



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO



Facultad de Ingeniería

Análisis y evaluación de una política de inventario para reducir los costos de aprovisionamiento de una MiPyME de servicios dentales

TRABAJO TERMINAL DE GRADO

Que para obtener el Grado de

Maestra en Ingeniería de la Cadena de Suministro

Presenta:

Ing. Beatriz Edith Gutiérrez Baltazar

Tutor Académico: M. en I. José Concepción López Rivera

Tutor externo: M. en I. Sergio Vázquez Aranda

Toluca, México. Enero de 2019

Dedicatoria

A mi familia por todo el apoyo que me han mostrado

Agradecimiento

Al Mtro. Sergio Vázquez Aranda, por todos los conocimientos compartidos, al Mtro. José Concepción López Rivera por el apoyo

Contenido

Resumen.....	5
Abstract	6
Introducción	7
Planteamiento del problema	7
Justificación	8
Hipótesis.....	8
Objetivo general.....	8
Objetivos específicos.....	9
Alcances y limitaciones	9
Metodología.....	9
Capítulo 1. Marco Teórico	11
1.1 Definición de empresa	11
1.2 Definición de MiPyME.....	11
1.2.1 Clasificación y diferencias de las empresas.....	11
1.2.2 Ventajas de las MiPyME	14
1.2.3 Desventajas de las MiPyME.....	14
1.3 MiPyME de servicios de salud en México	15
1.3.1 Edad de las unidades económicas en servicios	16
1.4 Cadena de suministro.....	17
1.4.1 Cadena de valor y de suministro	17
1.4.2 Objetivos de una cadena de valor	18
1.4.3 Definición de la cadena de suministro del sector salud.....	18
1.4.4 Desafíos para desarrollar una estrategia de la administración de la cadena de suministro eficaz.	23
1.4.5 Diseño y gestión de la cadena de suministro de la salud.....	25
1.5 Inventarios.....	28
1.5.1 Rol en la cadena de suministro	28

1.5.2	Definición de análisis ABC	30
1.5.3	Definición de análisis VED	30
1.5.4	Modelo general de inventario.....	30
1.5.5	Modelo de cantidad económica de pedido EOQ	31
1.5.6	Modelos de descuento por cantidad	33
Capítulo 2.	Estado del arte	34
2.1	Gestión del inventario.....	34
2.2	Cadena de suministro en servicios de salud	35
2.3	Inventario en servicios de salud.....	36
2.4	Análisis ABC en servicios de salud.....	38
2.5	Análisis VED.....	41
2.6	Justo a tiempo en servicios de salud.....	41
Capítulo 3.	Definición del caso de estudio	43
3.1	Clínicas dentales.....	43
3.2	Caso de estudio	43
3.2	Obtención de datos.....	45
Capítulo 4.	Inventario	47
4.1	Análisis ABC en la MiPyME.....	47
4.2	Análisis VED.....	48
4.3	Análisis ABC-VED	49
4.4	Modelo EOQ.....	53
4.5	Modelo EOQ con descuentos por cantidad	54
Capítulo 5.	Resultados	57
	Conclusiones	58
	Recomendaciones	59
	Trabajos futuros	60
	Bibliografía	61
	Anexos.....	66

Anexo 1.	Pronóstico de la demanda de los materiales	66
Anexo 2.	Reporte ABC	81
Anexo 3.	Análisis ABC – VED.....	83
Anexo 4.	Categorías de los materiales dentales	85
Anexo 5.	Pronóstico de demanda.....	87
Anexo 6.	Pronóstico de costo total del año 2018	89
Anexo 7.	Piezas a comprar en el pedido con el modelo EOQ	91
Anexo 8.	Piezas a comprar en el pedido con el modelo EOQ con descuento por cantidad	93
Anexo 9.	Piezas a comprar en el pedido con el modelo EOQ en el año 2017.....	95
Anexo 10.	Piezas a comprar en el pedido con el modelo EOQ con descuento por cantidad en el año 2017	97

Resumen

La cadena de suministro es importante en cualquier sector productivo, en el área de la salud también es un punto clave en especial el inventario. La clínica dental con la cual se trabaja tiene su política de inventario de manera empírica por lo cual se busca realizarlo de manera cuantitativa.

Los modelos de inventario que se estudian son el EOQ y el EOQ con descuento por cantidad para poder definir cuál es la mejor opción, a partir de ello se define la política de inventario la cual debe implicar cuántas veces al año comprar, el número de materiales a comprar y el gasto en cada compra.

El análisis ABC permite identificar los materiales que necesitan un mejor control ya que depende de la demanda y del costo, en el caso del análisis VED es necesario realizar una entrevista con los dentistas que laboran en la clínica para que ellos decidan que materiales son vitales, esenciales y deseables.

El resultado indica que la opción viable para tener un ahorro es el modelo EOQ con descuento por cantidad.

Las herramientas de gestión de inventario que se presentan en este trabajo (análisis ABC, ABC-VED) deben aplicarse de manera constante ya que es un mercado cambiante en cuanto al costo de los materiales o las modas en los tratamientos.

Abstract

The supply chain is important in any productive sector; in healthcare the key is the inventory. The dental care clinic that which it works has an empirical inventory, however, the research looking for a quantitative tool to works better.

The inventory model that is studied is EOQ and EOQ with discount by quantity to be able to define which is the best option from this the inventory policy is defined which must imply how many times a year to buy, the number of materials to buy and spend on each purchase.

The ABC analysis allows to identify the materials that need better control since it depends on the demand and the cost, in the case of the VED analysis it is necessary to carry out an interview with the dentists who work in the clinic so they can decide which materials are vital, essential and desirable.

The result indicates that viable option to have a saving is the EOQ model with quantity discount.

The inventory management tools presented in this work (ABC analysis, ABC-VED) should be applied constantly as it is a changing market in terms of the cost of materials or fashions in the treatments.

Introducción

En México las MiPyME representan un motor para el desarrollo del país, las MiPyME de servicios de salud también aportan al producto interno bruto (PIB) del país, sin embargo, tienen un enorme desafío en mantenerse dentro del mercado, por eso cada herramienta que ayude a disminuir costos e incrementar su productividad es bien recibida por las personas que trabajan en este tipo de empresas.

Para las MiPyME de servicios de salud no existen metodologías específicas acordes a sus necesidades ya que las que existen son desarrolladas y aplicadas para otro tipo de empresas. En este estudio se muestra la aplicación de algunas metodologías en el giro de servicios de salud.

Los costos de atención médica han aumentado debido al envejecimiento de la población y a los tratamientos más sofisticados. Al mismo tiempo, los pacientes esperan una atención de alta calidad a costos más bajos. Por lo tanto, la contención de costos en la atención médica se ha convertido en un problema importante para los servicios de salud. Para reducir el gasto innecesario, los hospitales han recurrido a intervenciones originadas en la industria manufacturera, por ejemplo, *Lean manufacturing*, *six sigma*, *gestión de la calidad total* y *reingeniería de procesos de negocio* [1].

Planteamiento del problema

Cada MiPyME de servicios de salud tiene características específicas, por lo tanto, el estudio del inventario requiere de una especial atención. La búsqueda de herramientas que permitan a este tipo de empresas mantenerse en el mercado lleva a desarrollar modelos de inventario, análisis de apertura de nuevas sucursales (en caso de que se requiera) o cambiar de proveedores.

Para la MiPyME con la cual se trabaja se requiere encontrar un modelo de inventario que permita tomar las decisiones adecuadas de cuándo es necesario comprar de cada material y la cantidad a comprar. Existen modelos de inventarios de almacén en hospitales, pero ninguno que se aplique directamente a una clínica dental. La aplicación de un modelo de inventario en una MiPyME de servicio de salud que le permita reducir costos y el modelo de inventario que se propone cumple con las necesidades de la clínica dental ya que actualmente se lleva a cabo de manera empírica.

Justificación

Para las MiPyME de servicios de salud existe poca bibliografía referente a la cadena de suministro, en especial en las clínicas dentales. De acuerdo con cifras del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), en México, la esperanza de vida promedio de una empresa emergente es de 7.8 años, por lo que es poco probable que llegue a consolidarse en el mercado nacional [2].

El interés en diseñar un modelo de inventario para una clínica dental, es ayudar a que mejore la rentabilidad de la misma, minimizando el costo en el inventario. Por otro lado, crear un precedente para este tipo de MiPyME ya que los estudios se enfocan al sector de metal – mecánica, telecomunicaciones, eléctrica, electrónica, pero no hacia los servicios de salud.

Para una MiPyME es primordial la aplicación de modelos matemáticos ya que su vida depende de estos estudios para poder seguir en un mercado que cada día se hace más competitivo. Requiere aplicar metodologías que están en otros sectores y adoptarlas para este sector que todavía está iniciando en la parte de diseño y aplicación de modelos matemáticos. Como ejemplos:

- El pronóstico de la demanda facilita el cumplimiento de los suministros de forma periódica y la disminución de inventarios.
- El pronóstico de la oferta permite identificar la capacidad de la clínica y la vida útil de los servicios y de los activos con los que se opera.
- Por consiguiente, con la mejora en la cadena de suministro, se tendrán mayores ingresos y una diferenciación con los consultorios y clínicas dentales que se ubican en la región de Lerma y Toluca.

Hipótesis

Aplicar un modelo de inventario para una MiPyME de servicios de salud permitirá generar ahorros en el aprovisionamiento.

Objetivo general

Aplicar modelos matemáticos de inventarios para generar una política en este aspecto, que permitan una mejora de servicio y costos en una MiPyME de servicios de salud y así obtener un mejor rendimiento y utilidades.

Objetivos específicos

- Realizar el análisis ABC-VED de los materiales utilizados en la MiPyME de servicios de salud.
- Realizar el pronóstico de demanda para el año 2018
- Generar una política de inventarios que permita saber cuándo y cuánto se tiene que pedir de los materiales, con base en los modelos EOQ y EOQ con descuento por cantidad.

Alcances y limitaciones

La aplicación del modelo de inventario se efectuará en una clínica dental que se encuentra ubicada en el municipio de Ocoyoacac, Estado de México, y tiene más de diez años ofreciendo servicio.

Los datos de demanda son de los años 2013 al 2017 y el pronóstico es para el año 2018.

Metodología

Para lograr los objetivos anteriores se abordarán las siguientes tareas:

- Recolectar datos de los años 2013 al 2017 sobre los tratamientos que se realizaron y del inventario que se manejó.
- Realizar el pronóstico de demanda basándose en comparaciones entre promedios móviles, lineales y exponenciales.
- Investigar los datos necesarios para el análisis ABC (costo de cada material, frecuencia de uso).
- Realizar una entrevista a los cirujanos dentistas interesados para conocer su opinión sobre los materiales que más utilizan, ya que es necesaria para realizar el análisis VED.
- Aplicar el análisis ABC-VED
- Aplicar dos modelos de inventarios (modelo matemático de inventario EOQ y matemático de inventario EOQ con descuento por cantidad) y comparar para determinar cuál conviene aplicar.

El contenido de este trabajo de investigación se divide en cinco capítulos, que se describen a continuación:

En el capítulo 1 se define lo que es una empresa y una MiPyME, su aportación económica al país, así como los empleos que absorben en comparación con otro tipo de empresas. Se menciona

también, cómo es la clasificación de las micro, pequeñas y medianas empresas ya que depende del número de empleados y de la aportación económica anual y las condiciones con las que se enfrentan este tipo de empresas.

Al ser una MiPyME también cuenta con una cadena de suministro, por lo cual se define y se describe la cadena de suministro propia de los servicios de salud.

En el capítulo 2 se presentan investigaciones relacionadas con la cadena de suministro en los servicios de salud, cómo es y cómo apoya a este sector. El inventario es una parte esencial de la cadena de suministro, ya que se necesita saber cuándo, cómo y en qué cantidad hay que comprar todos los insumos necesarios para poder dar el servicio, sin embargo, para poder aplicar un modelo es necesario conocer el comportamiento de los insumos (costos y demanda) y la importancia de cada uno de ellos, y para ello se describe el análisis ABC y VED.

En el capítulo 3 se define el caso de estudio, analizando la MiPyME a estudiar, en qué condición se encuentra (registros de venta, de demanda, los materiales utilizados, cómo es la forma de compra de los materiales, la frecuencia con la que se compra, etc.), la forma en que se obtienen los datos para poder trabajar, la flexibilidad para poder revisar los expedientes y así aplicar las metodologías correspondientes.

En el capítulo 4 se explican el análisis ABC, el análisis VED, el análisis ABC-VED que se aplican a los materiales utilizados en los diferentes tratamientos que se realizan en la MiPyME, lo anterior para poder conocer el comportamiento de los materiales, el ABC para conocer qué materiales representan el mayor gasto de compra y que materiales representan la mayor cantidad de volumen dentro del almacén. Posteriormente se aplican dos modelos de inventario, el primero es Cantidad Económica de Pedido (Economic Order Quantity, EOQ) y el segundo Cantidad Económica de Pedido (EOQ) con descuento por cantidad.

Por último, en el capítulo 5 se presentan los resultados obtenidos en la comparación de los modelos EOQ y EOQ con descuento por cantidad, la descripción del análisis ABC y VED, las conclusiones obtenidas, las recomendaciones y los trabajos futuros.

Capítulo 1. Marco Teórico

En este capítulo se definen los conceptos de Micro Pequeña y Mediana Empresa (MiPyME), su contexto actual, cadena de suministro y la importancia en los servicios de salud y el inventario como pieza clave en la gestión de la cadena de suministro.

1.1 Definición de empresa

El concepto de empresa se puede ver desde distintas perspectivas, tanto administrativas y económicas como sociales, pero para fines de comercio y en base a varias definiciones se puede describir de la siguiente manera: “Unidad económico-social, con fines de lucro, en la que el capital, el trabajo y la dirección se coordinan para realizar un producto, servicio o comercialización para cubrir o crear una necesidad de acuerdo con las exigencias del mercado meta” [3].

1.2 Definición de MiPyME

A escala mundial se reconoce que las micro, pequeñas y medianas empresas (MiPyME) tienen una relevancia socioeconómica muy importante. De acuerdo con el INEGI, en casi todos los países del mundo, más de 90% de las empresas son micro, pequeñas o medianas. Ya sea por su capacidad de generar empleos o por su participación en el crecimiento económico, este estrato de empresas se ha ganado un espacio en el debate internacional y en la captación de recursos y apoyos gubernamentales para su fomento [4].

1.2.1 Clasificación y diferencias de las empresas

Los criterios para clasificar las empresas de acuerdo con su tamaño varían entre los países. Sin embargo, es una usanza tradicional emplear la cantidad de trabajadores como el principal criterio de estratificación y se utiliza el total de ventas, ingresos y/o activos fijos al año como un criterio complementario. En México, a partir de 1985 es la Secretaría de Economía la encargada de establecer de manera oficial los criterios de clasificación, así como el marco normativo y regulatorio de las MiPyME. Actualmente, basándose en el Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte (SCIAN), la estratificación de las empresas de acuerdo con su tamaño se realiza tomando en cuenta las características de la economía mexicana y, a su vez, se cumple la posibilidad de realizar comparaciones con Canadá y Estados Unidos. Los criterios actuales fueron publicados en el Diario Oficial de la Federación el 30 de junio de 2009 y se presentan en la Tabla 1.1 [4].

Tabla 1.1 Definición de empresas según estrato. Fuente [4]

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

El Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), el Instituto Nacional del Emprendedor (INADEM) y el Banco Nacional de Comercio Exterior (BANCOMEXT), presentan la Encuesta Nacional sobre Productividad y Competitividad de las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas (ENAPROCE) 2015. En la Tabla 1.2 se observa el porcentaje de participación de la MiPyME así como de personal que trabaja en ellas [5].

Tabla 1.2 Número de empresas por tamaño y personal ocupado. Fuente [5]

Tamaño	Empresas		Personal ocupado
	Número	Participación (%)	Participación (%)
Micro	3 952 422	97.6	75.4
Pequeña	79 367	2.0	13.5
Mediana	16 754	0.4	11.1
Total	4 048 543	100.0	100.0

También respecto a las empresas consideradas en esta encuesta, 12.6% imparte capacitación a su personal. De ellas, 73.7% de las empresas medianas y 55.8% de las unidades pequeñas, destinan tiempo y recursos para capacitación, en tanto que, de las microempresas, sólo 11.5% capacita a su personal.

Por otra parte, 43.6% de las empresas medianas, además de aplicar las medidas de solución ante problemas que se presentan en el proceso de producción, también instrumentan procesos de mejora continua para evitar futuras eventualidades. Estas acciones se realizan en un 30.8% en las pequeñas empresas y en un 9.8% en las microempresas.

Durante 2015, el 14.3% de las empresas declaran conocer al menos uno de los programas de promoción y apoyo del Gobierno Federal. De ese total, el mayor porcentaje conoce la Red de Apoyo al Emprendedor, alcanzando el 61.1%, seguido por el programa Crezcamos juntos con el 42.6%, así como otros programas del INADEM con el 39.4 por ciento [5].

El Centro de Negocios Whole Service for Business, S.A. de C.V. (WSFB), calcula que aproximadamente de los 4 millones de micro, pequeñas y medianas empresas de los sectores industrial, comercial y de servicios se encuentran principalmente en las siguientes condicionantes:

- El 65% de las MIPYME en México son de carácter familiar, lo cual limita el crecimiento e incremento del capital social.
- Más de 80% no cuenta con algún tipo de certificación, por los altos costos respecto a modificaciones que esto implica.
- Cerca de 50% no utiliza técnicas en calidad o productividad, muchos procesos productivos aún son realizados de manera artesanal.
- Sólo 24 % maneja alguna licencia o patente, las demás se encuentran en el sector informal.
- El 83% no realiza actividad alguna para consolidar su presencia en el exterior, debido al desconocimiento de cómo realizar el proceso de exportación o falta de financiamiento.

Dentro del sector manufacturero se destaca que el 35% de los negocios no realizaron ninguna inversión en absoluto [3].

1.2.2 Ventajas de las MiPyME

Las MiPyME poseen ventajas esenciales en la economía actual, por ejemplo, dinamismo, agilidad, apertura a la innovación; que les permiten adaptarse más fácilmente a las condiciones del mercado. Sus ventajas principales son las siguientes:

- Generan alto volumen de empleo.
- Rapidez de respuesta a los cambios en el entorno.
- Favorecen el desarrollo interregional, descentralizado y potencian las economías regionales.
- Flexibilidad de estructuras, que favorecen adaptaciones inmediatas a los mercados.
- Proporcionan oportunidades de inversión a corto plazo.
- Son escuela de formación de empresarios.
- Simplicidad de organización, que facilita la integración y comunicación entre las áreas funcionales, y entre la empresa y su entorno.
- Actúan como amortiguadores en las crisis coyunturales, debido a su menor coste de capital y su mayor flexibilidad.
- Facilitan la identificación del personal con la cultura de la empresa.
- Permiten un mejor aprovechamiento de las capacidades creativas del personal.
- Menores costes de inversión [6].

1.2.3 Desventajas de las MiPyME

El Centro de Estudios Industriales de CONCAMIN señaló los siguientes factores que afectan la estructura de los costos de las MiPyME:

- Baja eficiencia en la mano de obra.
- Desactualización de la tecnología, maquinaria y equipo.
- Altos costos en el mantenimiento y reparación de la maquinaria.
- Baja eficiencia de la mano de obra indirecta.
- Variedad excesiva de productos [7].

En gran medida las desventajas que aquejan a las empresas mexicanas son consecuencias de la globalización, que cada día les toma la delantera y les resta competitividad, dejando a la economía nacional vulnerable, es por esa razón que las MiPyME deben entrar al proceso de globalización, pero para ello necesitan ciertas estrategias y lineamientos para poder desenvolverse adecuadamente. La globalización abarca otros aspectos tanto culturales como

políticos y ambientales, también proporciona la oportunidad de mejorar las condiciones de acceso a mercados que anteriormente se hallaban más separados [3].

1.3 MiPyME de servicios de salud en México

El INEGI presenta un estudio detallado del sector salud, como parte de los productos del Sistema de Cuentas Nacionales de México (SCNM), la Cuenta Satélite del Sector Salud de México (CSSSM) que comprende el conjunto de bienes y servicios dedicados a la prevención, rehabilitación y mantenimiento de la salud.

Es un estudio integrado y detallado del sector, desde el punto de vista de la oferta y la demanda de los bienes y servicios, generando agregados macroeconómicos e indicadores específicos que facilitan el análisis económico del sector, así como la toma de decisiones en el campo de la salud humana [8]. Véase la Tabla 1.3 en donde se puede observar el porcentaje que representa el sector salud en el producto interno bruto.

Tabla 1.3 PIB del sector salud en el 2014 equivalente a 5.3% de la economía nacional. Fuente [8]

Concepto	2014 (Millones de pesos y porcentajes)
PIB ampliado del sector salud	907,774
PIB ampliado del sector salud respecto al PIB nacional	5.3%
PIB de actividades económicas del sector salud	733,355
PIB de actividades económicas del sector salud respecto al PIB nacional	4.3%
Impuestos a los productos netos de subsidios del sector salud	0.02%
Servicios médicos de atención ambulatoria	0.9%
Servicios hospitalarios	1.2%
Centros y residencias para el cuidado de la salud	0.01%
Actividades auxiliares del cuidado de la salud	0.1%
Administración de la salud pública	0.5%
Fabricación de bienes para el cuidado de la salud	0.5%
Bienes y servicios conexos	1.1%
Valor de trabajo no remunerado en cuidados de salud	174,419
Valor con respecto al PIB nacional	1.0%

De acuerdo con la mini monografía, *Micro, pequeña, mediana y gran empresa, Censos económicos 2014* del INEGI, los servicios son todas las actividades económicas que tienen por objeto la satisfacción de las necesidades a terceros, ya sea con carácter mercantil, profesional, social o cultural.

Las unidades económicas de servicios representaron 38.7% del total nacional. El personal ocupado total representó 38.0% y la producción bruta total fue de 22.8 por ciento. En lo que respecta al tamaño de las unidades del sector, de 1 637 362 unidades económicas de Servicios que se registraron en los Censos Económicos 2014, 95.3% fueron microempresas que emplearon 43.1% del personal ocupado total en este sector cuya producción bruta total fue de 22.4 por ciento como se puede apreciar en la Figura 1.1 [9].

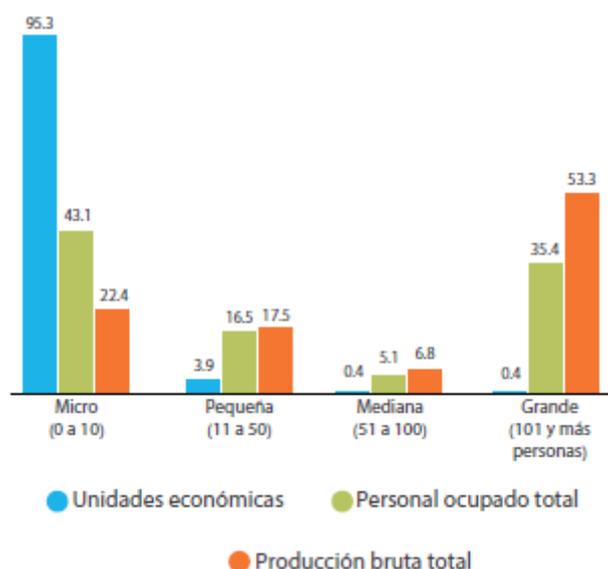


Figura 1.1 Importancia de los servicios según variables seleccionadas, 2013. Fuente [9]

Sin embargo, en el caso de los establecimientos grandes, representaron 0.4% del total de los servicios, y registraron 53.3% de producción bruta total.

1.3.1 Edad de las unidades económicas en servicios

En el apartado de servicios se observa que, en las unidades económicas de reciente creación, destacan las unidades que ocuparon hasta 10 personas (31.5%); esta participación disminuye gradualmente en los siguientes estratos, llegando a ser de 4.5% en la empresa grande, como se puede observar en la Figura 1.2 [9].

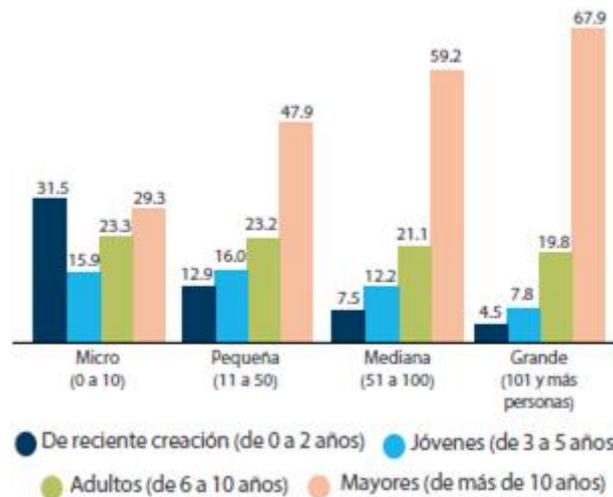


Figura 1.2 Servicios Edad de las unidades económicas, 2013. Fuente [9]

1.4 Cadena de suministro

En la industria, el término cadena de suministro suele utilizarse con mayor frecuencia que la cadena de valor. Una cadena de suministro es una red virtual "que facilita el movimiento de un producto desde su punto más temprano de la producción, a través del empaquetado y de la distribución, y en última instancia hasta el punto de consumo" [10].

La cadena de suministro es, por lo tanto, el camino recorrido por el producto; cada parada a lo largo de camino define un enlace en la cadena de suministro. Las redes de la cadena de suministro pueden funcionar tanto para (1) "empujar" productos a través de la cadena utilizando fuerzas de ventas y campañas, como para (2) "jalar" productos a través de la cadena con el fin de reponer los inventarios de los minoristas y satisfacer la demanda de los clientes. En el modelo anterior, los fabricantes promovían y vendían tanto producto como pudieran hacerlo a los clientes.

En años recientes la forma de trabajo es que los clientes demandan productos del eslabón precedente en la cadena; esos vendedores entonces son los responsables de gestionar los inventarios del cliente [10].

