, a la espera de ser instalados.	Gestión Logística	Entrada de Almacen
10	Fin			