1.4.1 Cadena de valor y de suministro

La tesis de Michael Porter es que las organizaciones deben analizar cada actividad en su cadena de valor y evaluar si tienen una ventaja competitiva real en la actividad. Si no lo hacen, continúa el argumento, entonces quizás deberían considerar la posibilidad de subcontratar esa actividad a un socio que pueda proporcionar esa ventaja de costo o valor.

Si bien a menudo hay una fuerte lógica económica que apuntala la decisión de subcontratar actividades que previamente se hayan realizado internamente, estas decisiones pueden aumentar la complejidad de la cadena de suministro.

El efecto de la subcontratación es extender la cadena de valor más allá de los límites del negocio. En otras palabras, la cadena de suministro se convierte en la cadena de valor. El valor (y el costo) no solo lo crea la empresa focal en una red, sino todas las entidades que se conectan entre sí. Esta "empresa extendida", como algunos la han denominado, se convierte en el vehículo a través del cual se gana, o se pierde, una ventaja competitiva [11].

1.4.2 Objetivos de una cadena de valor

En las empresas que se dedican a las relaciones comerciales, se trata de una cadena de valor con varios objetivos teóricos:

- Optimizar las actividades generales de las empresas para crear paquetes de bienes y servicios.
- Gestionar y coordinar toda la cadena desde los proveedores de materiales a los clientes finales, en lugar de centrarse en maximizar los intereses de un sólo eslabón.
- Desarrollar cadenas altamente competitivas y generar resultados para todas las empresas involucradas.
- Establecer un enfoque de portafolios para trabajar con proveedores y clientes; es decir, lograr que los jugadores trabajen más estrechamente y establecer la Infraestructura de procesos y tecnología de la información (TI) necesarias para respaldar las relaciones [10].

1.4.3 Definición de la cadena de suministro del sector salud

De acuerdo con el estudio realizado por el equipo de investigación de la Escuela Wharton, en los servicios de salud, como se puede ver en la Figura 1.3 hay cinco grandes objetivos en la cadena de valor:

1. Perfilar los principales segmentos de la cadena de valor del cuidado de la salud y algunos de los actores clave dentro de ellos, sus recursos y capacidades, y su historia reciente;
2. Documentar el funcionamiento actual de la cadena de valor;
3. Identificar y analizar las cuestiones estratégicas y competitivas enfrentando a los tres actores principales;
4. Evaluar el impacto del comercio electrónico en la cadena de valor; y
5. Evaluar las perspectivas futuras de las asociaciones y mejorar eficiencias entre los actores de la cadena de valor [10].



Figura 1.3 Cadena de valor de servicios de salud. Fuente [10]

A mediados de la década de 1990, la *Efficient Healthcare Consumer Response* (EHCR, por sus siglas en inglés) realizó su propio estudio de la cadena de suministro [12]. Descubrieron que las ineficiencias de la cadena de abastecimiento de atención de la salud aportaron \$ 11 mil millones (o 48%) de los costos anuales totales de \$ 23 mil millones. Su informe describía que la cadena de suministro de atención de la salud se centraba en los distribuidores, lo que resultaba en poco contacto entre los fabricantes y los gerentes de materiales hospitalarios [13].

Los factores que están impulsando la llamada para la eficiencia en la cadena de suministro de atención de salud se basan en el sentido comercial común. A continuación, se describen algunos de los principales controladores de esta cadena [13]:

- 1) Ineficiencias de la cadena de suministro. Como se mencionó anteriormente, según el estudio de la *Efficient Health Care Consumer Response* (EHCR), aproximadamente \$ 23 mil millones se gastan anualmente en la cadena de abastecimiento de salud de los Estados Unidos. Racionalizar el proceso de pedidos y reducir el número de relaciones con los proveedores puede eliminar aproximadamente \$ 11 mil millones en costos.
- 2) Gestión de competencias básicas. Una cadena de suministro eficiente libera tiempo para que los profesionales del cuidado de la salud se concentren en su competencia básica de brindar atención de calidad al paciente.
- 3) Compras basadas en Internet. Esto permite la consolidación de proveedores, la reducción de los costos de pedido y una plataforma común de compras para redes hospitalarias.
- 4) Normas comunes de datos. Adoptar y promover estándares uniformes de datos de la industria para las transacciones de la cadena de suministro a través de Internet.
- 5) Estandarización de compras de productos en la cadena de suministro. Las estandarizaciones de los proveedores de un hospital impactan en:
 - Compras por volumen,

- Pedidos y seguimientos,
 - Espacio de almacenamiento,
 - Asignación de recursos, y
 - Economías de escala a través del poder adquisitivo del grupo
- 6) El proceso integrado de la cadena de suministro: cuestiones clave y oportunidades. Ahora hay una mayor conciencia en la industria de la atención de la salud de que hay beneficios significativos a través de una gestión eficiente de la cadena de suministro de atención de la salud, cuyos procesos incurren en costos evitables en las siguientes áreas:
- Transporte de una planta de producción a un centro de distribución regional;
 - Operaciones de centros de distribución;
 - Fletes de salida;
 - Operaciones de recepción y almacenamiento del distribuidor al por mayor;
 - Margen comercial del distribuidor mayorista para procesamiento de información y servicio al cliente;
 - Transporte al proveedor de cuidado;
 - Inventario.

Los procesos integrados de la cadena de suministro transformarían esta serie de actividades desiguales en procesos racionalizados y rentables caracterizados por una estandarización, integración y colocación de servicios óptimas. Con el fin de integrar con éxito los procesos de la cadena de suministro, cinco áreas de gestión de la cadena de suministro deben cumplirse o superarse, según los resultados del estudio publicado por *Pricewaterhouse Coopers* [13] y resumidos en la Tabla 1.4.

Tabla 1.4 Aplicaciones de administración de la cadena de suministro y ahorro potencial para la atención médica en los EE. UU., 2000 (como % del costo de adquisición). Fuente [13]

Área de administración de la cadena de suministro	Potenciales beneficiarios	Porcentaje de costo adquirido
Administración de la demanda	Minimizar duplicados, sistema de planeación, orden en la demanda (guías clínicas, etc.)	2% al 4%
Administración de la orden	Compras consolidadas, gestión de pedidos sin papeles (EDI, internet)	2.5% al 4%
Administración de proveedores	Consolidación de proveedores, implementación óptima desde el fabricante, cumplimiento de los acuerdos de GPO	0.5% al 2%
Administración logística	Centro de servicio consolidado, red de transporte integrada, utilización de la capacidad	0.5% al 2%
Administración de inventario	Distribución automatizada de punto de servicio, reabastecimiento, artículos sin stock, reducción de SKU	0.5% al 1.5%
Ahorro de los costos globales de la gestión de la cadena de suministro del 6% al 13,5%		

Para la cadena de suministro de atención a la salud, estas áreas de gestión de la cadena de suministro se detallan a continuación:

Gestión de la demanda. La gestión del consumo de recursos clínicos es clave para controlar la demanda y reducir el número de suministros que se mueven a través del proceso de la cadena de suministro. Dos prácticas deben ser implementadas a este respecto:

1. La demanda debe ser pronosticada y un plan implementado para facilitar el cumplimiento de los suministros de forma periódica.
2. Los suministros deben estandarizarse para entregarlos como una sola unidad de inventario.

Gestión de pedidos. Iniciando prácticas efectivas de administración de órdenes:

- Establecer procesos de gestión de órdenes estándar.
- *E-procurement* a través de Web o intercambio electrónico de datos.
- Implementación del proceso de numeración y seguimiento de productos electrónicos.

Administración de suministros. Algunos de los ingredientes clave de un proceso eficaz de gestión de proveedores son los siguientes:

- Reducir el número de proveedores que proporcionan productos al sistema de salud.
- Establecer y participar en contratos de compra colectiva para aprovechar los descuentos y rebajas.

Gestión de logística. Gestión logística integrada que aprovecha las eficiencias ofrecidas por la consolidación de los envíos, la utilización de los centros de servicio y la red de transporte, y el *cross-docking* en el transporte de mercancías.

Gestión del inventario. Reducir el espacio de almacenamiento, minimizar las unidades de mantenimiento de existencias y sus niveles de almacenamiento, y maximizar las tasas de rotación de inventario puede lograr un ahorro de gestión integrada. Uno de los factores clave de esta política es la reducción de la variabilidad entre productos comunes a través de iniciativas de normalización [13].

La *Efficient Healthcare Consumer Response* (EHCR) a finales de los 90 proyectó un ahorro de US \$ 11 000 millones dentro de la cadena de suministro de atención médica. A pesar del hecho de que los gastos de la cadena de suministro son a menudo el segundo mayor gasto de una organización de atención médica, los esfuerzos de reducción de costos a menudo se ven relegados al precio de los materiales [14].

Algunos de los problemas más frecuentes y significativos que enfrenta la cadena de suministro de atención médica es la parte que involucra el área de gestión de inventarios. A pesar de esto, parece que pocas son las organizaciones sanitarias que asignan recursos significativos para mejorar la eficiencia del inventario. Langabeer menciona una encuesta donde encontró que menos del 10% de los hospitales utilizan técnicas de optimización de inventario para mejorar las prácticas de inventario; prácticas como la previsión de la demanda y la planificación de la reposición generalmente son rudimentarias o inexistentes [15].

El estudio que realizó la EHCR sobre la integración de la cadena de suministro en la asistencia de la salud reveló que el 48% de los costos de los procesos relacionados con la cadena de suministro

eran evitables mediante la implementación de mejores prácticas logísticas, en particular la integración [16]. También reveló que la mayor proporción de estos costos, el 41%, fue incurrido por los proveedores de salud, en comparación con el 33% para los fabricantes y el 26% para los distribuidores. En base a estas estadísticas, en el sector de la salud los mayores beneficios de la mejora de la cadena de suministro residen en las instituciones de salud y que los beneficios previstos por el grupo de trabajo del EHCR no pueden lograrse sin mejorar e integrando la cadena de suministro interna de los hospitales.

Kaplan y Porter argumentan que, para resolver la crisis de costos en la atención médica, se debe entender el costo de brindar atención médica. A su vez, para comprender el costo de brindar atención médica, es necesario comprender los procesos [17]. Más del 30% del gasto hospitalario se relaciona con procesos logísticos [1].

La reingeniería de la logística de la salud podría, por tanto, reunir nuevas fuentes de eficiencia, tanto en términos logísticos como clínicos. ¿Podrían los procesos logísticos de reingeniería ser un ejemplo de innovaciones disruptivas [18] o "innovaciones detrás de la escena", tan a menudo ignoradas porque desafían las mentalidades tradicionales? Debido a que la razón de ser de los hospitales es proporcionar atención, la gente ha analizado históricamente los problemas y desafíos de la salud a través de una lente clínica, tratando de optimizar la utilización de recursos clínicos y equipos de especialidades claramente definidas [19].

1.4.4 Desafíos para desarrollar una estrategia de la administración de la cadena de suministro eficaz.

Si bien la literatura que valida la importancia de la Administración de la Cadena de Suministro (SCM por sus siglas en inglés) estratégica es abundante, hay una limitada literatura académica que aborda los retos únicos de la industria de la salud. Sin embargo, Burns [10] proporcionó una excelente descripción de los desafíos inherentes a la industria de la salud. Existe una variedad de obstáculos para una gestión eficaz de la cadena de suministro, incluyendo:

- Tecnología en constante evolución que resulta en ciclos de vida de producto cortos y de alto costo para artículos de preferencia médica.
- Dificultad para predecir la frecuencia, la duración y los diagnósticos primarios para las visitas de los pacientes y el requisito del producto asociado.
- Falta de normalización de la nomenclatura / codificación de los productos utilizados para los procedimientos médicos y productos sanitarios.

- Falta de capital para construir una sofisticada infraestructura de tecnología de la información para apoyar los esfuerzos de gestión de la oferta.
- Educación inadecuada de los negocios y capacidades de la SCM entre compradores basados en hospitales.

Everard sugirió que la falta de cambios en la cadena de suministro podría atribuirse a la falta de directivos fuertes. Ofreció las siguientes características del gestor exitoso de la cadena de suministro: la capacidad de aprender de las mejores prácticas en otros sectores, una comprensión de los impulsores de la cadena de suministro y los influyentes, y la capacidad de participar en el pensamiento estratégico e influir en la organización [12]. Los líderes amplían las prácticas actuales aceptadas, por ejemplo, el abastecimiento estratégico, la gestión de categorías y la gestión de relaciones con proveedores, mediante el uso de métodos nuevos e innovadores. Al usar procedimientos como redes de innovación, desmontaje de productos, reducción de costos de colaboración y evaluación comparativa de precios con su cadena de suministro, los líderes están incrementando el rendimiento y los ahorros [20].

Por último, Everard atribuyó la falta de progreso en la SCM al hecho de que cada eslabón de la cadena de suministro de atención a la salud funciona únicamente en su propio interés superior [12].

La teoría sugiere que un programa en el nivel operacional de un hospital, como la gestión de materiales de compra, puede ser influenciado por la organización más grande o el hospital en el que opera. Estas teorías indican que los programas de la SCM pueden ser obstaculizados o permitidos por la organización en la que se están implementando. En la Tabla 1.5 se presentan los obstáculos de la cadena de suministro informados en la literatura relativa a los niveles ambientales (organizaciones grupales de compra y distribuidores), organizacionales (hospital) y operacionales (programas) [21].

Tabla 1.5 Barreras operacionales, organizacionales y de ambiente para la SCM. Fuente [21]

Barreras operacionales, organizacionales y ambientales para la SCM
Ambientales
<ul style="list-style-type: none"> • Incentivos competitivos • Papel de las organizaciones grupales de compra y distribuidores • Falta de codificación estándar • Mínimo intercambio de información
Organizacionales
<ul style="list-style-type: none"> • Compromiso ejecutivo poco claro • Recursos de TI inadecuados • Falta de entrenamiento / educación • Toma de decisiones fragmentadas • Tecnologías en evolución
Operacionales
<ul style="list-style-type: none"> • Enlace poco claro a la estrategia organizacional • Estrecho alcance de influencia • Falta de métricas industriales / métricas de rendimiento inconsistentes • Uso limitado de datos / TI • Enfoque del precio frente al enfoque del valor del producto (es decir, preferencia del médico) • Entrenamiento y habilidades mínimas • Requerimiento de paciente variable

1.4.5 Diseño y gestión de la cadena de suministro de la salud

La Cadena de Suministro de la Salud está diseñada para asegurar un alto nivel de servicio al maximizar la asignación de recursos para responder eficaz y rápidamente a las necesidades de atención del paciente. Además de eso, afecta de inmediato las vidas de los pacientes en lugar de su sustento. Por lo tanto, la SCM de la salud es diferente de la SCM en otras industrias, ya que se ocupa de una diversidad de artículos en cantidades muy variadas en respuesta a la gran cantidad de tipos de diagnóstico y procedimientos médicos [22]. Mientras que los pacientes son

los consumidores finales de los productos suministrados a través de la SCM, los productos no pueden ser promovidos o subastados cuando la fecha de vencimiento se acerca y, finalmente, son destruidos. Además, las tecnologías en constante evolución en el campo de la medicina resultan en ciclos de vida de productos cortos y altos costos para la adquisición de artículos de preferencia profesional de atención médica. Por último, es difícil para los planificadores de la SCM de la salud predecir la frecuencia, duración y tipos de diagnóstico de los episodios de los pacientes y, en consecuencia, de las demandas de productos asociados [23].

En la atención médica, la SCM "permite" la atención de los pacientes mediante el suministro de los diversos profesionales médicos con productos y servicios que necesitan para ofrecer atención médica rápida y de mejor calidad. Además, hay muchos consumidores (pacientes y profesionales médicos) con una gran variedad de necesidades. La satisfacción de esas necesidades se convierte en otro desafío y la solicitud única de cada consumidor debe abordarse. Al mismo tiempo, la SCM está configurada para "permitir" a la estrategia de las organizaciones de salud maximizar la atención al paciente y, minimizar el costo. Esto puede lograrse garantizando la disponibilidad del producto, minimizando el repositorio de almacenamiento (para maximizar el espacio de atención al paciente), reduciendo el tiempo y costo de manejo de materiales y minimizando los activos no líquidos (inventario) [24]. De este modo, el proceso de toma de decisiones en la cadena de suministro de servicios de salud debe considerar elementos como costo, rentabilidad, estandarización y manejo de inventario [25].

El moderno proceso de la SCM en la atención médica (ver Figura 1.4) se divide en una serie de ciclos que se realizan en la interfaz entre varias etapas sucesivas:

- 1) El pedido del cliente se activa cuando el nivel de un producto alcanza cierto nivel bajo, ya que se consume mediante el uso y las ventas.
- 2) La previsión y la necesidad de verificar el producto, el ordenar nuevas existencias sobre la base del uso y las ventas, además de los estudios de tendencias, la disponibilidad de productos, las existencias y el costo del producto.
- 3) Selección y adquisición de productos. Se selecciona el producto apropiado para ordenar de acuerdo a la disponibilidad, verificación de costos, cantidad de pedido, plazo y fecha de entrega.
- 4) Recibir, almacenar y distribuir los productos ordenados basados en pedidos aprobados, también para verificar que los productos se entreguen en la cantidad adecuada, al precio justo y a tiempo.

5) Presupuesto, gestión de inventario y contención de costos: Esto representa la responsabilidad fiscal de la SCM para la organización, ya que las políticas generales y las preocupaciones presupuestarias se abordan y los pedidos se optimizan para cumplir con los objetivos generales de la organización [25].

El proceso ilustrado en la Figura 1.4 es un proceso típico de SCM. Sin embargo, en lugar de que el consumidor sea el foco central, muchas organizaciones están considerando el enfoque de costo a ingresos como el foco central. Al situar este proceso en perspectiva, la gerencia exitosa de la gestión de la cadena de suministro encuentra su ventaja competitiva al optimizar el equilibrio entre el concepto de satisfacer las demandas del consumidor y la responsabilidad fiscal. Por lo tanto, la gestión eficaz de la cadena de suministro de la salud es impulsada por el rendimiento que incluye: el tiempo total del ciclo, la disponibilidad del producto, la calidad, la capacidad de respuesta, la compatibilidad con las políticas y directrices, la flexibilidad y la rentabilidad [26]. La decisión adoptada para alcanzar los objetivos de la SCM dentro de la medida de alto desempeño se clasifica en los niveles estratégico, táctico y operacional. Las decisiones estratégicas (a largo plazo) incluyen las decisiones relacionadas con la estructura de la misma. La planificación (a medio plazo) supera la brecha entre las decisiones estratégicas y las decisiones operacionales relacionadas con las funciones cotidianas [25].

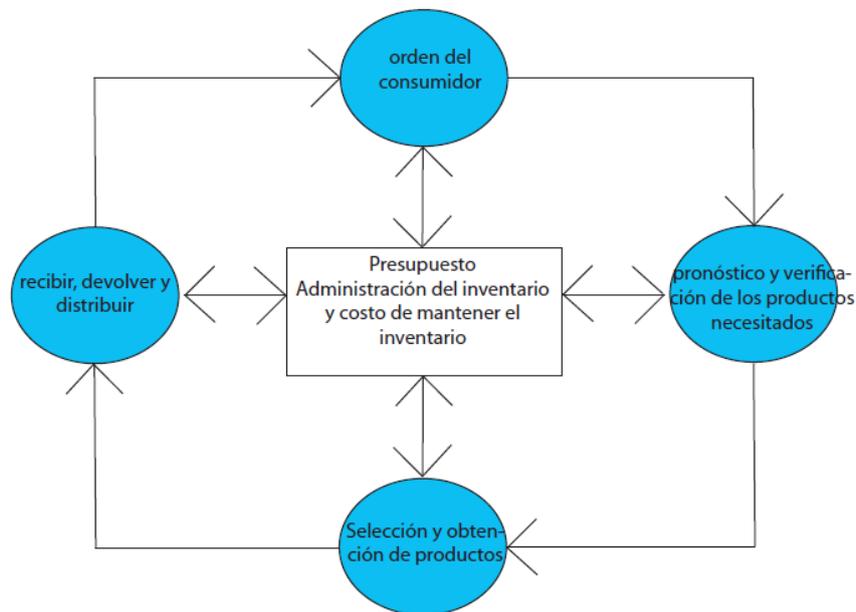


Figura 1.4 Proceso moderno de la SCM de servicio de salud. Fuente [25]

Un aspecto clave de la complejidad de la cadena de suministro de una organización de atención médica es el número de proveedores que participan, así como la variedad de productos que se obtienen. La reducción del número de proveedores puede generar beneficios significativos, ya

que los precios tienden a disminuir a medida que el volumen se consolida a unos pocos proveedores principales [27].

La selección de productos puede jugar un papel importante en los costos de la cadena de suministro. La evaluación cuidadosa de los productos comprados por la administración de materiales puede reducir los costos al consolidar tipos de productos funcionalmente equivalentes y disminuir la cantidad de artículos de preferencia médica de alto precio [28]. Más allá de las simples comparaciones de precios, puede ser beneficioso evaluar a los proveedores para garantizar la calidad y confiabilidad, dos características de los proveedores que pueden repercutir en las operaciones de un proveedor. La compra a un menor número de proveedores puede llevar a descuentos por volumen, y uno de los métodos comunes que utilizan los proveedores para reducir los costos de materiales es la adquisición de productos a través de una organización de compras grupales [14].

1.5 Inventarios

Una empresa o una industria suele tener un inventario razonable de bienes para asegurar su funcionamiento continuo. En forma tradicional se considera a los inventarios como un mal necesario: si son muy pocos, causan costosas interrupciones; si son demasiados equivalen a tener un capital ocioso. El problema del inventario determina la cantidad que equilibra los dos casos extremos [29].

1.5.1 Rol en la cadena de suministro

El inventario en la cadena de suministro existe debido al desequilibrio entre la oferta y la demanda. Este desequilibrio es intencional en una fábrica de acero, donde es económico fabricar grandes lotes que luego se almacenan para venderlos en el futuro. El desequilibrio también es intencional en una tienda minorista donde el inventario se mantiene en previsión de la demanda. Un importante rol que el inventario desempeña en la cadena de suministro es incrementar la cantidad de la demanda que se puede satisfacer teniendo el producto listo y disponible cuando el cliente lo desea. Otro rol significativo que el inventario desempeña es reducir el costo explotando las economías de escala que puedan existir durante la producción y distribución.

El inventario afecta los activos que se conservan, los costos en que se incurre, y la capacidad de respuesta prevista en la cadena de suministro. Los altos niveles de inventario en una cadena de suministro de ropa mejoran la capacidad de respuesta, pero también la deja vulnerable a la necesidad de rejas, al reducir márgenes de utilidad. Los bajos niveles de inventario mejoran las

rotaciones de éste, pero pueden dar lugar a ventas perdidas si los clientes no pueden encontrar los productos que desean comprar.

Un *tamaño de lote o tamaño de pedido* es la cantidad que una etapa de una cadena de suministro produce o compra en una sola vez.

El *inventario del ciclo* es el inventario promedio de una cadena de suministro debido a la producción o compra de lotes más grandes que los que el cliente demanda. El tamaño del inventario de ciclo depende de la producción, del transporte o la compra de material en grandes lotes. Las compañías producen o compran en grandes lotes para explotar las economías de escala en el proceso de producción, transporte y compras. El incremento del tamaño del lote, sin embargo, conlleva un incremento de los costos de manejo.

El *precio promedio pagado por una unidad comprada* es un costo clave en la decisión del tamaño de lote. Un comprador puede aumentar el tamaño de lote si esta acción se traduce en una reducción del precio pagado por una unidad comprada.

El *precio pagado por una unidad* se conoce como el costo de material y se indica por C se mide en \$/unidad.

El *costo fijo de ordenar* incluye todos los costos que no varían con el tamaño del pedido, pero en los cuales se incurre cada vez que se coloca un pedido. Puede haber un costo fijo administrativo al colocar un pedido, un costo de mano de obra por recibir el pedido.

El *costo de almacenar* es el costo de mantener una unidad en inventario durante un periodo determinado, por lo general un año. Es una combinación del costo de capital, el costo de almacenar físicamente el inventario y el costo que se deriva de que el producto se vuelva obsoleto.

El rol principal del inventario de ciclo es permitir que en las diferentes etapas en una cadena de suministro se compren productos en tamaño de lote que minimicen la suma de los costos del material, de ordenar y de almacenar.

Tres características:

- Se incurre en un costo fijo cada vez que se coloca o se produce un pedido.
- El proveedor ofrece descuentos de precio basado en la cantidad comprada por lote.
- El proveedor ofrece descuentos del precio en el corto plazo o sostiene promociones comerciales [30].

1.5.2 Definición de análisis ABC

El análisis ABC (por sus siglas en inglés *Always, Better, Control*) es una herramienta analítica importante y bien conocida en la gestión de inventarios. Se desarrolló por primera vez en la década de 1950 y tiene como objetivo obtener el interés de los administradores en los pocos artículos críticos (elementos A) y no en los demasiados e insignificantes artículos (elementos C).

Los elementos se dividen en tres clases como A, B y C que pueden administrarse y controlarse por separado. Los artículos A constituyen sólo el 10% de todos los artículos del inventario que deben estar bajo un estricto control de la alta gerencia, ya que consumen del 70% al 80% del valor total de consumo de inventario de la compañía.

Los elementos B son los elementos entre clases que incluyen el 20% del total de artículos del inventario. Requieren un control moderado por parte de los mandos intermedios, ya que consumen el 20% del valor de consumo anual, por el contrario, los artículos C necesitan control por parte de la gerencia baja, representan el 70% del inventario total y consumen el 10% del valor de consumo anual.

Ceylan y Bulkan, comentan que la restricción del análisis ABC es que depende del precio y del porcentaje de uso de los productos. Por lo tanto, la importancia de los artículos no se puede considerar por completo y, por ello, no es suficiente para la administración de inventario, ya que un artículo que tiene una inversión de capital y un consumo bajos puede ser estacionario o puede salvar vidas. La criticidad (vitalidad) de un artículo también debe considerarse para el desarrollo de una herramienta de gestión para el control de inventario [31].

1.5.3 Definición de análisis VED

El análisis VED se realizó en base a la criticidad de un artículo en el servicio de salud. "V" es para elementos vitales sin los cuales el hospital no puede prestar servicios de salud, "E" para artículos esenciales sin los cuales un hospital puede funcionar, pero puede afectar la calidad de los servicios y "D" para artículos deseables, la falta de disponibilidad no interferirá con el funcionamiento del hospital [32].

1.5.4 Modelo general de inventario

La naturaleza del problema de los inventarios (o existencias) consiste en colocar y recibir en forma repetida pedidos (u "órdenes") de determinados tamaños a intervalos de tiempo establecidos. Desde este punto de vista, una política de inventario contesta las dos siguientes preguntas:

1. ¿Cuánto pedir?

2. ¿Cuándo pedir?

La respuesta de estas preguntas se basa en minimizar el siguiente modelo de costo:

$$\left(\begin{array}{c} \text{Costo total} \\ \text{del} \\ \text{inventario} \end{array} \right) = \left(\begin{array}{c} \text{Costo de} \\ \text{compra} \end{array} \right) + \left(\begin{array}{c} \text{Costo de} \\ \text{preparación} \end{array} \right) + \left(\begin{array}{c} \text{Costo de} \\ \text{almacenamiento} \end{array} \right) + \left(\begin{array}{c} \text{Costo de} \\ \text{faltante} \end{array} \right)$$

Todos esos costos se deben expresar en la cantidad económica de pedido (¿cuánto pedir?) y el tiempo entre los pedidos (¿cuándo pedir?).

1. El *costo de compra* se basa en el precio por unidad del artículo. Puede ser constante, o puede ofrecerse con descuentos.
2. El *costo de preparación* representa el costo fijo incurrido cuando se coloca un pedido. Es independiente de la cantidad pedida.
3. El *costo de almacenamiento* o de posesión representa el costo de mantener una existencia de inventario. Comprende el interés sobre el capital y el costo de almacenamiento, mantenimiento y manejo.
4. El *costo de faltante* es la penalización en que se incurre cuando se terminan las existencias. Incluye la pérdida potencial de ingresos y el costo, más subjetivo, de pérdida de la buena voluntad del cliente.

Un sistema de inventario se puede basar en la revisión periódica (por ejemplo, pedir cada semana o cada mes), cuando se reciben nuevos pedidos al iniciar cada periodo. En forma alternativa, el sistema se puede basar en una revisión continua, cuando se colocan los nuevos pedidos y la cantidad de inventario baja hasta cierto nivel, que se llama *punto de reorden*. Los modelos de inventario de este capítulo abarcan dos clases de modelos deterministas: estáticos y dinámicos. Los modelos estáticos tienen una demanda constante en función del tiempo. En los modelos dinámicos, la demanda cambia en función del tiempo [29].

1.5.5 Modelo de cantidad económica de pedido EOQ

El modelo de Cantidad Económica de Pedido (*Economic Order Quantity*, EOQ), es el más sencillo y fundamental de todos los modelos de inventario. Describe el importante compromiso entre los costos fijos y los costos por mantener el inventario, y es la base para el análisis de sistemas más complicados [33].

El más sencillo de los modelos de inventario implica una tasa constante de demanda con el surtido instantáneo del pedido y sin faltante. Se definen:

y : Cantidad pedida (cantidad de unidades)

D : Tasa de demanda (unidades por unidad de tiempo)

t_0 : Duración del ciclo de pedido (unidades de tiempo)

El nivel de inventario sigue el patrón de la Figura 1.5. Cuando el inventario llega al valor cero, se coloca un pedido cuyo tamaño es y unidades, y se recibe en forma instantánea hasta que el inventario llega nuevamente al valor cero.

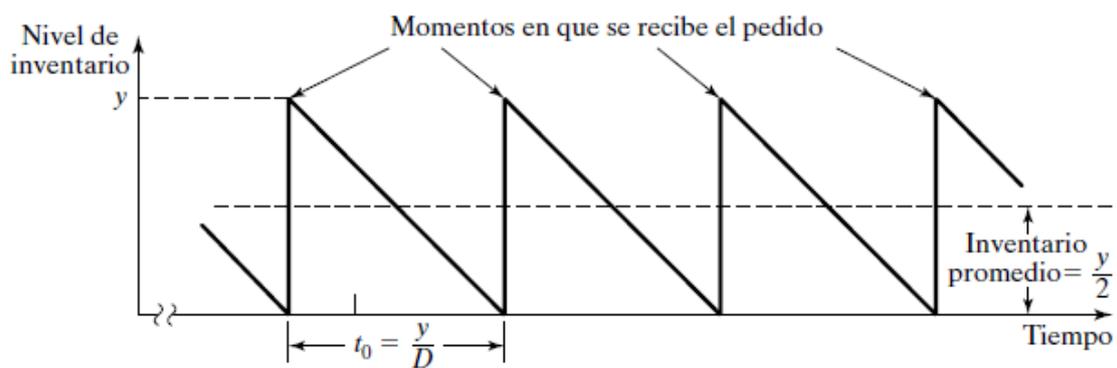


Figura 1.5 Comportamiento del inventario en el modelo EOQ. Fuente [29]

Después, la existencia se consume uniformemente a la tasa constante de demanda D . El ciclo de pedido para este comportamiento es

$$t_0 = \frac{y}{D} \text{ Unidades de tiempo}$$

El nivel promedio de inventario que resulta es

$$\text{Nivel promedio de inventario} = \frac{y}{2} \text{ unidades}$$

El modelo de costo requiere dos parámetros:

K : Costo de preparación correspondiente a la colocación de un pedido ($\$/pedido$)

h : Costo de almacenamiento ($\$$ por unidad en inventario por unidad de tiempo)

La política óptima de inventario para el modelo propuesto se resume como sigue:

Pedir $y^* = \sqrt{\frac{2KD}{h}}$ unidades cada $t_0^* = \frac{y^*}{D}$ unidades de tiempo [29].

1.5.6 Modelos de descuento por cantidad

Aunque existen muchas tarifas (planes, programas, etc.) de descuento de distintos tipos, hay dos que parecen las más usadas: sobre todas las unidades e incrementales. En cada caso se supone que hay uno o más puntos límite que definen los cambios en el costo unitario.

Sin embargo, hay dos posibilidades: el descuento se aplica a todas las unidades en un pedido (totales), o sólo se aplica a las unidades adicionales respecto al punto límite (incrementales). El caso más común es el de descuento sobre todas las unidades [33].

Capítulo 2. Estado del arte

En este capítulo se hace mención de los trabajos sobre modelos de inventario en los servicios de salud, se presentan para conocer su importancia dentro de la cadena de suministro de los servicios de salud.

2.1 Gestión del inventario

El inventario es uno de los aspectos más visibles de cualquier negocio. Materias primas, productos en proceso y productos terminados representan todas las formas de inventario. El inventario representa dinero inmovilizado hasta que deja la empresa como producto adquirido. En general, un inventario se supone que debe mantenerse a bajo nivel. Los motivos para construir inventarios varían y, en consecuencia, afectan su carácter. Los motivos tienen su origen en la necesidad de una garantía funcional elevada y el cliente necesita tener acceso a los productos cuando los necesite. La existencia de un inventario puede, sin embargo, ser una señal de que una operación no es estable [34].

La gestión de inventario es un área que trata con la industria de la salud, ya que el inventario puede representar un activo importante para la organización. Sin embargo, debido a la amplia gama de productos en un hospital y la diversidad y complejidad de los equipos y materiales médicos de consumo, la función de suministro es una tarea difícil. Es difícil predecir la demanda exacta de medicamentos, siendo una de las restricciones la falta de disponibilidad de datos precisos sobre el consumo. A pesar de algunos cuidados de emergencia y de que los procedimientos quirúrgicos no se pueden proyectar con precisión, los materiales utilizados en las actividades de rutina pueden estimarse sobre la base del censo promedio y los datos estacionales [35].

Aproximadamente el 35.0% del presupuesto anual de los hospitales se destina a comprar materiales y suministros, incluidos medicamentos. Esto requiere una administración efectiva y eficiente de las tiendas médicas. El establecimiento eficiente de prioridades, la toma de decisiones en la compra y distribución de medicamentos específicos, la supervisión estrecha de medicamentos pertenecientes a categorías importantes y la prevención del hurto dependen del manejo de medicamentos y del inventario [36].

La gestión del inventario de medicamentos tiene como objetivo la contención de costos y la mejora de la eficiencia. Por lo general, la administración del hospital se enfrenta a elegir la alternativa de reducir la calidad de la atención o adoptar formas y medios para reducir el costo de los inventarios [36].

Es esencial que los gerentes de salud utilicen métodos científicos para maximizar el rendimiento de la inversión a un costo menor. El análisis de inventario busca lograr un rendimiento máximo con un aporte de inversión mínimo, basado en el principio económico de estirar los medios limitados para cumplir fines ilimitados. Cada elemento se puede considerar crítico y existe una necesidad percibida de proporcionar niveles muy altos de servicio [37].

No se puede negar que el almacenamiento de productos farmacéuticos y suministros hospitalarios puede ser costoso e inmovilizar una gran cantidad de capital, y brindar eficiencias a esos factores importantes (a menudo entre 30% y 40% del presupuesto de un hospital) puede representar ahorros significativos [36]. Por lo tanto, un gerente de materiales hospitalarios debe establecer políticas eficientes del sistema de inventario para condiciones operativas normales que también aseguren la capacidad del hospital para cumplir con las condiciones de demanda de emergencia [35].

2.2 Cadena de suministro en servicios de salud

El sistema de administración de suministros en la industria de la salud es una de las principales áreas donde las reducciones de costos son un resultado predecible. Sin embargo, la gestión de la cadena de suministro en esta industria es más compleja que en otras industrias, debido al impacto en la salud de las personas que requiere un suministro médico adecuado [35]. Los proveedores de atención médica creen que no pueden predecir la combinación de pacientes y la demanda de un artículo en particular; por lo tanto, no pueden controlar ni proyectar sus horarios, a diferencia de los gerentes en la industria manufacturera [38].

Como los profesionales de la salud se han sentido afectados por las interrupciones en la distribución, prevén estos eventos mediante el almacenamiento de suministros [35], debido a la responsabilidad incurrida por la muerte de un paciente. Por lo tanto, los problemas de la cadena de suministro de la industria de la atención médica no se detendrán con un control de inventario deficiente [38].

La gestión de la cadena de suministro en el sector salud es más compleja si se compara con otras industrias. Es porque las necesidades del paciente deben cumplirse con precisión, en particular, el suministro médico adecuado [39].

Otra literatura propuso algunos factores que ayudan a esta complejidad. El factor número uno es la limitación del conocimiento de los médicos como tomadores de decisión con respecto a la técnica de gestión de la cadena de suministro. El segundo factor se refiere a las presiones regulatorias. La regulación influye mucho en la industria farmacéutica al realizar sus actividades

[40]. Las actividades de la cadena de suministro en el sector salud son casi similares a otras industrias. Esas actividades incluyen compras, gestión de inventario, sistemas de información y comunicación (TIC) de gestión, de atención domiciliaria, y el transporte [41].

El nuevo entorno de la competencia en salud es consciente de los costos, por lo que debe abandonarse el tipo de distribución tradicional de la cadena de suministro en el sector sanitario para seguir siendo viable y competitivo. Las oportunidades de ingresos se obtienen a partir de los costos de conducción y la mejora de la eficiencia [42].

2.3 Inventario en servicios de salud

Derek T. DeScioli creó un simulador de inventario basado en datos de demanda diaria de dos hospitales y utilizó el simulador para comparar cuatro políticas de inventario diferentes; Política 4-max, una política de stock de base, EOQ y una s, S política de inventario (la política de elección para ambos hospitales). Después de simular a diario demanda de inventarios en 4 salas diferentes dentro de los hospitales, concluyó que la política óptima de las cuatro era la política EOQ. Resultó ser la política más estable con un nivel de servicio del 99,8%, mientras que las políticas existentes proporcionaron un nivel de servicio del 98,6%. EOQ también redujo los costos anuales de administración de materiales en un 52% [43].

DeScioli descubrió que históricamente las políticas de inventario se desarrollaron en base a conjeturas y reglas prácticas, pero junto con los sistemas automáticos de punto de uso, la política EOQ podría contrarrestar estas variaciones en la demanda. Además, los suministros deben ser manejado de manera diferente con respecto a su criticidad, costo anual y tamaño físico y mientras "Estas distinciones parecen obvias, deben estar integradas en las políticas de la cadena de suministro y métricas de rendimiento " [34].

Otro estudio de caso que analiza el inventario en un centro de atención pediátrica recientemente combinado, El Centro de Atención Pediátrica del Sur de Texas (STC, por sus siglas en inglés) ilustra los beneficios de la aplicación del análisis ABC y el modelo EOQ a una práctica pediátrica de múltiples sitios [44].

El STC aplicó el modelo EOQ sólo en los artículos A que sugerían que el óptimo de la política de compras estaba ordenando 25 lotes de vacunas cada 19 días. Al implementar la política sugerida resultaría en una reducción del 30% en los costos de inventario. El artículo también anota la flexibilidad representada por la fórmula EOQ, ya que un ciclo de pedido de 19 días no era factible para el STC [34].

Las organizaciones deben mantener existencias en el almacén debido a varias razones, siendo la más conocida la satisfacción rápida de la demanda, para evitar desabastos, minimizar las fluctuaciones de demanda previstas u obtener descuentos por cantidad [45]. En el caso de los hospitales, muchos materiales son esenciales para mantener la calidad de la salud o incluso la vida de los pacientes. En la clínica dental lo anterior es traducido al nivel de servicio y atención del paciente. Por otro lado, el exceso de stock afecta el poder competitivo de las organizaciones, a través del impacto en los costos del producto. Por lo tanto, una gestión de inventario eficiente puede equilibrar varios costos en asociación con ella.

Además, los hospitales deben tener en cuenta la amplia gama de productos diferentes, siendo los materiales de consumo clínico de gran importancia financiera. Los hospitales mantienen existencias de una cantidad incontable de productos con muchas referencias y proveedores para el mismo producto. Esto a veces es comprensible, ya que los hospitales no pueden prescindir de tener materiales para garantizar la vida del paciente. Pero esto debe ser revisado, de lo contrario no permite alcanzar economías de escala o mejores negociaciones con los proveedores.

Además, los materiales de consumo clínico son muy heterogéneos, en volumen, valor y número de proveedores; por lo tanto, es necesaria una gestión de inventario específica para cada grupo de artículos [35].

La situación de inventario más común que enfrentan los hospitales públicos es que los niveles de stock se agotan con el tiempo y luego se reponen con la llegada de un lote de unidades nuevas [46]. Un modelo básico para determinar la cantidad de orden óptima es el modelo de cantidad de orden económica (EOQ). Este modelo considera la compensación entre el costo de ordenar y el costo de mantenimiento al elegir la cantidad en cada orden de tiempo para reponer los inventarios de artículos. En una explicación breve, una cantidad de pedido mayor reduce la frecuencia de pedido y el costo de pedido, pero requiere una mayor retención de inventario, lo que aumenta el costo de mantenimiento y mejora el almacenamiento. EOQ es simple de entender y usar, pero tiene varias suposiciones restrictivas que también son desventajas en la práctica. Incluso con estas debilidades, EOQ es un buen lugar para comenzar a comprender los sistemas de inventario. EOQ supone: 1. La tasa de demanda es constante, uniforme, recurrente y conocida. 2. El tiempo de entrega es constante y conocido. 3. El precio por unidad de producto es constante; no se ofrecen descuentos para pedidos grandes. 4. El costo de mantenimiento del inventario se basa en el inventario promedio. 5. Los costos de pedido o configuración son constantes. 6. Todas las demandas serán satisfechas; no se permiten desabastos [46].

2.4 Análisis ABC en servicios de salud

Para concentrar los esfuerzos en los elementos más importantes desde el punto de vista del cliente, las organizaciones utilizan el análisis ABC. Es una herramienta fundamental para la optimización de la gestión de inventario [35]. También contribuye para el almacenamiento adecuado de materiales, lo que hace que la entrega sea más rápida y minimiza el costo de obsolescencia. Otras técnicas pueden mejorar significativamente el rendimiento de la administración y control de los materiales, dependiendo de cada organización de atención médica. Uno de ellos es la centralización de inventarios de los almacenes avanzados, que reducen las existencias de seguridad con una mejor previsión.

Como se mencionó anteriormente, El Centro de Atención Pediátrica del Sur de Texas (STC) realizó un análisis ABC que reflejó, como era de esperar, que los medicamentos inyectables o vacunas clasificadas como elementos A, representaron un costo anual de \$ 154,100 o 68,7% de los costos totales de inventario [44].

El estudio realizado para comprender los sistemas de gestión de inventarios en el Hospital de Santa María, en Lisboa, permite mejorarlos y adaptar diferentes técnicas proporcionadas por la investigación teórica. El Hospital de Santa María ha invertido en esta área, ya que la función de suministro corresponde a un paquete importante de costos totales y, a diferencia de otras industrias, el inventario significa salvar vidas a los pacientes.

Algunos enfoques siempre serán un soporte para la gestión y el control del inventario como lo muestra el caso del análisis ABC. A medida que los costos de adquisición y el número de elementos cambian cada año, el análisis ABC debe realizarse anualmente. La diferenciación entre artículos en términos financieros permite que el hospital canalice apropiadamente sus esfuerzos en cada categoría. Ambos criterios para la construcción de análisis ABC (valor de gasto y rotación de inventario) se consideran extremadamente relevantes para alcanzar la correcta gestión de inventario y modelos de almacenamiento [35].

De todos los sistemas de control de inventario, la matriz ABC y VED es más adecuada para tiendas de materiales médicos para hospitales [47]. El análisis ABC es un método de clasificación de medicamentos y materiales de acuerdo con su importancia relativa y una técnica factible y eficiente para el manejo de inventarios. Es compatible con la gestión de stock y ayuda a realizar potenciales compras. La gestión de inventario puede traer una mejora significativa no sólo en la atención al paciente sino también en el uso óptimo de los recursos. Por lo tanto, las técnicas de control de inventario deben convertirse en una práctica de rutina en el hospital. Se requiere

una gestión de inventario efectiva para equilibrar los gastos de inventario con las demandas de materiales médicos [48].

En un hospital universitario de 600 camas en Turquía se elaboró un análisis de costos ABC de 1501 materiales médicos hospitalarios. El gasto anual de materiales médicos se ordenó de forma descendente. Luego, se calculó el porcentaje acumulado del gasto y el porcentaje acumulado del número de materiales médicos [49]. Los materiales médicos clasificados que representan el 70% del costo acumulado se etiquetaron como categoría "A", los materiales médicos que representaron el 20% del costo acumulado como categoría "B" y el 10% del costo acumulado como categoría "C" del gasto anual en materiales médicos [32].

El análisis ABC de cada elemento se discutió con el departamento de gerentes y especialistas de materiales del hospital. El total anual en materiales médicos fue 10,247,017-TL. En el análisis ABC, 12% (181), 21% (309) y 67% (1.011) de los artículos resultaron ser de categorías A, B y C, respectivamente, lo que asciende al 70% (7,165,394-TL), 20% (2,055,329-TL) y 10% (1,026,295) del gasto total anual.

En el estado de VED, la gestión de los materiales médicos vitales de categoría I (301 artículos) ayudaría a controlar el presupuesto anual y su disponibilidad. Los materiales médicos de categoría I son vitales o costosos, y deben ser administrados con la mayor atención. El consumo y su efecto en el nivel de existencias se deben supervisar continuamente, y las existencias de seguridad se deben mantener bajas para reducir el costo de mantenimiento. La administración de la categoría II (1.011 artículos) podría ayudar a proporcionar todos los materiales médicos esenciales. Estos materiales pueden recibir un poco menos de prioridad, pero su consumo también debe ser observado con un control moderado. La categoría III deseable y barata (189 artículos) se compone de materiales médicos, que son los más bajos en la jerarquía de prioridad. Por lo tanto, estos materiales deben comprarse periódicamente [49].

En el estudio llevado a cabo por Ceylan y Bulkan, se realizó un análisis de matrices ABC, VED y ABC-VED en una farmacia en Estambul, Turquía. El consumo anual de medicamentos y el gasto en cada medicamento se obtuvieron de la base de datos de la farmacia. El conjunto de datos tomado incluyó 1,552 medicamentos recetados. La base de datos proporcionó 5 características (atributos) que son el número de prescripción, la fecha de prescripción, el nombre comercial del medicamento prescrito, la cantidad de medicamento recetado y el precio [31].

En la etapa inicial, el gasto anual en medicamentos (ADE por sus siglas en inglés) para todos los medicamentos se calculó multiplicando el precio de cada paquete por el número total de

paquetes consumidos. También se calculó el costo total de todos los medicamentos, el porcentaje acumulado del gasto y el porcentaje acumulado de medicamentos. Los medicamentos fueron asignados a una categoría (A, B y C) de acuerdo con el costo total consumido 70%, 20% y 10%, respectivamente.

El ADE total de la farmacia en medicamentos se calculó en aproximadamente 589917,17 TL. Los resultados del análisis ABC revelaron que el 10.31% (160) de los medicamentos en la categoría A y el 21.78% (338) de los medicamentos en la categoría B constituían el 89.98% del gasto total de la farmacia. El 67.91% restante (1054) de los medicamentos que están en la categoría C, constituyeron sólo el 10.01% del ADE [31].

En el Hospital General Penitenciario de Madrid, España, se utilizó la clasificación ABC para la gestión de medicamentos existentes en el servicio de farmacia. El hospital cuenta con 150 camas; el servicio de farmacia es responsable de la gestión del material sanitario de uso general en el hospital. Se analizó el consumo del material sanitario correspondiente al período febrero-julio de 1994, aplicando la clasificación ABC. Para ello se agruparon los distintos artículos según su repercusión económica respecto al gasto global (seis meses). La información del consumo se obtuvo a partir de las estadísticas emitidas por el programa informático de gestión.

Existen 33 artículos pertenecientes a la categoría A que representan el 70 por 100 del gasto del material sanitario del hospital y 98 artículos pertenecientes a la categoría C que sólo representan un 5 por 100 del gasto global, por lo que a la categoría B pertenecen 55 artículos y representan el 25 por 100 del gasto global.

La distribución de los 33 artículos de la categoría A por subgrupos terapéuticos se encuentran representados por 12 subgrupos terapéuticos. El subgrupo de mayor importancia económica es la Línea Blanca con 11 artículos incluidos. La interpretación práctica de los resultados obtenidos nos hace prestar atención especial a los artículos pertenecientes a la categoría A y ejercer un control menos exhaustivo sobre los productos incluidos en la categoría C.

Desde el punto de vista sanitario, debemos considerar la existencia de determinados productos necesarios en cualquier momento, «urgentes» o de difícil obtención que, aunque quedan relegados en esta clasificación, deben ser incluidos en la categoría A de «especial vigilancia» [50].

El análisis ABC es una herramienta importante utilizada en todo el mundo, identificando artículos que requieren mayor atención para el control. La limitación del análisis ABC es que se

basa sólo en el valor monetario y la tasa de consumo de los artículos. Algunas veces, especialmente en un hospital, un artículo de bajo valor monetario y consumo puede ser muy vital o incluso salvar vidas. Su importancia no puede pasarse por alto simplemente porque no aparecen en la categoría A del inventario. Por lo tanto, otro parámetro de los materiales es su criticidad. Esto podría ser un elemento del valor terapéutico de un medicamento o un valor intrínseco del material para lograr los objetivos del sistema hospitalario.

Llevamos a cabo este análisis de control de inventarios de medicamentos para identificar áreas de mejora y encontrar intervenciones correctivas para lograr este resultado final [36].

2.5 Análisis VED

El análisis VED se basa en la prioridad e importancia para la salud de los pacientes. Divide los artículos en tres categorías como Vital (V), Esencial (E) y Deseable (D). Los medicamentos de la clase V que son vacunas que salvan vidas, y que se necesitan para el soporte vital (por ejemplo, algunos antibióticos, sueros, insulinas, digoxina, etc.) deben estar disponibles en las existencias de farmacias en todo momento. Los fármacos de clase E, que tienen una gravedad menor, son eficaces para la terapia de menor riesgo para la vida, pero aún para enfermedades graves (por ejemplo, antibióticos, ranitidina, cloroquina, fenitoína, etc.) deben estar disponibles en las reservas de farmacia. Los medicamentos restantes con la gravedad más baja, que se usan para la terapia de enfermedades leves, están incluidos en los medicamentos de la clase D. La ausencia de estos fármacos no es fatal para la salud de los pacientes, por ejemplo, cápsulas de vitamina E, lociones de pantalla solar [31].

2.6 Justo a tiempo en servicios de salud

Hay varios informes sobre implementaciones exitosas de Justo a tiempo (JIT, por sus siglas en inglés) dentro de la industria médica. El Centro Médico de la Universidad de California en Los Ángeles (UCLA, por sus siglas en inglés), negoció un acuerdo con *Owens & Minor*, un distribuidor de suministros médicos, para manejar su programa JIT sin stock. Los servicios de computación de la UCLA desarrollaron un sistema electrónico para que los empleados pudieran hacer un pedido directamente a *Owens & Minor*. Después de un funcionamiento de 3 años la UCLA informó de un 20,7% (\$ 8,4 millones) de reducción en el gasto de material durante el período.

Se logró una reducción de costos adicional de \$ 385,000 por año implementando un total proveedor subcontratado basado en el sistema de distribución de suministros.

Baxter Healthcare Corporation (BHC, por sus siglas en inglés) en Deerfield, Illinois dirige todo tipo de instalaciones de atención médica desde grandes hospitales de la ciudad a pequeñas

clínicas rurales con casi \$ 9 mil millones en ventas. BHC logró mejorar la calidad de la cadena de suministro y crear valor económico convincente mediante la integración del programa *ValueLink*. *ValueLink* es un programa JIT sin stock de distribución que proporciona un servicio de material neutral de marca dando el producto de elección necesario para su consumidor. Dos de los hospitales operados por BHC ahorraron una combinación de \$ 3,5 millones en reducción de inventario, \$ 1,75 millones en operación ahorros de gastos y un ahorro de espacio de 40,000 pies cuadrados al usar el programa *ValueLink*.

También hay casos donde JIT y *Lean manufacturing* se implementaron con resultados positivos. *ThedaCare, Inc.* con sede en Wisconsin y el *Virginia Mason Medical Center* (VMMC, por sus siglas en inglés) son dos ejemplos de corporaciones de atención médica que implantaron no sólo el JIT, sino también *Lean manufacturing*. Durante un período de dos años, el VMMC informó, entre otras cosas una reducción del 53% en los costos de inventario, se necesitó un 41% menos de espacio y el personal viajó 44% menos de distancia. *ThedaCare* tuvo un éxito similar. En un año, *ThedaCare* reportó \$ 3,3 millones de ahorros en manejo de materiales, la productividad aumentó significativamente a través del tiempo guardado en papeleo, tiempo de espera del paciente reducido, etc.

Teniendo en cuenta la gestión del inventario, Heinbuch defiende la transferencia de Justo a tiempo (JIT) a los hospitales, aunque algunos proveedores de servicios de salud no están de acuerdo, debido a la compleja tarea de predecir la capacidad de producción y la programación. Sin embargo, es posible mediante la introducción de nuevas técnicas flexibles respaldadas, logrando una reducción significativa de costos

Además, la gestión de materiales hospitalarios es un área importante en la que se puede observar la transferencia de tecnología, y las economías de escala se han logrado de forma espectacular [34].

Capítulo 3. Definición del caso de estudio

3.1 Clínicas dentales

Según estimaciones de la empresa Vivadent México, empresa especializada en productos y sistemas para odontólogos, el mercado dental mexicano tiene un valor de 250 millones de dólares, y de acuerdo con cifras del INEGI congrega a unos 117,000 odontólogos y más de 43,000 establecimientos dentales, 40% de los cuales son clínicas privadas. Vivadent México explicó que 6% del ingreso per cápita en México se invierte en salud dental, pero desafortunadamente sólo 20% de la población nacional tiene acceso a atención bucal básica.

Por otro lado, comentó que es preciso que los mexicanos tengan una mayor educación en salud dental, pues 85% de los nuevos pacientes asisten por dolor, es decir, cuando tienen un problema avanzado, no obstante, es necesario invertir también en prevención, donde sólo 4% de las ventas está relacionado con productos en ese sentido [51].

El gasto en salud generalmente se concentra en el uso de medicamentos porque son importantes productos en cuidado curativo. Mantener altos inventarios de medicamentos implica costos adicionales, tales como aquellos para reemplazar los medicamentos vencidos y deteriorados. En consecuencia, los hospitales pueden controlar ineficazmente el gasto anual y perder oportunidades para atender a los pacientes [52].

3.2 Caso de estudio

La MiPyME del caso de estudio es una clínica dental, se encuentra ubicada en el municipio de Ocoyoacac y tiene más de diez años brindando servicio a la población tanto de Ocoyoacac como de municipios aledaños (Tianguistenco, Lerma, Toluca).

Los servicios que ofrece son los siguientes: Odontología general, odontopediatría, ortodoncia, maxilofacial, periodoncia. Sin embargo, se especializan en odontopediatría y ortodoncia ya que la mayor población que atienden son bebés, niños y adolescentes.

La misión de la empresa es: “Crear familias felices, mediante la prevención y curación de la salud bucal”.

La visión de la empresa es: “Ser la clínica con mayor capacitación y atención en la solución de problemas de salud bucal de la región”.

El personal que labora en la clínica se muestra en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1 Personal que labora en la clínica dental

Personal	Puesto
1	Odonto-pediatra
1	Ortodoncista
2	Dentistas generales
1	Maxilofacial
2	Periodoncista
2	Recepcionistas
1	Asistente
1	Persona de limpieza

Los pacientes nuevos del año 2013 al año 2017 se presentan en la Tabla 3.2, cabe mencionar que el número de pacientes presentados no son el total de pacientes atendidos, ya que existen pacientes que regresan a la clínica y se retoma su expediente (no hay necesidad de crear un expediente nuevo).

Tabla 3.2 Total de pacientes nuevos entre el año 2013 al 2017

Año	Niños	Adolescentes	Adultos	Total
2013	144	22	65	231
2014	115	18	47	180
2015	123	15	34	172
2016	107	17	69	193
2017	109	22	67	198

Para las ventas anuales, por políticas de la clínica no se proporcionaron los datos.

Como se mencionó anteriormente de los servicios que ofrece la clínica, se manejan setenta y cuatro diferentes materiales para realizar los tratamientos que ofrece, por lo que debe hacer un análisis de ellos para poder establecer una política adecuada para la demanda de los mismos.

Actualmente la clínica tiene una política de inventario empírica, por lo tanto, hay un riesgo de que tenga escasez o excedente de medicamento, que afectan directamente el servicio al cliente.

Las formas como actualmente se realiza la compra de material y medicamento son las siguientes:

- En la Expo dental que se realiza anualmente en la Ciudad de México, asisten alrededor de dos mil proveedores del área de la salud bucal. Los precios que ofrecen son menores en comparación con los depósitos dentales ya que no existe el costo del intermediario. Los materiales que se adquieren en la Expo dental son los materiales consumibles ya que no existe riesgo de daño o de caducidad en el almacenamiento, también se adquieren medicamentos que son difíciles de comprar en un depósito dental.
- En depósitos dentales se adquiere la mayor parte de medicamento y de material específico (que sólo se ocupan una o dos veces al año), esto se debe a que los medicamentos pueden caducar. El costo de compra en los depósitos dentales es mayor ya que le agregan diferentes costos a los medicamentos y materiales.

Una política de inventario adecuada debería reducir el total de costo de inventario, conocer cuándo, cuánto y qué comprar. En el caso de estudio en cuanto a inventario se analizan las demandas de los setenta y cuatro productos y su pronóstico del 2018 y queda definido de la siguiente forma:

Caso de estudio 1. Modelo EOQ. Para este modelo de inventario, se toma en cuenta el pronóstico de demanda de 2018, se obtiene el costo por unidad y el costo total, y cuando ya se obtenga el costo total anual se procede a determinar el porcentaje que representa cada producto en el total de costo y se calculan las unidades a comprar, cuántas veces al año se debe de comprar y el monto de dinero destinado para cada compra.

Caso de estudio 2. Modelo de inventario con descuento. En la industria farmacéutica no todos los productos tienen un descuento por cantidad. Sin embargo, existen productos que son consumibles (se utilizan en cada paciente), por ejemplo, guantes, cubrebocas, campos de trabajo que si se pueden comprar en grandes cantidades. Se trabaja con este modelo de inventario para establecer qué política de inventario conviene en la clínica dental.

3.2 Obtención de datos

Para la obtención de datos se realizó la recolección desde el año 2013 al 2017 de la demanda de materiales que se utilizaron de acuerdo con los tratamientos realizados en la clínica. Una parte importante es que no se tienen registros anteriores al año 2013.

La clínica maneja setenta y cuatro diferentes materiales; algunos materiales se utilizan en más de un tratamiento y otros materiales sólo en un tratamiento.

Los métodos de pronóstico pueden ser de dos grandes grupos: los que están basados en técnicas de demanda derivada y los métodos que están basados en series de tiempo. Los primeros se enfocan en variables de demanda de productos; son nombrados así por la forma como se trabajan los datos de la demanda para inferir el comportamiento de la misma; son muy sencillos y se fortalecen con el análisis de la variable y el conocimiento que se tenga del mercado y de las variables externas y se encuentran los métodos de oscilación, en los cuales se desarrollan análisis previos de la tendencia y de los factores macroeconómicos que afectan la demanda de un producto, para a través de esta inferencia, tratar de anticipar los cambios en el comportamiento de la variable analizada.

Los segundos son más estructurados y permiten predecir el comportamiento de una variable en el futuro, de acuerdo con métodos o modelos que tienen en cuenta la tendencia, el ciclo, la estacionalidad y el azar. Las técnicas son las relacionadas con las series de tiempo, las cuales tienen cuatro componentes fundamentales o factores subyacentes: la tendencia, el ciclo, la estacionalidad y el error, (azar o la aleatoriedad), para este último, lo que existen son técnicas que puedan minimizarlo; un ejemplo son las técnicas de medir el error mínimo al cuadrado, para saber cuál tiene menor dispersión con respecto a los datos reales [53].

Para pronosticar la demanda del año 2018 se realizó la recolección de los datos del año 2013 al 2017 (datos mensuales). Con ayuda del software Minitab 17 se obtuvo el pronóstico de cada uno de los setenta y cuatro materiales. El pronóstico utilizado es el que obtuvo el menor MAPE para que el error sea menor en el pronóstico (Ver Anexo 1).

Las técnicas de pronóstico que se utilizan son: pronósticos móviles simples, suavización exponencial simple y su utilización depende del comportamiento de los datos de los materiales.

Una vez que se tuvo el pronóstico del año 2018 se buscó el precio unitario de cada uno de los materiales; la búsqueda de los precios se realizó con las facturas de compra de este año (en caso de que todavía existieran), en depósitos dentales de Toluca y en las páginas de internet de los depósitos dentales y así obtener la cantidad de dinero total del año.

Capítulo 4. Inventario

4.1 Análisis ABC en la MiPyME

Al comenzar el estudio del inventario, se realizó el análisis ABC para poder conocer qué materiales (20% de los materiales) representan el mayor costo (80 % del gasto en materiales). Con los datos recolectados de material, el pronóstico de la demanda anual y el precio unitario se procedió a realizar el análisis ABC; en el Anexo 2 se muestra el listado de los materiales y la clasificación ABC.

En la etapa inicial, el gasto anual en medicamentos y materiales se calculó multiplicando el precio de cada paquete por el número total de paquetes consumidos. También se calculó el costo total de todos los medicamentos, el porcentaje acumulado del gasto y el porcentaje acumulado de medicamentos. Al hacer la multiplicación de demanda y precio se obtiene el gasto anual de los materiales.

Para poder clasificar a los materiales en A, B y C se ordenaron del mayor gasto anual al menor, y con el porcentaje acumulado se determinó qué materiales están en la clasificación A, B y C. Los setenta y cuatro materiales quedaron de la siguiente manera: treinta y un materiales pertenecen a la clase A, con un porcentaje de 41.89 %, para la clase B pertenecen veinte materiales, lo que representa un 27.03% y para la clase C se tiene veintitrés materiales lo cual es el 31.08% (Véase Tabla 4.1).

De los setenta y cuatro materiales utilizados se tiene un consumo anual de 6629 paquetes, lo cual para la categoría A representa 3492 paquetes, para la categoría B se consumen 2862 paquetes y finalmente para la categoría C se utilizan 275.

Ahora bien, las categorías no sólo están representadas en consumo de paquetes sino también en costo por lo que para la categoría A representa un gasto de \$ 159, 638, para la categoría B se tiene un gasto de \$18,432 y para la categoría C se destinan \$ 38, 043.16, lo que da un costo anual de \$ 197, 681.16.

El porcentaje del consumo anual muestra que para la categoría A el costo anual es de 80.76%, para la categoría B representa el 14.92% y la categoría C tiene el 4.33%.

Tabla 4.1 Análisis ABC de materiales dentales

Análisis ABC de materiales dentales					
Categoría ABC	Consumo de tipo de material	% de consumo de tipo de material	Consumo anual	Costo anual	% de costo anual
A	31	41.89%	3492	\$ 159,638	80.76%
B	20	27.03%	2862	\$ 29,485	14.92%
C	23	31.08%	275	\$ 8,558	4.33%
Total	74	100%	6629	\$ 197,681	100.00%

Con este análisis ya se conocen los materiales en la categoría A (por ejemplo, guantes, cubrebocas, anestésico, jeringas), materiales en la categoría B (por ejemplo, algodón, Ionómero de vidrio tipo I y II, etc.) y materiales en la categoría C (por ejemplo, siliconas, eyectores, alginato, etc). El listado completo de la clasificación ABC se encuentra en el Anexo 2.

El análisis ABC depende del costo (gasto anual de materiales) y no es suficiente para la administración del inventario. Por lo tanto, la importancia de un medicamento (análisis vital, esencial y deseable) también debe considerarse para mejorar la gestión [31].

4.2 Análisis VED

Los medicamentos de la clase V se necesitan para el soporte vital y deben estar disponibles en las existencias de farmacias en todo momento. Los fármacos de clase E, que tienen una gravedad menor, son eficaces para las terapias de menor riesgo para la vida, pero aún son enfermedades graves y deben estar disponibles en las reservas de farmacia. Los medicamentos restantes con la gravedad más baja, que se usan para la terapia de enfermedades leves, están incluidos en los medicamentos de la clase D. La ausencia de estos fármacos no es fatal para la salud de los pacientes [54].

Para el análisis VED es necesario decidir las categorías; para la categoría V se deben de tomar medicamentos esenciales para los tratamientos (por ejemplo, radiografías, guantes, anestesia, cubre boca, gasas), para la categoría E los medicamentos lo que se debe tener en el inventario son menos importantes que los de la categoría V (por ejemplo, resina dual, eyectores, alginato) y por último los materiales de la categoría D, se pueden sustituir por otros materiales (por ejemplo, algodón, hilo retractor, jeringas de 3 ml.). El listado completo de la clasificación VED se encuentra en Anexo 3.

La matriz VED muestra la importancia no monetaria de un producto, esto es la importancia que cada material representa para el tratamiento del paciente.

Para poder definir los materiales en vitales, esenciales y deseables se tuvo una entrevista con los dentistas, ya que cada uno es especialista en un área y de acuerdo con su experiencia y a los materiales que utilizan se le asignó la clasificación; para los materiales utilizados en común (que utilizan más de un especialista o que se necesitan en más de un tratamiento) se clasificó de acuerdo a la ponderación que más obtuvo.

Los resultados del análisis VED revelaron que del consumo anual de 6629 empaques (o piezas individuales de los 74 materiales utilizados en la clínica dental) 3180 son empaques vitales (V), 648 están catalogados como empaques esenciales (E), y 2801 como empaques deseables (D). En porcentaje significa que los empaques vitales representan un 47.97%, los empaques esenciales representan un 9.78% y los empaques deseables un 42.25% (Ver Tabla 4.2).

En cuanto a costo anual que es de \$ 197,681.16, para los empaques vitales se tiene un costo de \$ 131,971.08, en el caso de los empaques esenciales el costo anual es de \$ 45,271 y finalmente el costo de los empaques deseables es de \$20,439.08. En porcentaje representa que para los empaques vitales el costo anual es de 66.76%, de los empaques deseables es de 22.90% y por último de los empaques deseables existe el gasto de 10.34%.

Tabla 4.2 Análisis VED de materiales dentales

Análisis VED de materiales dentales				
Categoría VED	Consumo anual	% de consumo anual	Costo anual	% de costo anual
V	3180	47.97%	\$ 131,971.08	66.76%
E	648	9.78%	\$ 45,271.00	22.90%
D	2801	42.25%	\$ 20,439.08	10.34%
Total	6629	100%	\$ 197,681.16	100.00%

4.3 Análisis ABC-VED

Para el análisis ABC-VED se estudiaron nueve subcategorías diferentes agrupadas de la siguiente manera:

- Categoría A y que son vitales (AV), categoría A y son esenciales (AE) y categoría A y son deseables (AD).
- Categoría B y son vitales (BV), categoría B y son esenciales (BE) y categoría B y son deseables (BD).
- Categoría C y que son vitales (CV), categoría C y son esenciales (CE) y categoría C y son deseables (CD).

Posteriormente las nueve subcategorías se agruparon en tres categorías principales:

- Categoría I (AV, AE, AD, BV y CV),
- Categoría II (BE, CE, BD) y
- Categoría III (CD).

Realizando la combinación de los análisis ABC y VED se obtiene que para la subcategoría AV el consumo anual es de 1874 empaques y un costo de \$105,650.84, para la subcategoría BV el consumo anual es de 1265 empaques y representa un costo de \$ 21,295.24 y para la subcategoría CV el consumo anual es de 41 empaques con un gasto de \$ 5,025, por lo que todos los empaques vitales independientemente si son A, B o C representan un gasto de \$ 131,971.08.

Para la subcategoría AE el consumo anual es de 97 empaques y un costo de \$39,414, para la subcategoría BE es de 523 empaques y tiene un costo de \$4,980 y para la subcategoría CE el consumo anual es de 28 empaques con un gasto de \$ 877, por lo que todos los materiales esenciales en combinación con A, B o C representan un gasto de \$ 45, 271.

En el caso de los materiales deseables en combinación con la clasificación ABC se tiene un costo anual de \$20,439.08 de los cuales \$ 14,573.16 representa el gasto de la subcategoría AD con un consumo anual de 1521 empaques, para la subcategoría BC el gasto es de \$3,209.52 con un consumo anual de 1074 empaques y finalmente la subcategoría CD representa un costo anual de \$2,656.40 el cual tiene un consumo anual de 206 empaques (Véase Tabla 4.3).

Para la agrupación de las categorías, la categoría I tiene un costo anual de \$ 185,958.24 que representa el 94.07% del costo anual y un consumo anual de 4798 empaques los cuales representan el 72% del consumo anual. Para la categoría II el costo anual es de \$9,066.52 que es un 4.59% del costo anual, para el consumo anual se utilizan 1625 materiales que es el 25% del consumo anual y para el 3% restante de los medicamentos con un consumo anual de 206 se encuentran en la categoría III, y el gasto que representa es del 3% lo que equivale a \$2,656.40 (Véase Tabla 4.4).

Los medicamentos en la Categoría I (AV, AE, AD, BV y CV) deben ser manejados seriamente. El nivel de consumo y stock debe ser monitoreado continuamente por la alta gerencia.

Los subgrupos AV, AE y BV de Categoría I, son vitales o esenciales y su agotamiento es inadmisibles. El subgrupo CV consiste en fármacos de bajo costo, pero de alta criticidad.

Los materiales en la Categoría II (BE, CE, BD) son esenciales y tienen un costo promedio. Deben ser gestionados con un control moderado por la gerencia de nivel medio, pero su consumo también debe ser controlado.

La Categoría III (CD) consiste en medicamentos que son deseables y de bajo costo. Deben ordenarse periódicamente y controlarse por un nivel de gestión más bajo. Las categorías de los materiales se pueden observar en el Anexo 4.

Tabla 4.3 Análisis ABC- VED de materiales dentales

ABC- VED MATRIX	V			E			D			Consumo anual	Costo anual	% de consumo anual
	Subcategoría	Consumo anual	Costo anual	Subcategoría	Consumo anual	Costo anual	Subcategoría	Consumo anual	Costo anual			
A	AV	1874	\$ 105,650.84	AE	97	\$ 39,414.00	AD	1521	\$ 14,573.16	3492	\$ 159,638.00	53%
B	BV	1265	\$ 21,295.24	BE	523	\$ 4,980.00	BC	1074	\$ 3,209.52	2862	\$ 29,484.76	43%
C	CV	41	\$ 5,025.00	CE	28	\$ 877.00	CD	206	\$ 2,656.40	275	\$ 8,558.40	4%
TOTAL		3180	\$ 131,971.08		648	\$ 45,271.00		2801	\$ 20,439.08	6629	\$ 197,681.16	100%

Tabla 4.4 Matriz del Análisis ABC - VED de materiales dentales

Categoría	Consumo anual	% del consumo anual	Costo anual	% de costo anual
I(AV+AE+AD+BV+CV)	4798	72%	\$ 185,958.24	94.07%
II (BE+CE+BD)	1625	25%	\$ 9,066.52	4.59%
III (CD)	206	3%	\$ 2,656.40	1.34%
TOTAL	6629	100%	\$ 197,681.16	100.00%

4.4 Modelo EOQ

En el análisis del inventario se realizó el pronóstico de demanda de los materiales que se trabajaron en la clasificación ABC-VED; como se mencionó en el punto 3.2 Obtención de datos se trabajan con las demandas anuales de los años 2013, 2014, 2015, 2016, 2017 y se realiza el pronóstico de demanda 2018, con ayuda del software Minitab 17 (Ver Anexo 5). Con el pronóstico de demanda se debe obtener el tamaño del lote Q (para este estudio Q representa la cantidad de dinero no unidades ya que la demanda se maneja en pesos entre número de piezas al cuadrado al igual que el costo de mantener el inventario), el número de pedidos al año y la cantidad a comprar por material en cada pedido.

Se conoce la demanda por material y el precio de cada uno de los materiales, se calcula el costo anual, el costo por ordenar los materiales se obtiene de la entrevista realizada a la persona que se dedica a la compra de material, en este caso la dueña de la clínica. La limitante del manejo del modelo es que se determina la cantidad de dinero a gastar. Para poder obtener el gasto a realizar en cada compra se utiliza la fórmula de Q para el modelo EOQ, sin embargo, se realiza el siguiente análisis de unidades:

$$D = \frac{\$}{P^2}$$

$$C_p = [\$]$$

$$Ch = \frac{\%}{P^2}$$

P = número de piezas

$$Q = \sqrt{\frac{\frac{\$}{P^2} * \$}{\frac{\%}{P^2}}} = \sqrt{\$^2} = \$$$

El pronóstico de costo total para el año 2018 es de \$254,615.94 (Ver anexo 6), para obtener un inventario óptimo se divide el pronóstico de costo total de la demanda del año 2018 entre el tamaño del lote óptimo y como resultado se debe de comprar ocho veces al año, esto es cada 45 días. La cantidad de dinero para hacer una compra óptima (se calcula con la fórmula de Q) es de \$35,684.45 (ver Tabla 4.5). Para obtener la cantidad de piezas por comprar primero se divide

el costo anual por pieza entre el costo anual con esta operación se obtiene la proporción (en pesos) por pieza del inventario, posteriormente la proporción de la pieza del inventario se multiplica por el tamaño de lote, para conocer la proporción (Proporción de Q) del material que representa en el tamaño de gasto a invertir por pedido, lo cual también se puede representar por cantidad de piezas a comprar. La cantidad de productos a comprar cada vez que se realice un pedido se pueden consultar en el Anexo 7.

Tabla 4.5 Resultados del modelo EOQ de los materiales dentales

Conceptos	Cantidades
Pronóstico de costo	\$ 254,615.94
Costo por ordenar	\$ 500.00
Tamaño del lote (Q)	\$ 35,684.45
Número de piezas a comprar por pedido	1207
Número de pedidos al año (n)	8

También se obtienen los datos para el año 2017 (Ver Anexo 9) siguiendo el mismo procedimiento, los resultados se muestran en la Tabla 4.6.

Tabla 4.6 Resultados del modelo EOQ de los materiales dentales en el año 2017

Conceptos	Cantidades
Costo de la demanda	\$ 196,349.16
Costo por ordenar	\$ 500.00
Tamaño del lote (Q)	\$ 31,332.82
Número de piezas a comprar por pedido	1057
Número de pedidos al año (n)	7

4.5 Modelo EOQ con descuentos por cantidad

Hay productos que se pueden adquirir con descuento por cantidad (generalmente son materiales que se utilizan en todos los procedimientos dentales). Para este modelo se utiliza la cantidad de material que genera descuento y el porcentaje de descuento sobre el precio. Los materiales con descuento se muestran en la Tabla 4.7.

Tabla 4.7 Materiales con descuento

Material	Cantidad con descuento	% de descuento
Campos de trabajo	400	20 %
Guantes	40	20 %
Anestésico tópico	20	20 %
Cubre bocas	400	20 %
Jeringas de 3ml	500	3%
Jeringas de 5ml	500	3%
Eyectores	400	20%
Agua	24	2%
Agujas dispensadoras	300	20%
Diques de hule	200	20%
Agujas para anestesia cortas	400	5%
Agujas para anestesia	400	5%
Gasas	400	20%

El pronóstico de costo para este modelo es de \$ 247,020.07, por lo que el tamaño óptimo de costo es de \$35,143.99 (Ver Tabla 4.8). Por lo que se tiene un ahorro de \$ 7,595.87 con respecto al modelo anterior.

Para calcular el número de piezas a comprar por material se realiza el mismo procedimiento que en el modelo EOQ. La cantidad de productos a comprar cada vez que se realice un pedido se pueden consultar en el Anexo 8.

Tabla 4.8 Resultados del modelo EOQ con descuento por cantidad de los materiales dentales

Concepto	Cantidades
Pronóstico costo	\$ 247,020.07
Costo por ordenar	\$ 500.00
Tamaño del lote (Q)	\$ 35,143.99
Número de piezas a comprar por pedido	1109
Número de pedidos al año (n)	7

De la misma manera se calculan para el año 2017 (Ver Anexo 10), los resultados se muestran en la Tabla 4.9.

Tabla 4.9 Resultados del modelo EOQ con descuento por cantidad de los materiales dentales en el año 2017

Concepto	Cantidades
Costo de demanda	\$ 190,477.77
Costo por ordenar	\$ 500.00
Tamaño del lote (Q)	\$ 30,860.80
Número de piezas a comprar por pedido	983
Número de pedidos al año (n)	6

Capítulo 5. Resultados

En el análisis ABC que se realizó para la clínica dental se clasificaron los materiales, de los cuales 31 son críticos (categoría A), 20 materiales son recomendables (categoría B) y 23 materiales son deseables (categoría C); los 31 materiales (categoría A) representan el 81% del costo total anual; adicionalmente son materiales vitales (V), por lo cual, se debe de prestar atención para el manejo de los mismos y evitar que falten dentro de la clínica dental ya que sin ellos los tratamientos no podrían realizarse.

En el caso de los materiales recomendables (Categoría B) que son el 15% de los materiales utilizados son considerados esenciales (E) y los materiales de la Categoría C representan el 4% del costo.

El resultado del modelo EOQ del año 2018 con descuento, indica que sí existe un ahorro de dinero de \$ 7,595.87 con respecto al modelo EOQ del mismo año, por lo tanto, lo adecuado es que se compre el material con base al modelo EOQ con descuento, no sólo los materiales que tienen sino el número de veces al año y la cantidad de cada material, ya que es parte de la misma estrategia de compra.

De igual manera, en el comparativo del año 2017, el mismo modelo EOQ con descuento muestra un ahorro, está vez de \$ 5,871.39 en comparación con el modelo EOQ del mismo año. Por lo tanto, se deben de realizar los pedidos las veces señaladas y la cantidad de dinero que se debe invertir en cada compra y, sobre todo, la cantidad de piezas del material dental a pedir en cada una de ellas.

La política de inventario para la clínica dental con los datos del año 2018 seria: El número de pedidos al año es de siete y cada pedido es de \$ 35,143.99, el número de piezas a comprar por pedido es de 1109 y los materiales a comprar se pueden revisar en el Anexo 8.

Conclusiones

Se necesita conocer el comportamiento de todos los materiales utilizados para conocer el comportamiento de su demanda ya que ésta impacta en los costos de adquisición de material y por lo tanto en los costos de los tratamientos. Una vez que se conoce la importancia cuantitativa y cualitativa de los materiales es necesario saber la forma en que se van a adquirir.

Para este estudio se selecciona la opción de modelo de EOQ con descuento por cantidad ya que el gasto anual es menor que el modelo de EOQ, si bien el número de veces a pedir es el mismo, hay una reducción de gasto. Ese ahorro se puede ver reflejado en la reducción de los costos de los tratamientos o bien se puede utilizar para el área de mercadotecnia, cursos de capacitación o mejora en el servicio al cliente.

Disponer de un inventario adecuado también se puede ver reflejado en el incremento de la demanda ya que habrá una diferenciación en el nivel de servicio con respecto a la competencia, teniendo un mejor posicionamiento en el mercado.

Al realizar el análisis ABC de los años 2017 y 2018 se muestra que su comportamiento no cambia a pesar de que son demandas diferentes, sin embargo, el análisis se debe de realizar de manera frecuente ya que los materiales están propensos a cambios.

El análisis ABC es importante ya que con él se observa el comportamiento de la demanda y los costos de los materiales; es necesario conocer dicho comportamiento para que a partir de ahí se decidan las compras de los materiales.

Con los resultados anteriores se espera que el nivel de servicio sea mejor que el que se tiene actualmente, ya que las herramientas planteadas en el trabajo son de gran utilidad para tener un mejor posicionamiento en el municipio de Ocoyoacac y los municipios aledaños.

Recomendaciones

Se sugiere realizar al análisis ABC periódicamente (mínimo una vez al año), para verificar si los materiales siguen teniendo el mismo comportamiento, ya que con el paso del tiempo tienden a modificarlo por motivos ajenos a la clínica dental (nuevos materiales dentales, inflación, tendencias de moda en tratamientos, etc.)

También es recomendable utilizar el Análisis ABC-VED para priorizar materiales médicos que deben ser necesarios tener en almacén y de los que pueden ser reemplazados por otros.

Es aconsejable seguir documentando los datos de inventario y demanda para utilizar las herramientas que en este documento se describieron u otro tipo de ayuda.

Por último, se recomiendan las herramientas que se presentan en este trabajo para la toma de decisiones médicas y la identificación de las prioridades de tratamientos que se realizan en la clínica dental.

Trabajos futuros

Para facilitar la información del inventario y del Análisis ABC, se deberá optimizar el proceso de recolección de datos mediante el uso de software de inventario; por otro lado, como las MiPyME no cuentan con los recursos económicos necesarios para comprar este tipo de herramientas podrían desarrollar su propio programa para gestión de inventario y análisis ABC.

Para mejorar el uso de las herramientas presentadas en este trabajo se recomienda que más MiPyME de servicios de salud las utilicen para tener bases con las cuales se desarrollen metodologías y herramientas en este sector y pueda crecer en México.

También se sugiere realizar una simulación para conocer el comportamiento de la demanda y tener más herramientas que permitan realizar otros modelos de inventario que incluya, por ejemplo, costo de obsolescencia, etc.

Bibliografía

- [1] D. Feibert, *Improving Healthcare Logistics Processes, Denmark: DTU Management Engineering*. Technical University of Denmark, 2017.
- [2] M. e. Merca2.0, «Merca 2.0,» 25 07 2018. [En línea]. Available: <https://www.merca20.com/pequenas-empresas-mexico/>. [Último acceso: 03 01 2019].
- [3] L. I. L. Monterrubio, «*La globalización en México, ¿Un reto para las MIPyMES ?*,» 2015.
- [4] J. G. Pérez, «*El panorama de las micro, pequeñas y pequeñas empresas en México*,» 2013, pp. 2-6.
- [5] INEGI, INADEM y BANCOMEXT, «*Boletín de Prensa Núm. 285/16. Se difunden estadísticas detalladas sobre las micro, pequeñas y medianas empresas del país*,» INEGI, Aguascalientes, 2016.
- [6] L. Navarro Elola, M. N. García asarejos y M. J. Vela Jiménez, «*El panorama actual de las pymes: ventajas y desventajas competitivas*,» Universidad de Zaragoza, Zaragoza, 1999.
- [7] C. Bárdan Esquivel, G. Rivera Paz y M. d. C. González Moreno, «*Micro, pequeñas y medianas empresas en México. Evolución, funcionamiento y problemática*,» Instituto de Investigaciones Legislativas del Senado de la República, México, 2002.
- [8] INEGI, «*Instituto Nacional de Estadística y Geografía*,» 2009. [En línea]. Available: <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/Preview.aspx>. [Último acceso: Noviembre 2017].
- [9] C. e. 2014, *Minimonografía. Micro, pequeña, mediana y gran empresa*, México: INEGI, 2014.
- [10] L. R. Burns y R. A. DeGraaff, «*The Wharton School Study of the Health Care Value Chain*,» US, 2001.
- [11] M. Christopher, *Logistics & Supply Chain Management*, Gran Bretaña: Prentice Hall, 2011.

- [12] L. J. Everard, «Blueprint for an Efficient Health Care Supply Chain,» *Health Care Supply Chain Strategist*, pp. 6-8, 2001.
- [13] C. C. a. S. Kachhal, «Managing the healthcare supply chains: trend, issues and solutions from a logistics perspective,» *Sixt. Annu. Soc. Heal. Syst. Manag. Eng. forum*, pp. 1-9, 2004.
- [14] B. Keith Smith, «*An Empirical Investigation of Supply Chain Excellence in Healthcare*,» University of Arkansas, Fayetteville, Arkansas, 2011.
- [15] J. Langabeer, «The evolving role of supply chain management technology in healthcare,» *Journal of Healthcare Information Management*, vol. 19, nº 2, pp. 27-33, 2005.
- [16] C. Consulting, *EHCR, Efficient Healthcare Consumer Response, Improving the Efficiency of the Healthcare Supply Chain*, 1996.
- [17] R. Kaplan y M. E. Porter, «How to Solve the Cost Crisis In Health Care,» *Harvard Business Review*, vol. 89, nº 9, pp. 46-64, 2011.
- [18] C. Christensen, R. Bohmer y J. Kenagy, «Will Disruptive Innovations Cure Health Care?,» *Harvard Business Review*, vol. 78, nº 5, pp. 102-112, 2000.
- [19] S. Landry, «*How Logistics Can Service Healthcare*,» pp. 24-30, 2004.
- [20] O. C. o. p. & supply, «Oxford. College of procurement & supply,» [En línea]. Available: <https://www.oxfordcollegeofprocurementandsupply.com/what-makes-a-procurement-leader/>. [Último acceso: noviembre 2018].
- [21] K. E. MacKone-Sweet, «The Ailing Healthcare Supplu Chain: A prescription for Change,» *The Journal of Supply Chain Management: A global review of purchasing ans supply*, pp. 1-24, 2005.
- [22] N. Rego y J. Sousa, «Supply chain coordination in hospital,» *IFIP Advances in Information and Communication Technology*, vol. 307, pp. 117-127, 2009.

- [23] K. McKone-Sweet, P. Hamilton y S. Willis, «The ailing healthcare supply chain: a prescription for change,» *Journal of Supply chain Management*, vol. 41, nº 1, pp. 4-17, 2005.
- [24] D. DeScioli, *Differentiating the hospital supply chain to enhance performance [M.S. thesis]*, Massachussettes: Massachussettes Institute of Technology, 2001.
- [25] E. AbuKhoua y J. Al-Jaroodi, «Simulation and modeling Efforts to Support Decision Making in Healthcare Supply Chain Managment,» *The Scientific World Journal*, pp. 1-16, 2014.
- [26] R. Bhagwat y M. K. Sharma, «Perfromance measurement of supply chain management: a balance sccorecard approach,» *Computers and Industrial Engineering*, vol. 53, nº 1, pp. 43-62, 2007.
- [27] L. Neumann, «Streamlining the supply chain,» *Healthcare Financial Management*, vol. 57, nº 7, pp. 56-62, 2003.
- [28] D. Roark, «Managing the healthcare supply chain,» *Nursing Management*, vol. 36, nº 2, pp. 36-40, 2005.
- [29] H. A. Taha, *Investigación de operaciones*, Pearson. Prentice Hall.
- [30] S. Chopra y P. Meindl, *Administración de la Cadena de Suministro. Estrategia, planeación y operación*, México: Pearson, 2013.
- [31] Z. Ceylan y S. Bulkan, «Drug Inventory Management of a Pharmacy using ABC and VED Analysis,» *Eusarian Journal of Health Technology Assessment*, vol. 2, nº 1, pp. 13-18, 2017.
- [32] R. Gupta, K. Gupta y B. G. R. Jain, «ABC and VED analysis in medical stores inventory control,» *Medical Journal Armed Forces India*, vol. 63, nº 4, pp. 325-327, 2007.
- [33] S. Nahmias, *Análisis de la producción y las operaciones*, Cecsca, 1999.
- [34] E. S. Leifsson, *Inventory Management at the National University Hospital of Iceland*, Iceland: Faculty of Industrial Engineering, Mechanical Engineering and Computer Sciences University of Iceland, 2012.

- [35] J. I. Baptista Nabais, *Inventory Management for the Health Sector*, Lisboa: Universidade Nova de Lisboa, 2009.
- [36] S. Khurana, N. Chhillar y V. K. Singh Gautam, «*Inventory control techniques in medical stores of a tertiary care neuropsychiatry hospital in Delhi*,» vol. 5, nº 1, pp. 8-13, 2013.
- [37] F. Beier, «The management of the supply chain for hospital pharmacies: A focus on inventory management practices,» *Journal of Business Logistics*, vol. 16, pp. 153-177, 1995.
- [38] P. Jarrett, «Logistics in the health care industry,» *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, vol. 28, nº 9/10, pp. 741-772, 1998.
- [39] N. Mustaffa y A. Potter, «Healthcare Supply Chain Management in Malaysia: a case study,» *Supply Chain Management: an International Journal*, vol. 14, nº 3, pp. 23-243, 2009.
- [40] B. Vikram, S. Prakash y A. Sohal, *Collaborative Management of Inventory in Australian Hospital Supply Chain: Practices and Issues*, Australia: Emerald Group Publishing Limited, 2012.
- [41] X. Xiong y P. Shaligrm, «Logistics Innovation Process Revisited: insight from a hospital case study,» *International Journal of Physical Distribution and Management*, vol. 41, nº 2, pp. 577-600, 2007.
- [42] Heienbuch, «A Case of Successful Technology Transfer to Healthcare: Total quality management and just in time,» *Jornal of Management in Medicine*, MCB University Press, vol. 9, nº 2, pp. 48-56, 1995.
- [43] D. DeScioli, *Differentiating the Hospital Supply Chain For Enhanced Performance*, Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology, 2005.
- [44] D. Burns, M. J. Cote y S. Tucker, «Inventory analysis of a pediatric care center,» *Hospital Materiel Management Quarterly*, vol. 22, nº 3, pp. 84-91, 2001.
- [45] J. Lisboa y C. Gomes, *Gestao de Operacoes*, Porto: Vida Económica, 2006.

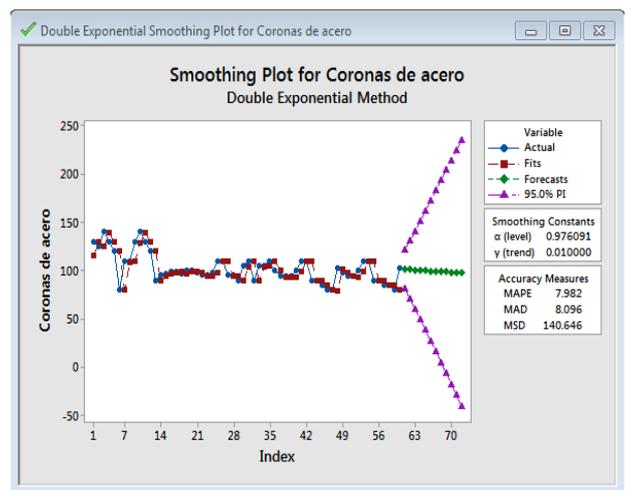
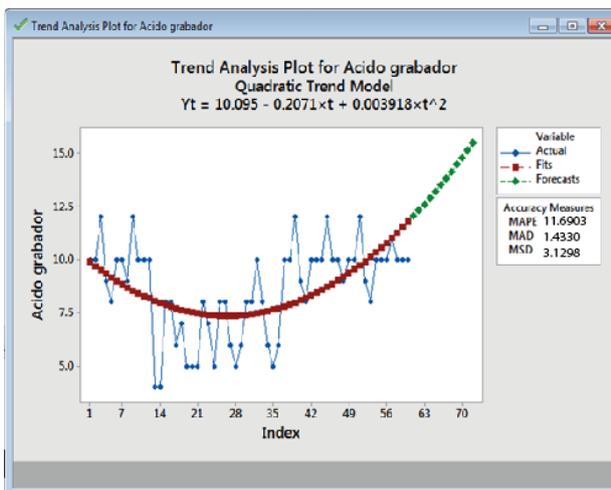
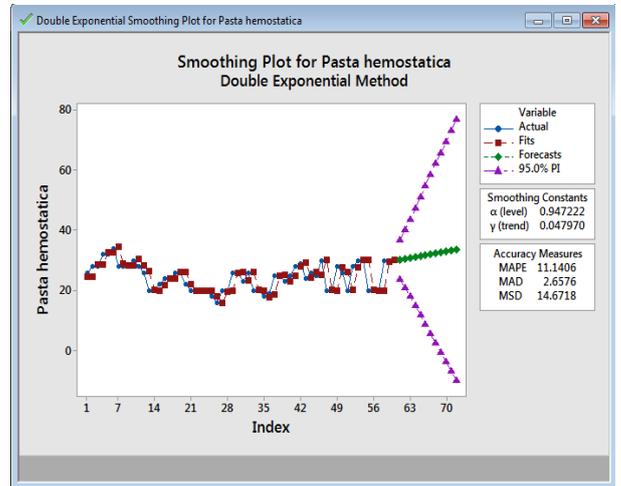
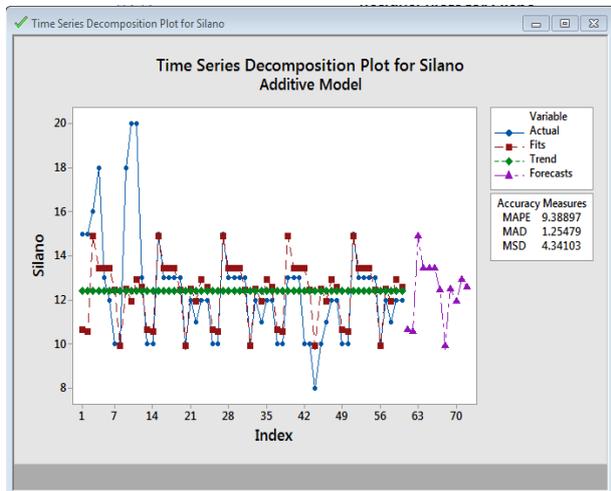
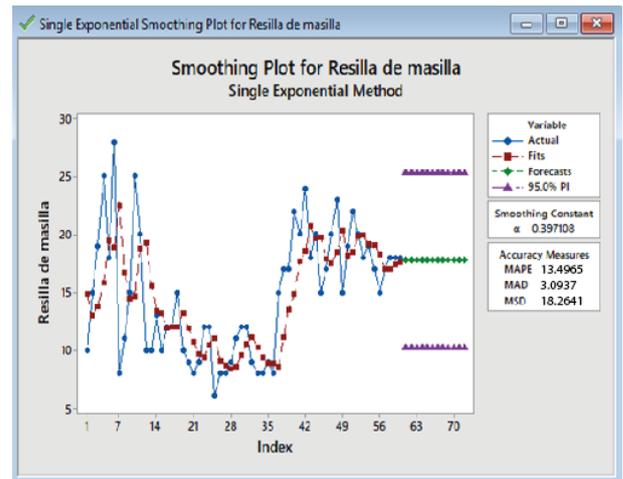
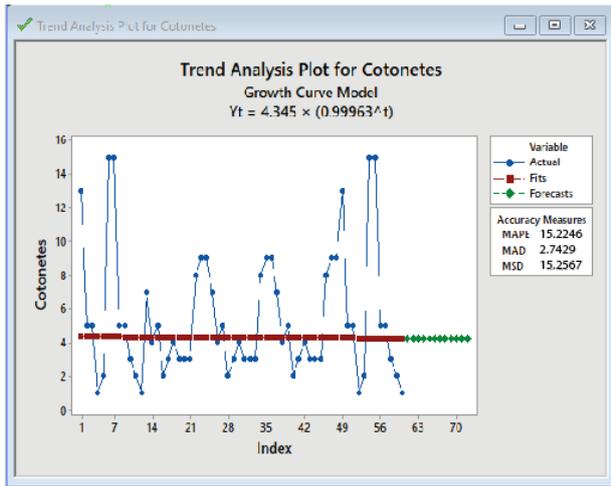
- [46] U. Hani, M. Hasan Basri y D. Winarso, *Inventory Management of Medical Consumables in Public Hospital: A Case Study*, Bandung, Indonesia: Bandung Institute of Technology, 2013.
- [47] N. Gupta, «Inventory Analysis in a Private Dental Hospital in Bangalore, India,» *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, vol. 10, nº 11, pp. 10-12, 2016.
- [48] A. Singam, S. Dudhgaonkar, A. Mamarde, K. Salwe y H. Khan, «ABC-VED Analysis of drug store in Tertiary Care Hospital for year 2013-2014,» *Indo Journal of Pharmaceutical Research*, vol. 6, nº 8, pp. 6-11, 2016.
- [49] V. Yigit, «Medicla materials inventory control analysis ay University Hospital in Turkey,» *International Journal of Health Sciences and Research*, vol. 4, nº 1, pp. 227-231, 2017.
- [50] S. Díaz-Maroto Muñoz, «Gestión de estocs del material sanitario en el servicio de farmacia del Hospital General Penitenciario: (II) Información y aplicación de la clasificación ABC al análisis de consumo,» *Comunicaciones breves. Hospital General Penitenciario*, vol. 19, nº 4, pp. 165-168, 1995.
- [51] A. Moreno, «El empresario.mx,» *La comunidad PYME del economista*, 11 11 2011. [En línea]. Available: <http://elempresario.com.mx/actualidad/gran-ano-consultorios-dentales>. [Último acceso: 12 2016].
- [52] D. Kritchanchai y W. Meesamut, «Developing Inventory Management in Hospital,» *International Journal of Supply Chain Management*, vol. 4, nº 2, pp. 11-19, 2015.
- [53] S. Makridakis, *Métodos de pronósticos*.
- [54] V. R. Thawani, A. Turankar, S. D. Sontakke, S. Pimpalkhute, G. Dakhale y K. S. Jaiswal, «Economic analysis of the drug expenditure in Government Medical College Hospital Nagpur,» *Indian Journal Pharmacol*, vol. 36, pp. 15-19, 2004.

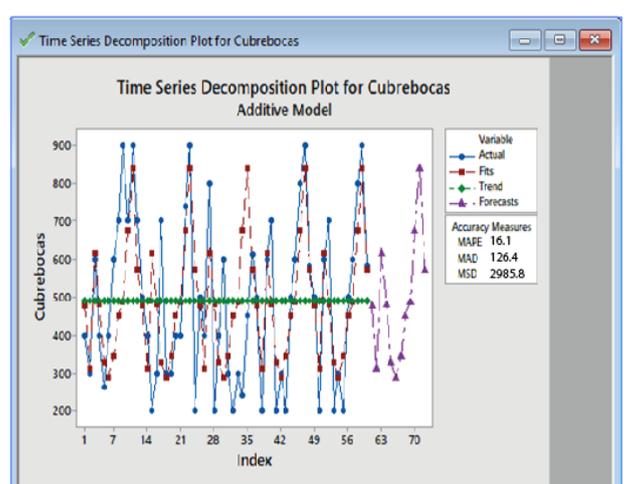
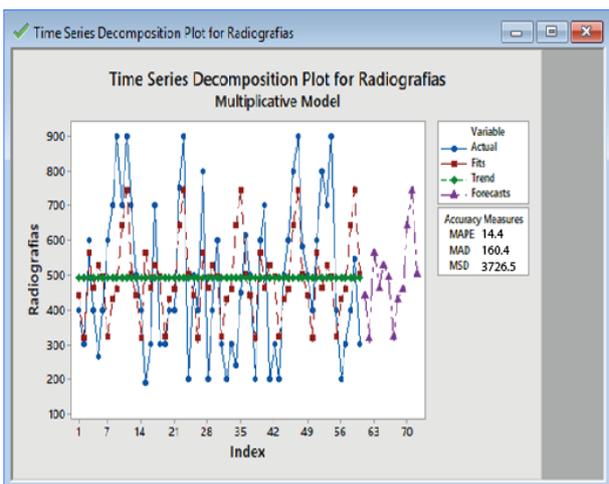
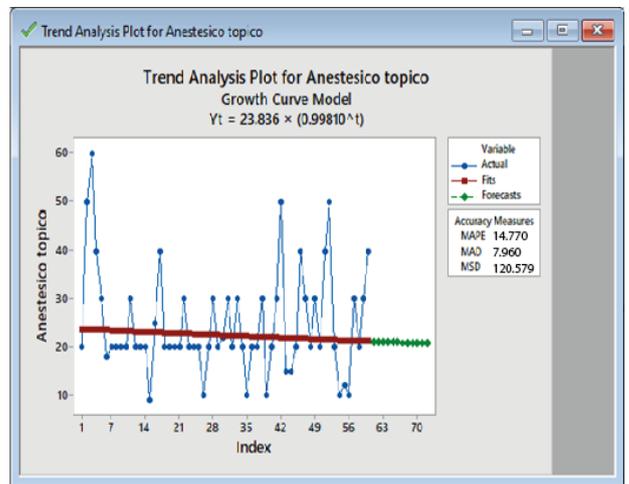
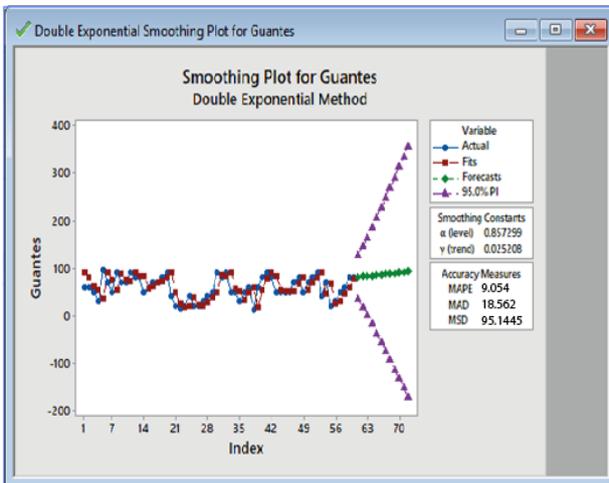
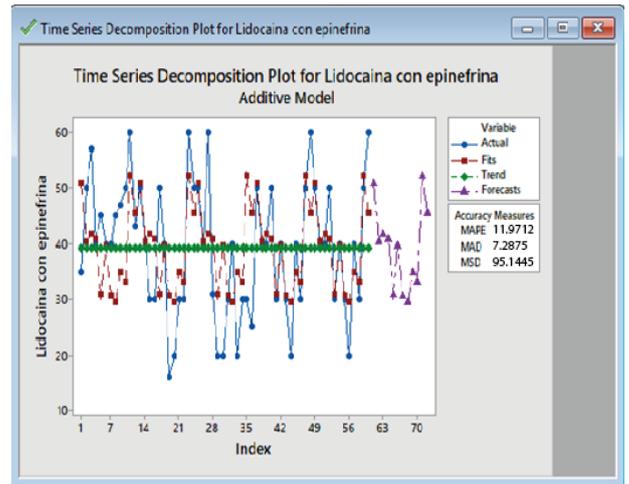
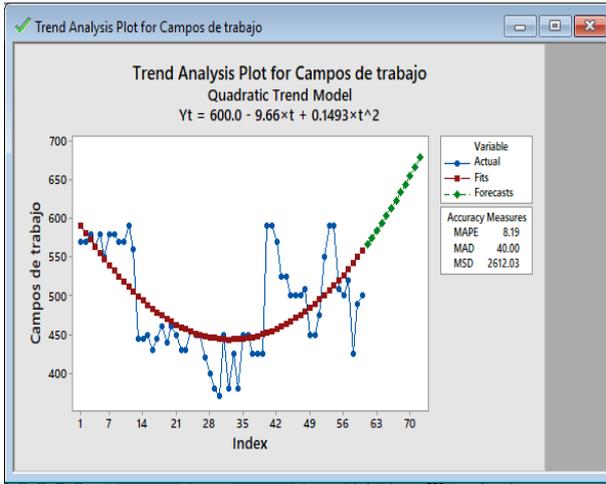
Anexos

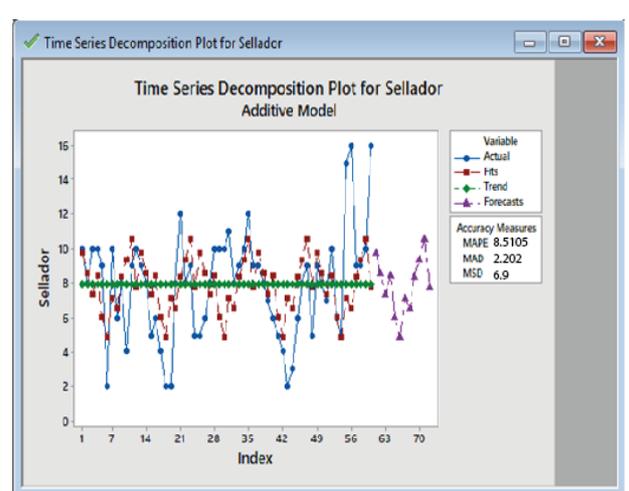
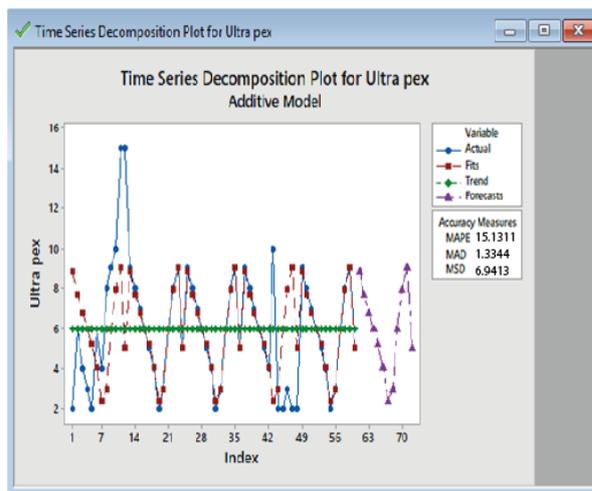
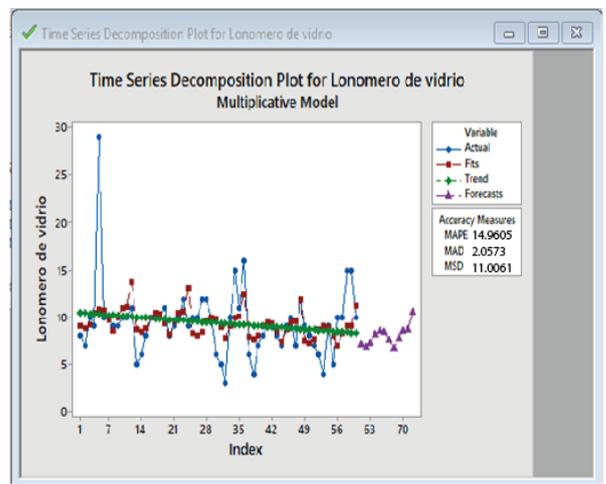
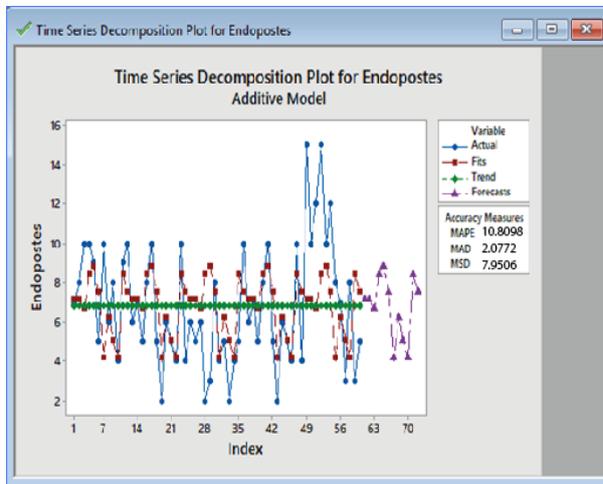
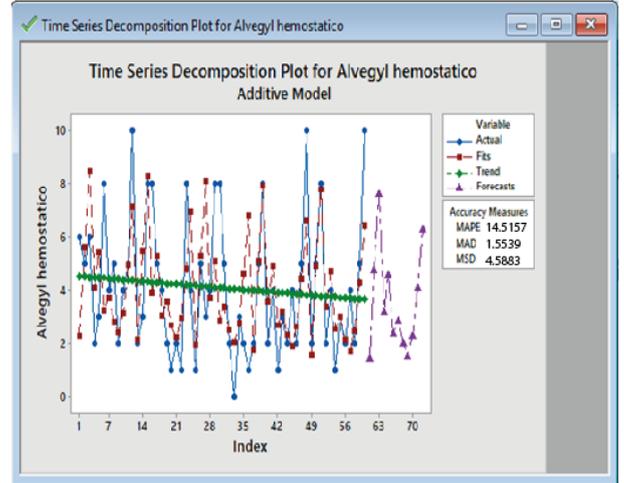
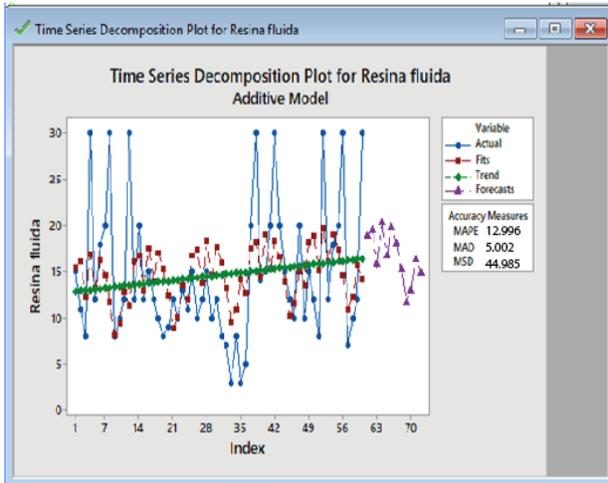
Anexo 1. Pronóstico de la demanda de los materiales

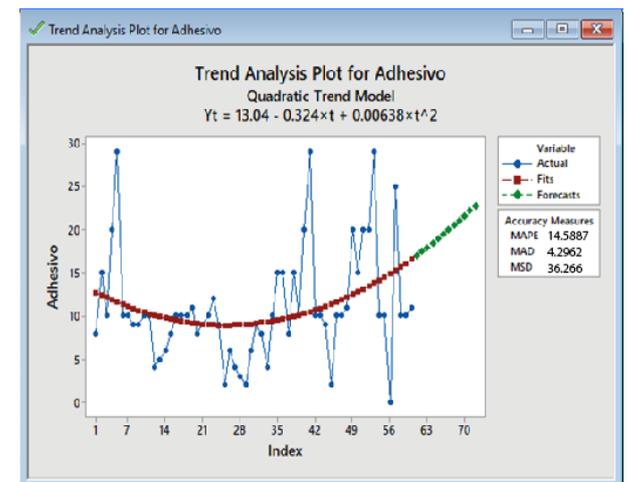
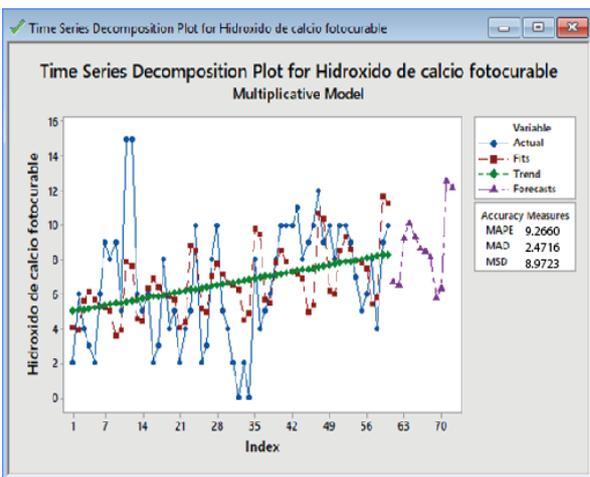
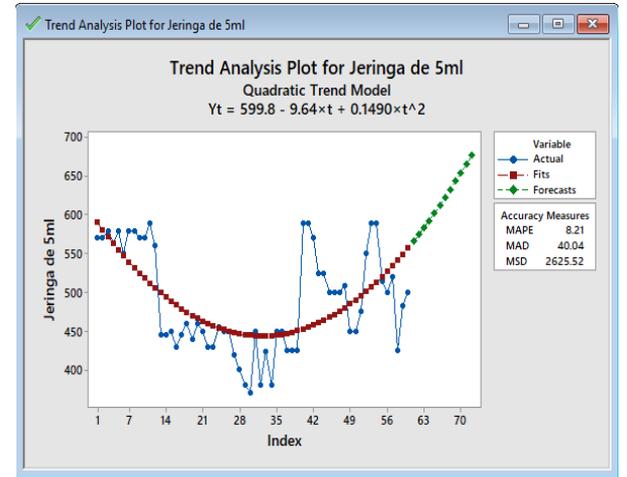
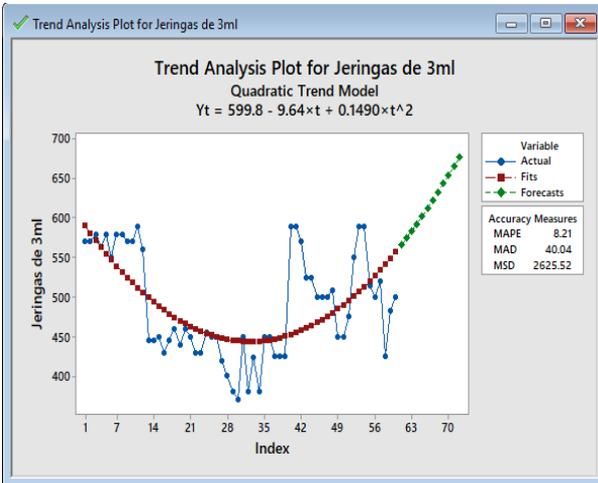
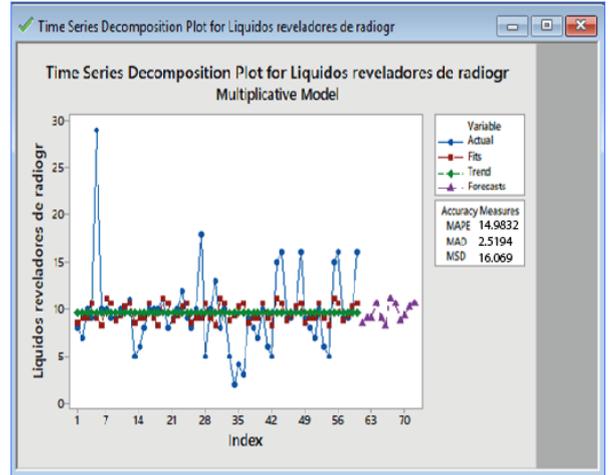
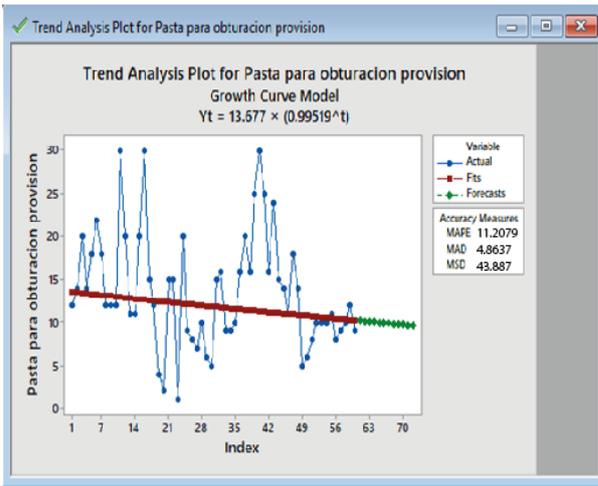
	Producto	Demanda (consumo anual)					Pronóstico
		2013	2014	2015	2016	2017	2018
1	Arcos	4	3	2	3	8	13
2	Resina en masilla	17	12	9	18	18	28
3	Silano	15	12	12	11	12	13
4	Pasta hemostática	29	22	21	25	26	34
5	Acido grabador	10	6	7	10	10	15
6	Coronas de acero	122	97	102	94	95	72
7	Campos de trabajo	572	445	417	507	504	650
8	Lidocaína con epinefrina	46	36	33	40	40	51
9	Resina fluida	17	12	9	18	17	19
10	Guantes	68	53	50	61	60	77
11	Anestésico tópico	29	22	21	25	26	34
12	Radiografías	572	445	417	507	504	650
13	Cubre bocas	572	445	417	507	504	650
14	Alveogyl Hemostático	5	4	3	4	4	5
15	Endopostes	8	6	5	6	9	13
16	Ionómero de vidrio	11	9	10	8	9	9
17	Ultra pex	7	6	6	5	6	6
18	Sellador	8	6	9	6	10	7
19	Pasta para obturación provisional	17	13	10	19	9	14
20	Líquidos reveladores de radiografías	11	9	8	10	10	13
21	Jeringas de 3ml	572	445	417	507	504	650
22	Jeringas de 5ml	572	445	417	507	504	650
23	Hidróxido de calcio foto curable	7	5	4	9	8	12
24	Adhesivo	12	9	7	12	15	23
25	Pasta de cementador provisional	11	9	10	8	9	9
26	Ionómero de vidrio tipo II	13	10	10	10	10	12
27	Microbrush	18	14	11	20	19	28
28	Hipoclorito de sodio	16	13	13	13	13	15
29	Algodón	572	445	417	507	504	650
30	Hilo retractor	11	9	10	8	9	7
31	Ionómero de vidrio tipo I	12	10	10	10	10	9
32	Alginato	14	11	12	11	15	19
33	fresas	10	7	6	9	15	24
34	Fundas de celuloide	28	21	19	26	26	35
35	Eyectores	572	445	417	507	504	650

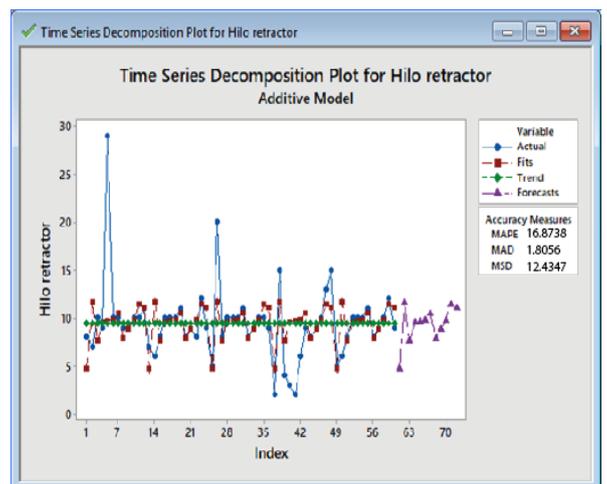
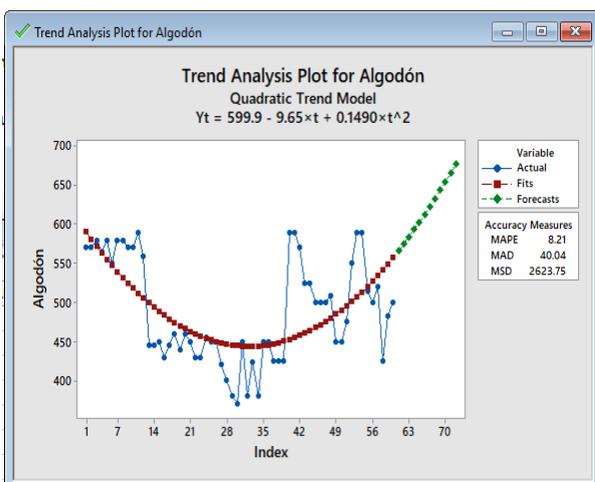
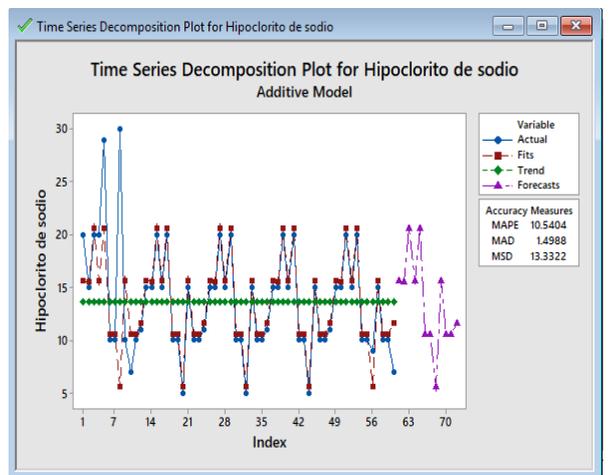
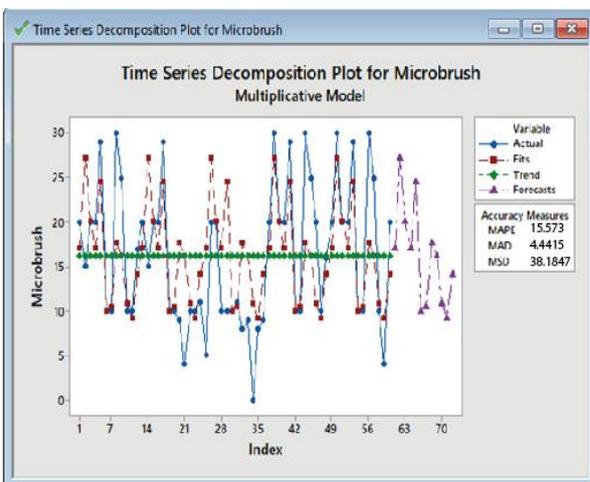
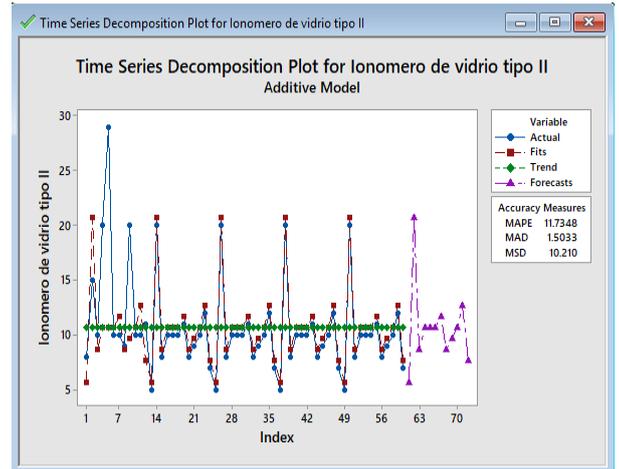
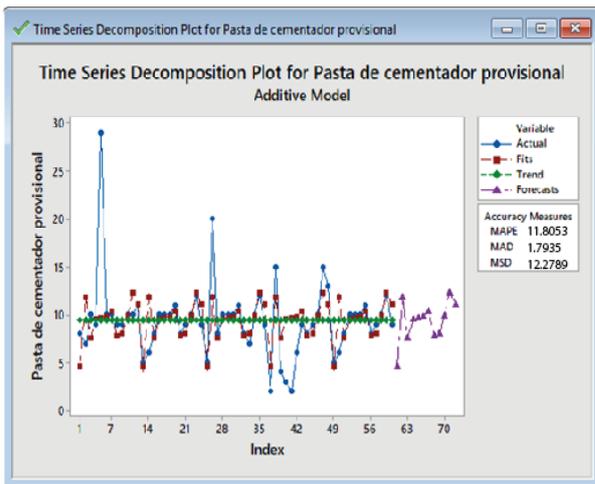
36	Resina para braquet	4	3	2	3	3	4
37	Agua	184	135	107	191	186	279
38	Resina dual	2	2	1	2	4	6
39	Pasta para profilaxis	1	1	1	2	2	3
40	Ultrasonido	2	1	2	2	3	4
41	Silicona ligera	4	3	2	4	3	4
42	Silicona pesada	2	1	1	1	3	5
43	Yodo povidona	4	3	3	4	4	5
44	Agujas dispensadoras	296	226	194	286	327	475
45	Diques de hule	252	192	161	245	243	344
46	Cri	1	1	1	2	3	4
47	Agujas para anestesia cortas	572	445	417	507	504	650
48	Agujas para anestesia	572	445	417	507	504	650
49	Tira nervios	8	7	6	6	7	8
50	Gasas	572	445	417	507	504	650
51	Cemento de óxido de zinc	1	1	1	1	2	2
52	Hilo dental	14	11	11	11	12	15
53	Módulos elásticos	4	3	2	3	4	6
54	Gutta percha	15	11	9	15	9	9
55	Cadena elástica	4	3	2	3	4	6
56	RM	1	1	1	1	2	3
57	Cemento de Ionómero de vidrio	1	1	1	1	3	4
58	Material de blanqueamiento	1	1	0	1	1	2
59	Cuñas de madera	167	121	92	178	173	162
60	Óxido de zinc y eugenol	2	1	2	1	3	2
61	Ligaduras del 10	4	3	2	0	4	6
62	Puntas de papel	9	7	7	6	7	8
63	Limas	7	7	6	6	6	6
64	Yesos Velmix	2	1	1	2	2	3
65	Cera rosa	2	1	1	2	2	3
66	Yesos Piedra	1	1	1	2	2	2
67	Flúor	2	2	1	2	2	2
68	Cepillos de profilaxis	13	10	8	14	14	20
69	Godetes de vidrio	6	5	4	5	4	4
70	Solución fisiológica	6	5	5	5	5	5
71	Acrílico	2	1	1	1	2	3
72	Papel de articular	5	4	4	5	3	3
73	Alcohol	5	5	4	5	5	6
74	Cotonetes	6	5	5	5	6	7

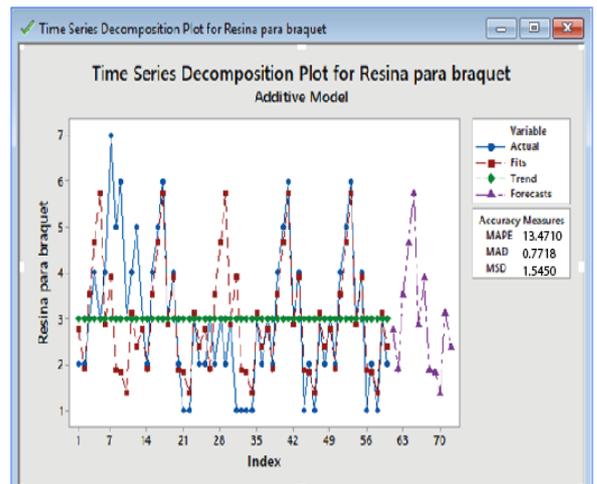
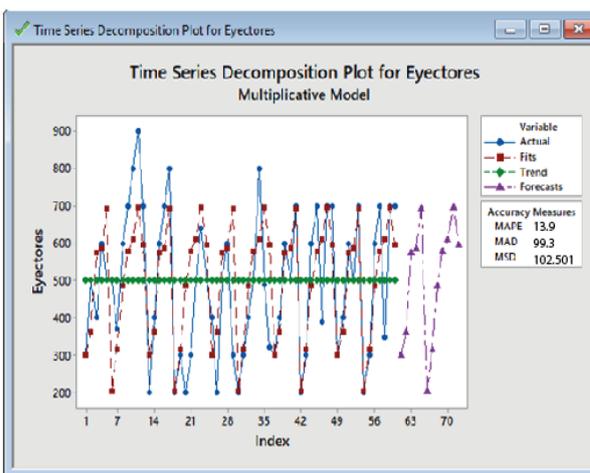
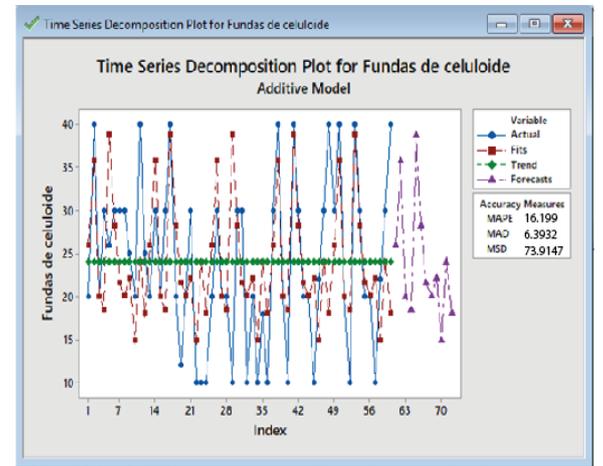
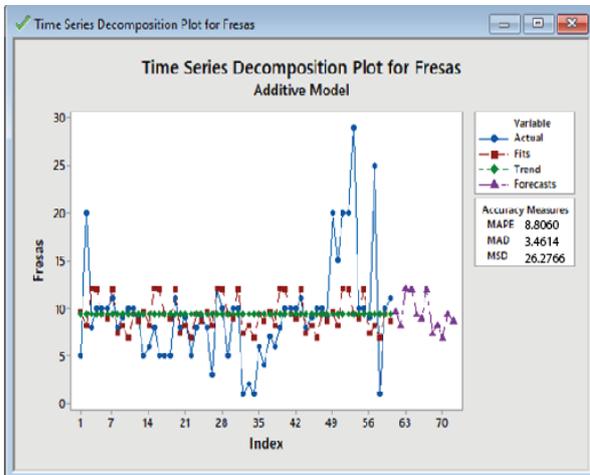
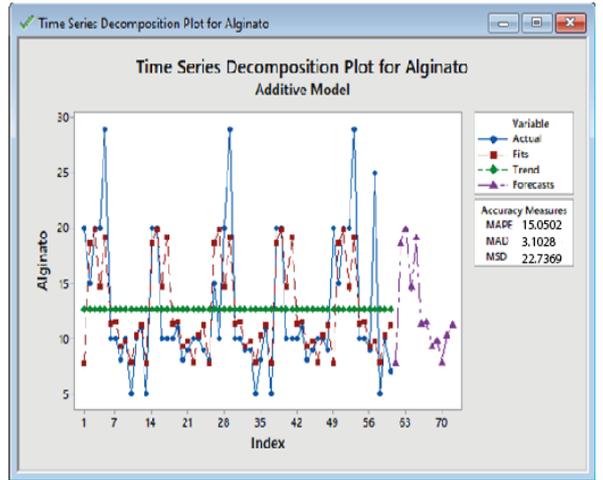
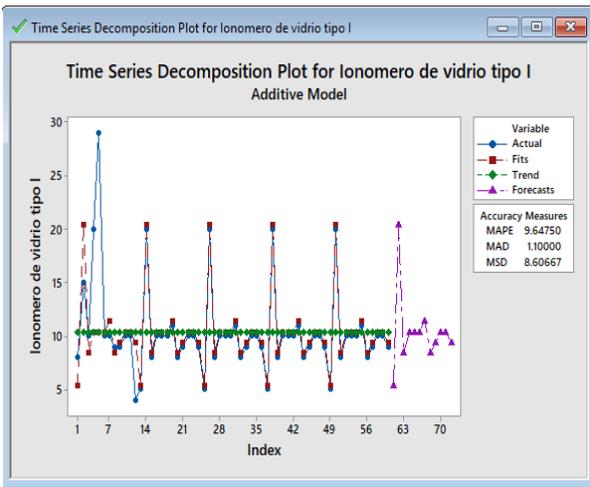


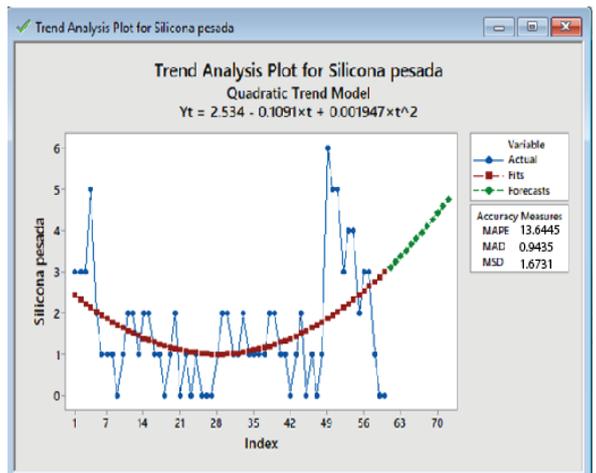
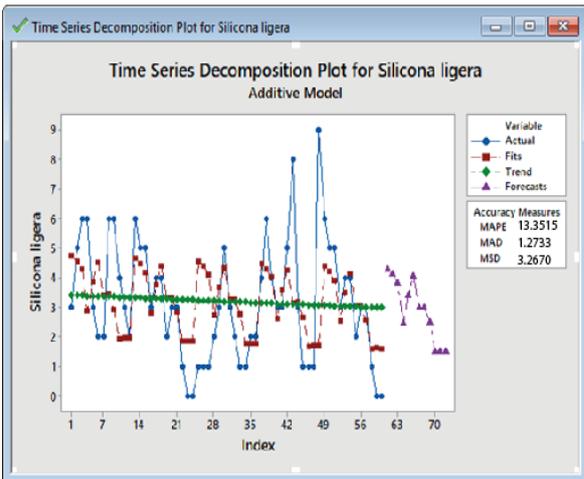
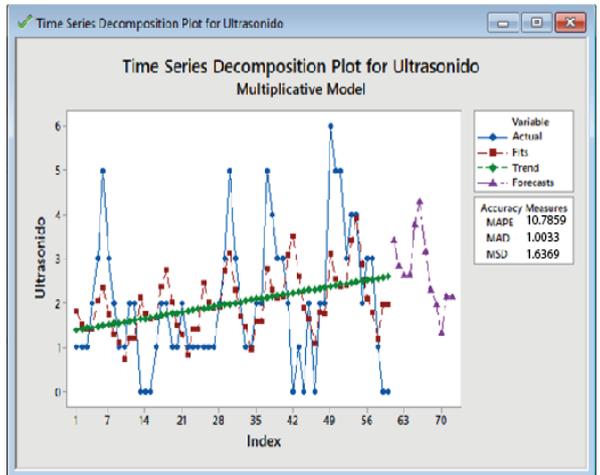
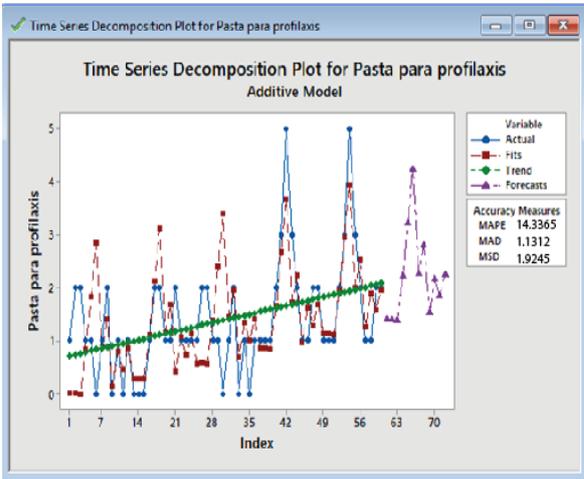
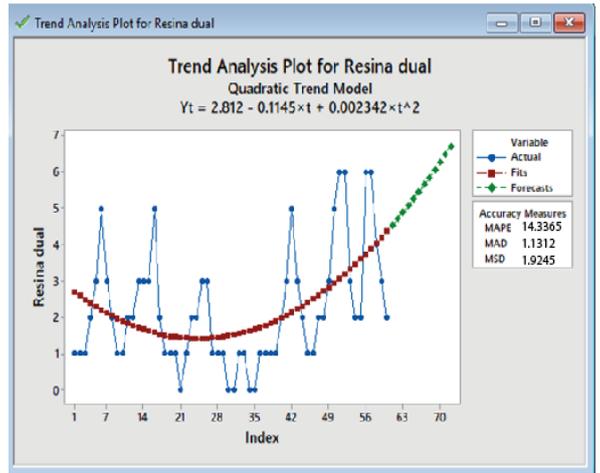
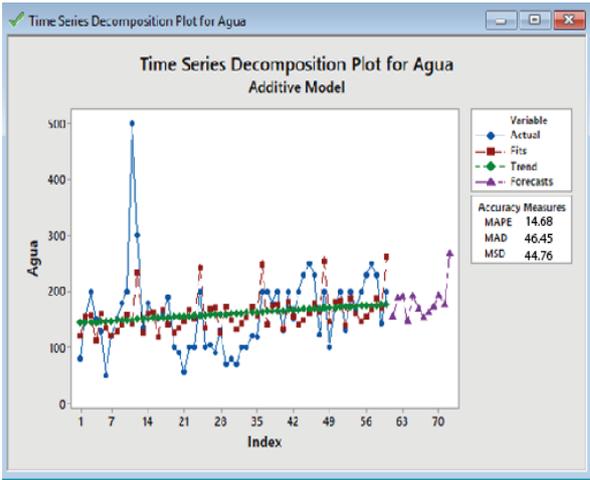


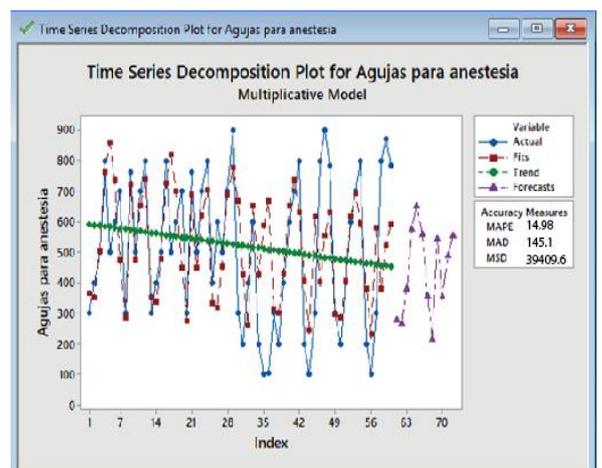
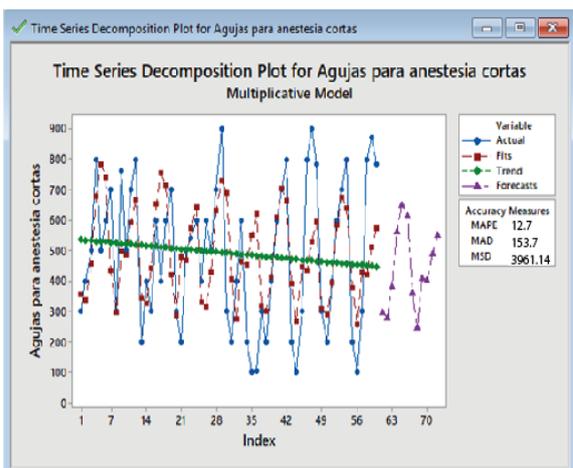
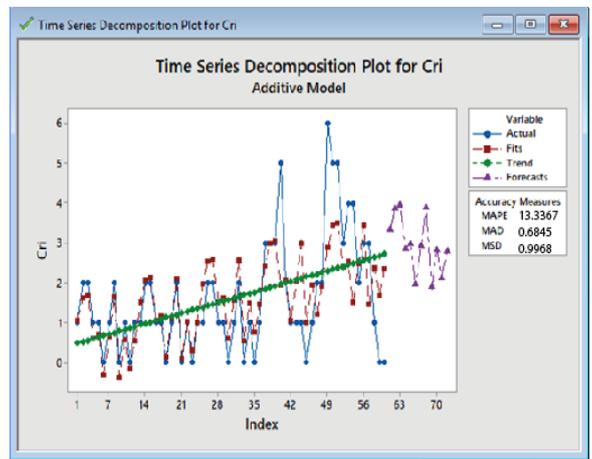
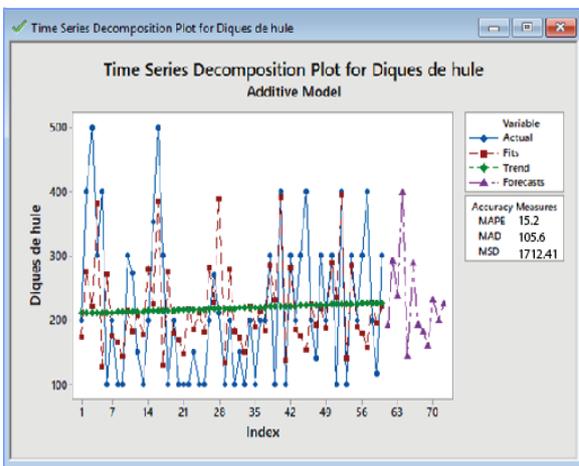
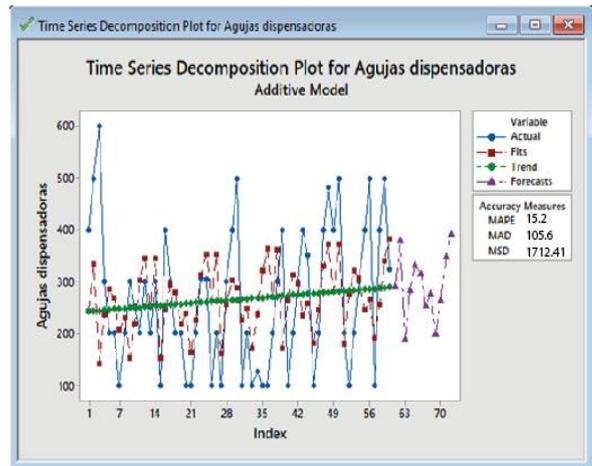
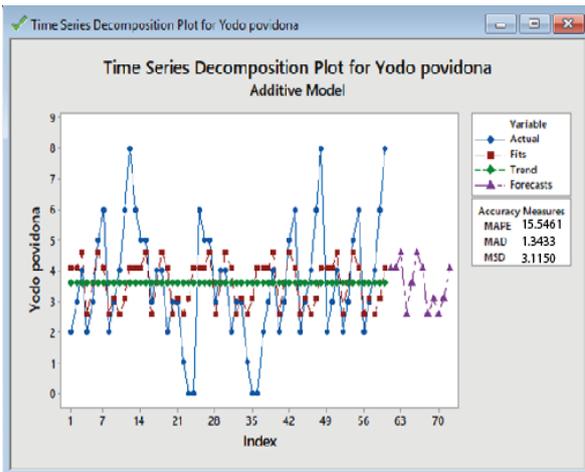


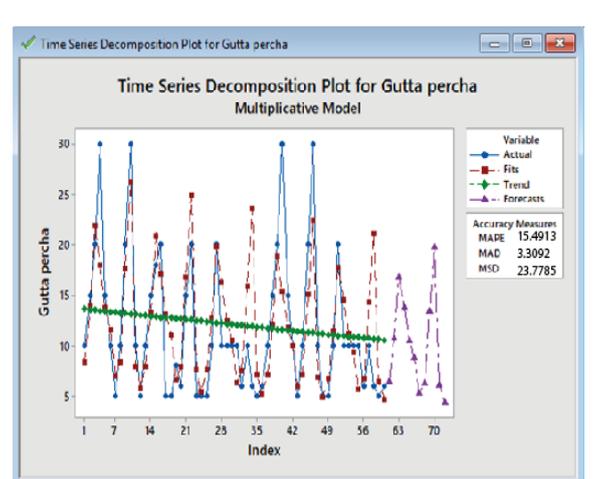
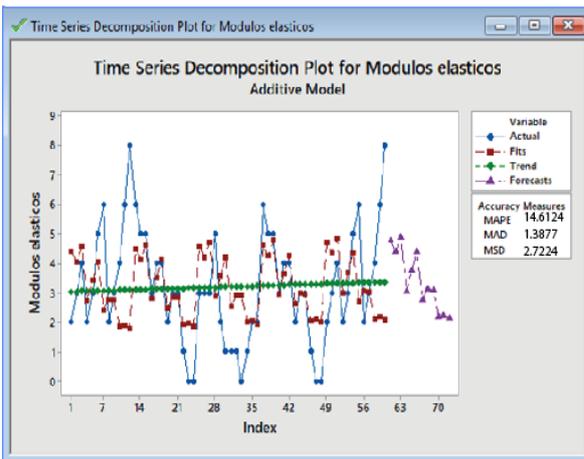
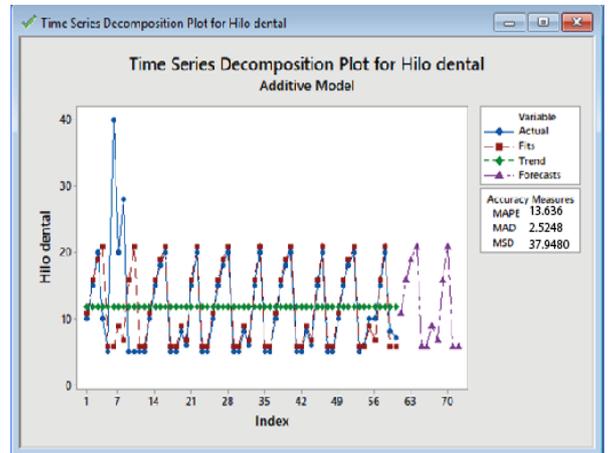
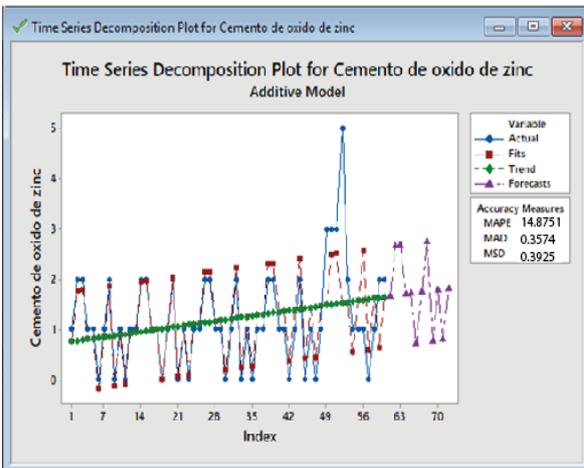
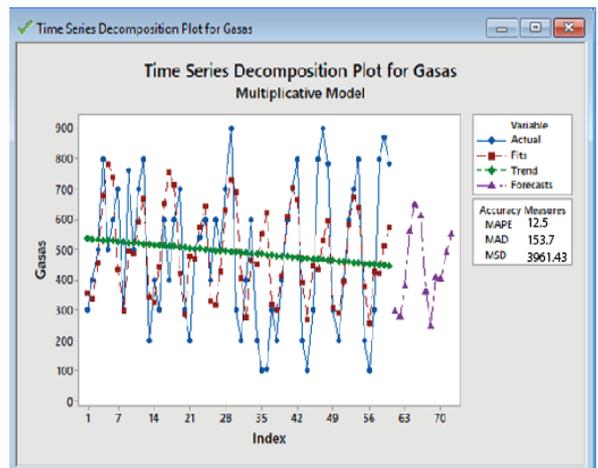
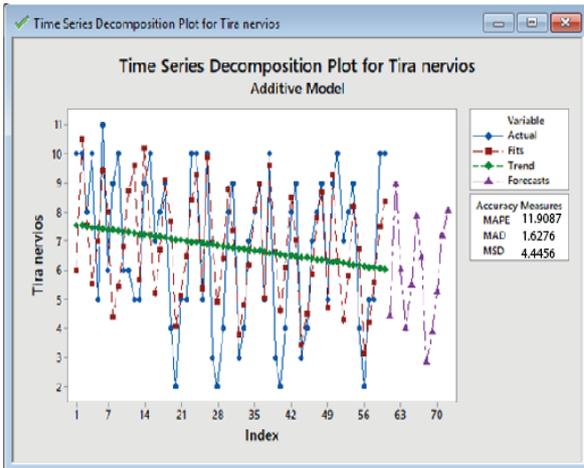


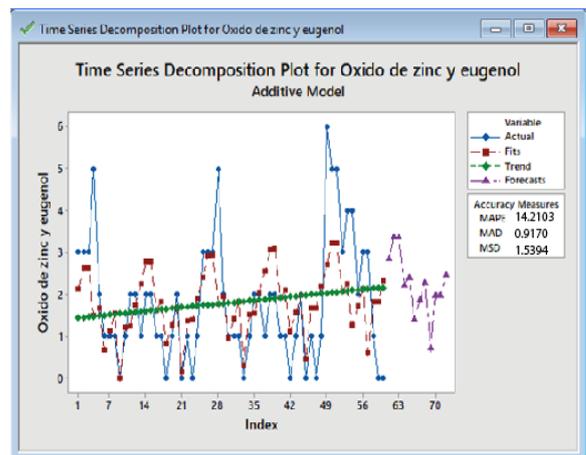
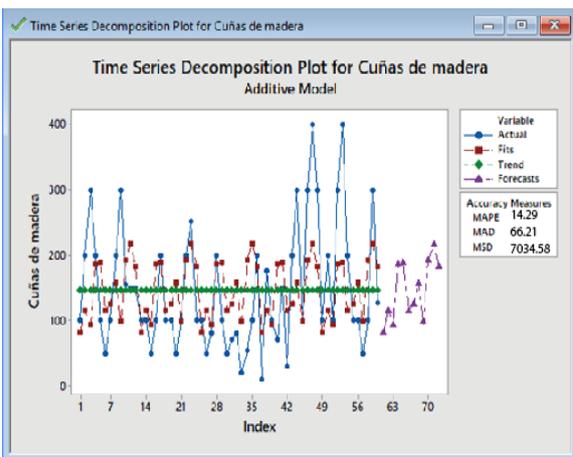
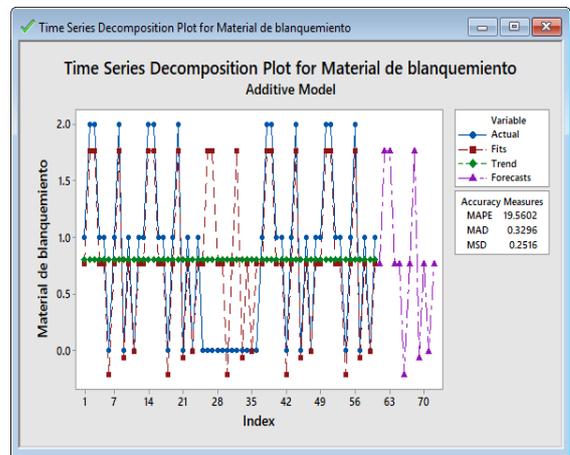
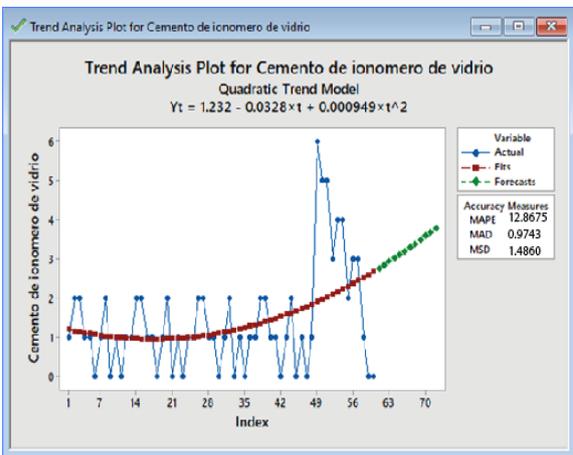
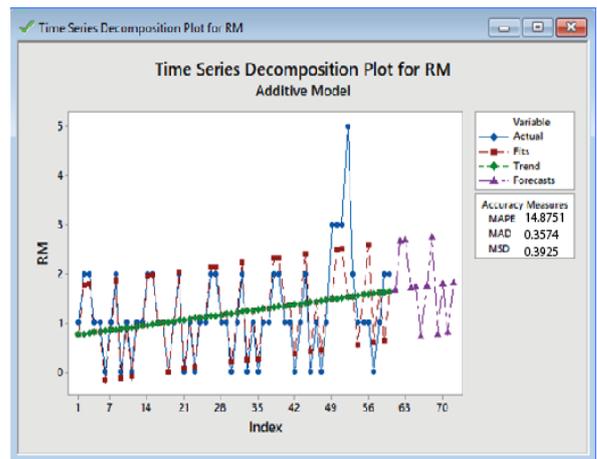
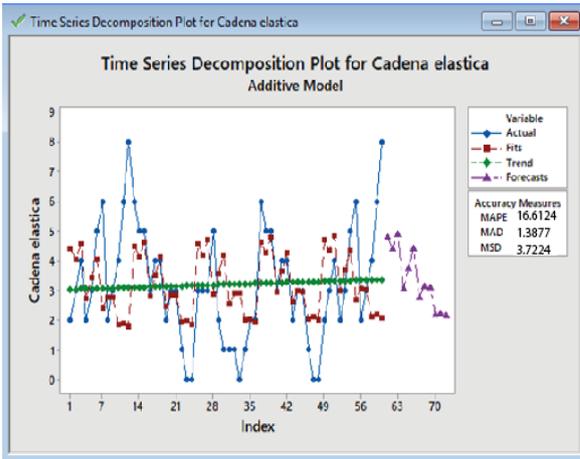


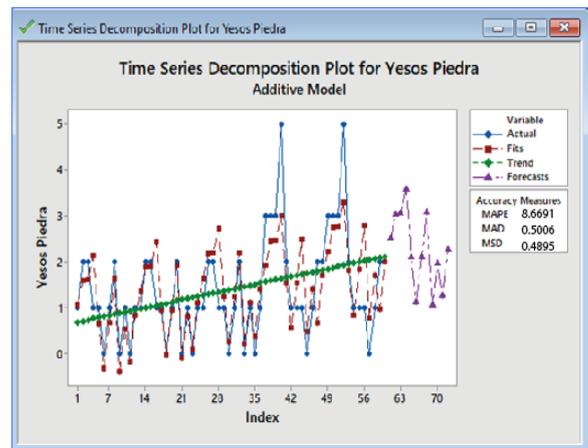
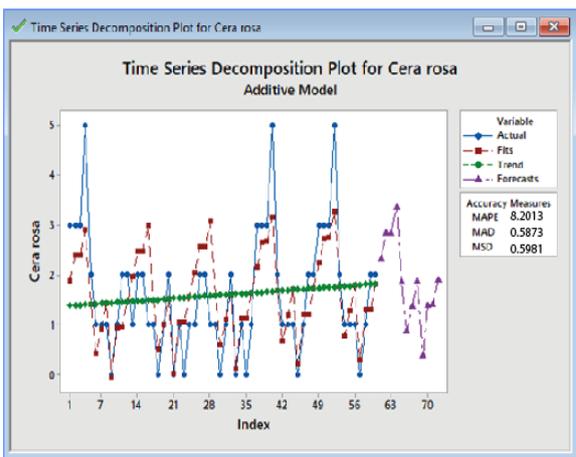
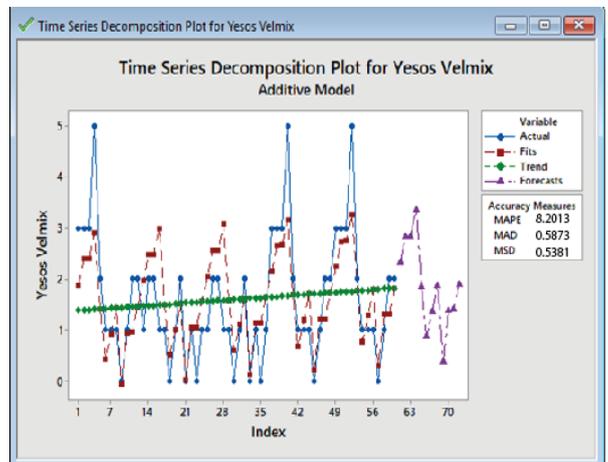
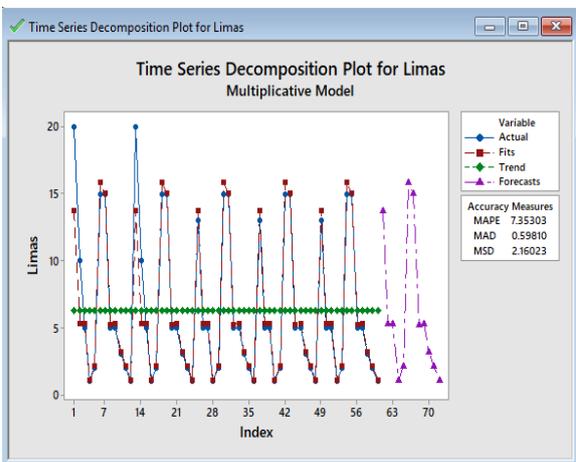
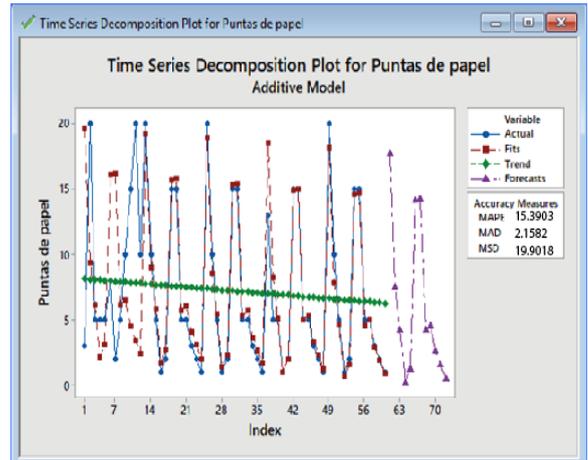
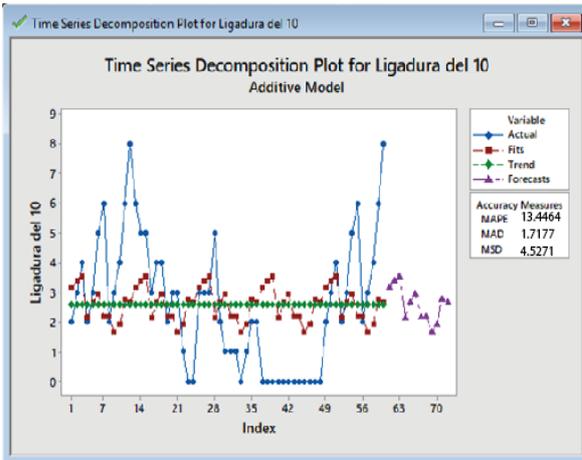


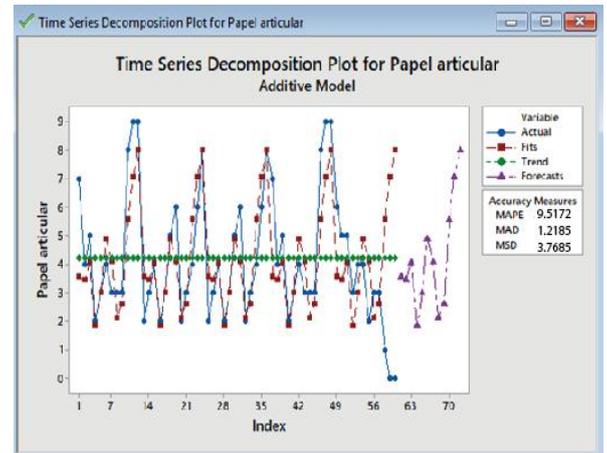
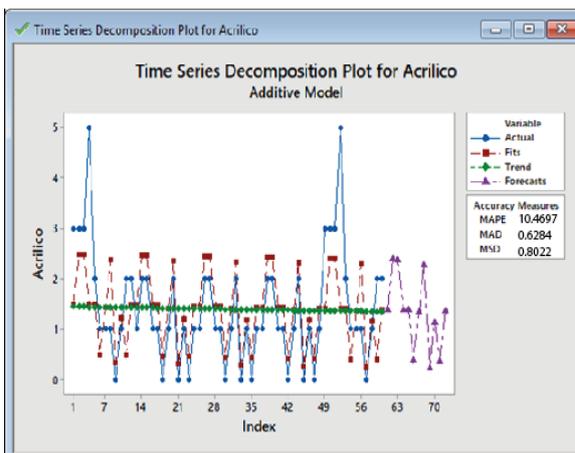
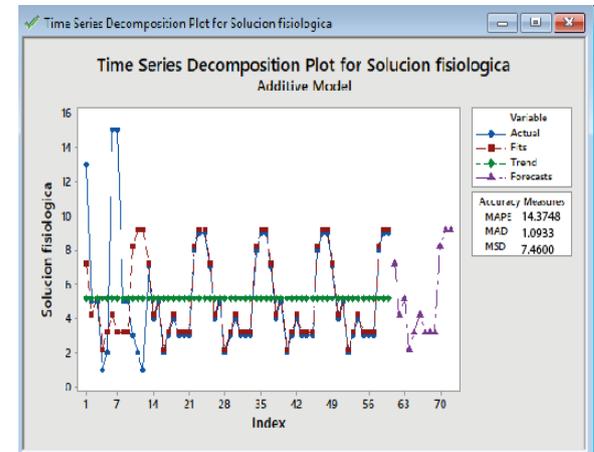
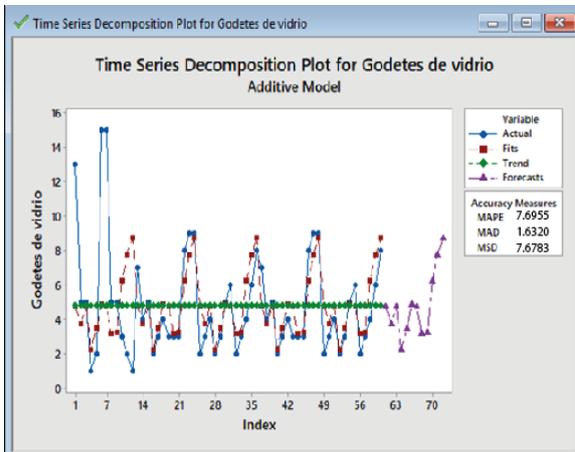
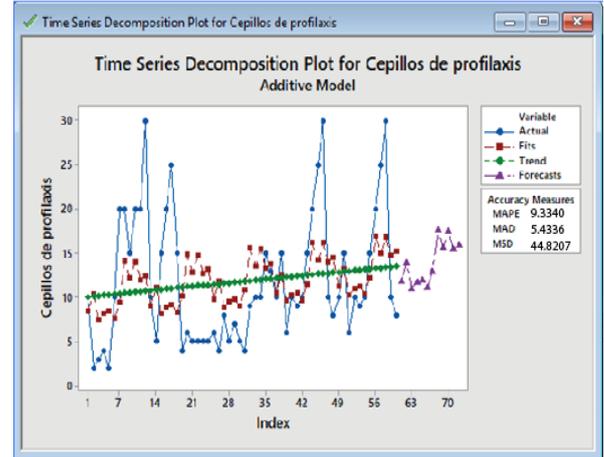
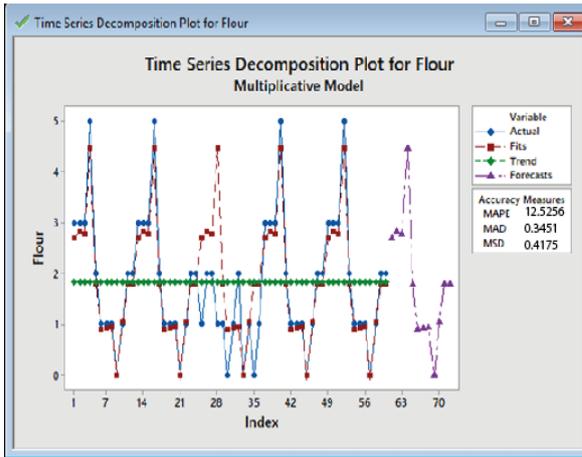


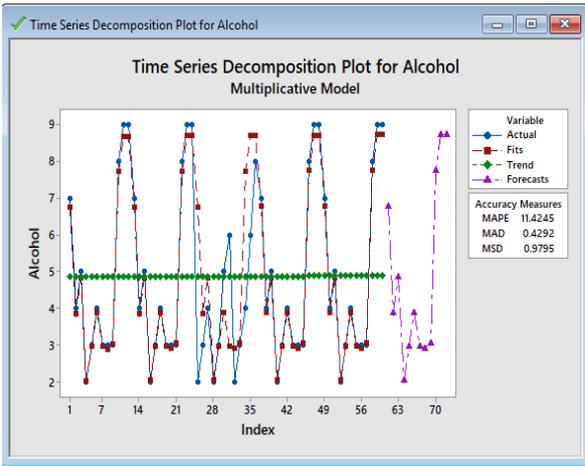












Anexo 2. Reporte ABC

REPORTE ABC		
	Artículo número	ABC
Arcos	1	A
Resina en masilla	2	A
Silano	3	A
Pasta hemostática	4	A
Acido grabador	5	A
Coronas de acero	6	A
Campos de trabajo	7	A
Lidocaína con epinefrina	8	A
Resina fluida	9	A
Guantes	10	A
Anestésico tópico	11	A
Radiografías	12	A
Cubre bocas	13	A
Alveogyl Hemostático	14	A
Endo postes	15	A
Ionómero de vidrio	16	A
Ultra pex	17	A
Sellador	18	A
Pasta para obturación provisional	19	A
Líquidos reveladores de radiografías	20	A
Jeringas de 3ml	21	A
Jeringas de 5ml	22	A
Hidróxido de calcio foto curable	23	A
Adhesivo	24	A
Pasta de cementador provisional	25	A
Ionómero de vidrio tipo II	26	A
Microbrush	27	A
Hipoclorito de sodio	28	A
Algodón	29	A
Hilo retractor	30	A
Ionómero de vidrio tipo I	31	A
Alginato	32	B
fresas	33	B
Fundas de celuloide	34	B
Eyectores	35	B
Resina para braquet	36	B
Agua	37	B
Resina dual	38	B
Pasta para profilaxis	39	B
Ultrasonido	40	B

Silicona ligera	41	B
Silicona pesada	42	B
Yodo povidona	43	B
Agujas dispensadoras	44	B
Diques de hule	45	B
Cri	46	B
Agujas para anestesia cortas	47	B
Agujas para anestesia	48	B
Tira nervios	49	B
Gasas	50	B
Cemento de óxido de zinc	51	B
Hilo dental	52	C
Módulos elásticos	53	C
Gutta percha	54	C
Cadena elástica	55	C
RM	56	C
Cemento de ionómero de vidrio	57	C
Material de blanqueamiento	58	C
Cuñas de madera	59	C
Oxido de zinc y eugenol	60	C
Ligaduras del 10	61	C
Puntas de papel	62	C
Limas	63	C
Yesos Velmix	64	C
Cera rosa	65	C
Yesos Piedra	66	C
Flúor	67	C
Cepillos de profilaxis	68	C
Godetes de vidrio	69	C
Solución fisiológica	70	C
Acrílico	71	C
Papel de articular	72	C
Alcohol	73	C
Cotonetes	74	C

Anexo 3. Análisis ABC – VED

Materiales utilizados	ABC	V	E	D
Arcos	A	V		
Resina en masilla	A	V		
Silano	A		E	
Pasta hemostática	A		E	
Acido grabador	A	V		
Coronas de acero	A			
Campos de trabajo	A			D
Lidocaína con epinefrina	A	V		
Resina fluida	A		E	
Guantes	A	V		
Anestésico tópico	A	V		
Radiografías	A	V		
Cubre bocas	A	V		
Alveogyl Hemostático	A	V		
Endo postes	A		E	
Ionómero de vidrio	A		E	
Ultra pex	A	V		
Sellador	A	V		
Pasta para obturación provisional	A		E	
Líquidos reveladores de radiografías	A	V		
Jeringas de 3ml	A			D
Jeringas de 5ml	A	V		
Hidróxido de calcio foto curable	A	V		
Adhesivo	A		E	
Pasta de cementador provisional	A	V		
Ionómero de vidrio tipo II	A	V		
Microbrush	A	V		
Hipoclorito de sodio	A	V		
Algodón	A			D
Hilo retractor	A			D
Ionómero de vidrio tipo I	A	V		
Alginato	B		E	
fresas	B	V		
Fundas de celuloide	B	V		
Eyectores	B	V		
Resina para braquet	B	V		
Agua	B	V		
Resina dual	B		E	
Pasta para profilaxis	B	V		
Ultrasonido	B	V		
Silicona ligera	B	V		

Silicona pesada	B	V		
Yodo povidona	B	V		
Agujas dispensadoras	B			D
Diques de hule	B			D
Cri	B	V		
Agujas para anestesia cortas	B			D
Agujas para anestesia	B	V		
Tira nervios	B	V		
Gasas	B		E	
Cemento de óxido de zinc	B	V		
Hilo dental	C			D
Módulos elásticos	C			D
Gutta percha	C	V		
Cadena elástica	C	V		
RM	C	V		
Cemento de Ionómero de vidrio	C	V		
Material de blanqueamiento	C	V		
Cuñas de madera	C			D
Óxido de zinc y eugenol	C	V		
Ligaduras del 10	C	V		
Puntas de papel	C	V		
Limas	C	V		
Yesos Velmix	C		E	
Cera rosa	C			D
Yesos Piedra	C		E	
Flúor	C	V		
Cepillos de profilaxis	C		E	
Godetes de vidrio	C			D
Solución fisiológica	C		E	
Acrílico	C		E	
Papel de articular	C		E	
Alcohol	C			D
Cotonetes	C			D

Anexo 4. Categorías de los materiales dentales

Categoría I	Categoría II	Categoría III
Arcos	Alginato	Hilo dental
Resina en masilla	Resina dual	Módulos elásticos
Silano	Agujas dispensadoras	Cuñas de madera
Pasta hemostática	Diques de hule	Cera rosa
Acido grabador	Agujas para anestesia cortas	Godetes de vidrio
Coronas de acero	Gasas	Alcohol
Campos de trabajo	Yesos Velmix	Cotonetes
Lidocaína con epinefrina	Yesos Piedra	
Resina fluida	Cepillos de profilaxis	
Guantes	Solución fisiológica	
Anestésico tópico	Acrílico	
Radiografías	Papel de articular	
Cubre bocas		
Alveogyl Hemostático		
Endopostes		
Ionómero de vidrio		
Ultra pex		
Sellador		
Pasta para obturación provisional		
Líquidos reveladores de radiografías		
Jeringas de 3ml		
Jeringas de 5ml		
Hidróxido de calcio foto curable		
Adhesivo		
Pasta de cementador provisional		
Ionómero de vidrio tipo II		
Microbrush		
Hipoclorito de sodio		
Algodón		
Hilo retractor		
Ionómero de vidrio tipo I		
fresas		
Fundas de celulode		
Eyectores		
Resina para braquet		
Agua		
Pasta para profilaxis		
Ultrasonido		
Silicona ligera		

Silicona pesada		
Yodo povidona		
Cri		
Agujas para anestesia		
Tira nervios		
Cemento de óxido de zinc		
Gutta percha		
Cadena elástica		
RM		
Cemento de Ionómero de vidrio		
Material de blanqueamiento		
Óxido de zinc y eugenol		
Ligaduras del 10		
Puntas de papel		
Limas		
Flúor		

Anexo 5. Pronóstico de demanda

	Material	Demanda (consumo anual)					Pronóstico
		2013 (piezas)	2014 (piezas)	2015 (piezas)	2016 (piezas)	2017 (piezas)	2018 (piezas)
1	Arcos	4	3	2	3	8	13
2	Resina en masilla	17	12	9	18	18	28
3	Silano	15	12	12	11	12	13
4	Pasta hemostática	29	22	21	25	26	34
5	Acido grabador	10	6	7	10	10	15
6	Coronas de acero	122	97	102	94	95	72
7	Campos de trabajo	572	445	417	507	504	650
8	Lidocaína con epinefrina	46	36	33	40	40	51
9	Resina fluida	17	12	9	18	17	19
10	Guantes	68	53	50	61	60	77
11	Anestésico tópico	29	22	21	25	26	34
12	Radiografías	572	445	417	507	504	650
13	Cubre bocas	572	445	417	507	504	650
14	Alveogyl Hemostático	5	4	3	4	4	5
15	Endopostes	8	6	5	6	9	13
16	Ionómero de vidrio	11	9	10	8	9	9
17	Ultra pex	7	6	6	5	6	6
18	Sellador	8	6	9	6	10	7
19	Pasta para obturación provisional	17	13	10	19	9	14
20	Líquidos reveladores de radiografías	11	9	8	10	10	13
21	Jeringas de 3ml	572	445	417	507	504	650
22	Jeringas de 5ml	572	445	417	507	504	650
23	Hidróxido de calcio foto curable	7	5	4	9	8	12
24	Adhesivo	12	9	7	12	15	23
25	Pasta de cementador provisional	11	9	10	8	9	9
26	Ionómero de vidrio tipo II	13	10	10	10	10	12
27	Microbrush	18	14	11	20	19	28
28	Hipoclorito de sodio	16	13	13	13	13	15
29	Algodón	572	445	417	507	504	650
30	Hilo retractor	11	9	10	8	9	7
31	Ionómero de vidrio tipo I	12	10	10	10	10	9
32	Alginato	14	11	12	11	15	19
33	fresas	10	7	6	9	15	24
34	Fundas de celuloide	28	21	19	26	26	35
35	Eyectores	572	445	417	507	504	650

36	Resina para braquet	4	3	2	3	3	4
37	Agua	184	135	107	191	186	279
38	Resina dual	2	2	1	2	4	6
39	Pasta para profilaxis	1	1	1	2	2	3
40	Ultrasonido	2	1	2	2	3	4
41	Silicona ligera	4	3	2	4	3	4
42	Silicona pesada	2	1	1	1	3	5
43	Yodo povidona	4	3	3	4	4	5
44	Agujas dispensadoras	296	226	194	286	327	475
45	Diques de hule	252	192	161	245	243	344
46	Cri	1	1	1	2	3	4
47	Agujas para anestesia cortas	572	445	417	507	504	650
48	Agujas para anestesia	572	445	417	507	504	650
49	Tira nervios	8	7	6	6	7	8
50	Gasas	572	445	417	507	504	650
51	Cemento de óxido de zinc	1	1	1	1	2	2
52	Hilo dental	14	11	11	11	12	15
53	Módulos elásticos	4	3	2	3	4	6
54	Gutta percha	15	11	9	15	9	9
55	Cadena elástica	4	3	2	3	4	6
56	RM	1	1	1	1	2	3
57	Cemento de Ionómero de vidrio	1	1	1	1	3	4
58	Material de blanquimiento	1	1	0	1	1	2
59	Cuñas de madera	167	121	92	178	173	162
60	Óxido de zinc y eugenol	2	1	2	1	3	2
61	Ligaduras del 10	4	3	2	0	4	6
62	Puntas de papel	9	7	7	6	7	8
63	Limas	7	7	6	6	6	6
64	Yesos Velmix	2	1	1	2	2	3
65	Cera rosa	2	1	1	2	2	3
66	Yesos Piedra	1	1	1	2	2	2
67	Flúor	2	2	1	2	2	2
68	Cepillos de profilaxis	13	10	8	14	14	20
69	Godetes de vidrio	6	5	4	5	4	4
70	Solución fisiológica	6	5	5	5	5	5
71	Acrílico	2	1	1	1	2	3
72	Papel de articular	5	4	4	5	3	3
73	Alcohol	5	5	4	5	5	6
74	Cotonetes	6	5	5	5	6	7

Anexo 6. Pronóstico de costo total del año 2018

	Producto	Costo Unitario (\$)	2018 (piezas)	Costo (\$) 2018
1	Arcos	1880	13	\$ 24,440.00
2	Resina en masilla	711	28	\$ 19,908.00
3	Silano	780	13	\$ 10,140.00
4	Pasta hemostática	344	34	\$ 11,696.00
5	Acido grabador	783	15	\$ 11,745.00
6	Coronas de acero	70	72	\$ 5,040.00
7	Campos de trabajo	12.04	650	\$ 7,826.00
8	Lidocaína con epinefrina	150	51	\$ 7,650.00
9	Guantes	95	77	\$ 7,315.00
10	Anestésico tópico	215	34	\$ 7,310.00
11	Radiografías	10.21	650	\$ 6,636.50
12	Cubre bocas	10	650	\$ 6,500.00
13	Resina fluida	340	19	\$ 6,460.00
14	Alveogyl Hemostático	1189	5	\$ 5,945.00
15	Endopostes	500	13	\$ 6,500.00
16	Ionómero de vidrio	471	9	\$ 4,239.00
17	Ultra pex	650	6	\$ 3,900.00
18	Sellador	364	7	\$ 2,548.00
19	Pasta para obturación provisional	399	14	\$ 5,586.00
20	Líquidos reveladores de radiografías (1 litro)	222	13	\$ 2,886.00
21	Jeringas de 3ml	7	650	\$ 4,550.00
22	Jeringas de 5ml	7	650	\$ 4,550.00
23	Hidróxido de calcio foto curable	378	12	\$ 4,536.00
24	Adhesivo	200	23	\$ 4,600.00
25	Pasta de cementador provisional	318	9	\$ 2,862.00
26	Ionómero de vidrio tipo II	279	12	\$ 3,348.00
27	Microbrush	145	28	\$ 4,060.00
28	Hipoclorito de sodio	200	15	\$ 3,000.00
29	Algodón	5	650	\$ 3,250.00
30	Hilo retractor	273	7	\$ 1,911.00
31	Ionómero de vidrio tipo I	245	9	\$ 2,205.00
32	Alginato	152	19	\$ 2,888.00
33	fresas	150	24	\$ 3,600.00
34	Fundas de celuloide	86	35	\$ 3,010.00
35	Eyectores	4	650	\$ 2,600.00
36	Resina para braquet	622	4	\$ 2,488.00
37	Agua (1 litro)	10	279	\$ 2,790.00
38	Resina dual	423	6	\$ 2,538.00
39	Pasta para profilaxis	792	3	\$ 2,376.00
40	Ultrasonido	500	4	\$ 2,000.00

41	Silicona ligera	480	4	\$ 1,920.00
42	Silicona pesada	480	5	\$ 2,400.00
43	Yodo povidona	280	5	\$ 1,400.00
44	Agujas dispensadoras	3.4	475	\$ 1,615.00
45	Diques de hule	4.36	344	\$ 1,499.84
46	Cri	350	4	\$ 1,400.00
47	Agujas para anestesia cortas	2.06	650	\$ 1,339.00
48	Agujas para anestesia	2.06	650	\$ 1,339.00
49	Tira nervios	147	8	\$ 1,176.00
50	Gasas	2	650	\$ 1,300.00
51	Cemento de óxido de zinc	433	2	\$ 866.00
52	Hilo dental	70	15	\$ 1,050.00
53	Módulos elásticos	205	6	\$ 1,230.00
54	Gutta percha	89	9	\$ 801.00
55	Cadena elástica	165	6	\$ 990.00
56	RM	279	3	\$ 837.00
57	Cemento de Ionómero de vidrio	186	4	\$ 744.00
58	Material de blanqueamiento	555	2	\$ 1,110.00
59	Cuñas de madera	2.8	162	\$ 453.60
60	Óxido de zinc y eugenol	160	2	\$ 320.00
61	Ligaduras del 10	120	6	\$ 720.00
62	Puntas de papel	57	8	\$ 456.00
63	Limas	62	6	\$ 372.00
64	Yesos Velmix	106	3	\$ 318.00
65	Cera rosa	91	3	\$ 273.00
66	Yesos Piedra	84	2	\$ 168.00
67	Flúor	81	2	\$ 162.00
68	Cepillos de profilaxis	10	20	\$ 200.00
69	Godetes de vidrio	35	4	\$ 140.00
70	Solución fisiológica	25	5	\$ 125.00
71	Acrílico	62	3	\$ 186.00
72	Papel de articular	36	3	\$ 108.00
73	Alcohol	20	6	\$ 120.00
74	Cotonetes	15	7	\$ 105.00
	Total			\$ 254,675.94

Anexo 7. Piezas a comprar en el pedido con el modelo EOQ

	Producto	Proporción del Inventario (\$)	Proporción de Q por pieza (\$)	Piezas a comprar
1	Arcos	\$ 0.07152	\$ 2,956.33459	2
2	Resina en masilla	\$ 0.05826	\$ 2,408.13048	3
3	Silano	\$ 0.02967	\$ 1,226.56435	2
4	Pasta hemostática	\$ 0.03423	\$ 1,414.78271	4
5	Acido grabador	\$ 0.03437	\$ 1,420.70989	2
6	Coronas de acero	\$ 0.01475	\$ 609.65329	9
7	Campos de trabajo	\$ 0.02290	\$ 946.65608	79
8	Lidocaína con epinefrina	\$ 0.02239	\$ 925.36660	6
9	Resina fluida	\$ 0.02537	\$ 905.15626	3
10	Guantes	\$ 0.02141	\$ 884.84401	9
11	Anestésico tópico	\$ 0.02139	\$ 884.23919	4
12	Radiografías	\$ 0.01942	\$ 802.77064	79
13	Cubre bocas	\$ 0.01902	\$ 786.25920	79
14	Alveogyl Hemostático	\$ 0.01740	\$ 719.12476	1
15	Endopostes	\$ 0.01902	\$ 786.25920	2
16	Ionómero de vidrio	\$ 0.01241	\$ 512.76196	1
17	Ultra pex	\$ 0.01141	\$ 471.75552	1
18	Sellador	\$ 0.00746	\$ 308.21361	1
19	Pasta para obturación provisional	\$ 0.01635	\$ 675.69906	2
20	Líquidos reveladores de radiografías (1 litro)	\$ 0.00845	\$ 349.09908	2
21	Jeringas de 3ml	\$ 0.01332	\$ 550.38144	79
22	Jeringas de 5ml	\$ 0.01332	\$ 550.38144	79
23	Hidróxido de calcio foto curable	\$ 0.01327	\$ 548.68796	1
24	Adhesivo	\$ 0.01346	\$ 556.42959	3
25	Pasta de cementador provisional	\$ 0.00838	\$ 346.19597	1
26	Ionómero de vidrio tipo II	\$ 0.00980	\$ 404.98397	1
27	Microbrush	\$ 0.01188	\$ 491.10959	3
28	Hipoclorito de sodio	\$ 0.00878	\$ 362.88886	2
29	Algodón	\$ 0.00951	\$ 393.12960	79
30	Hilo retractor	\$ 0.00559	\$ 231.16020	1
31	Ionómero de vidrio tipo I	\$ 0.00645	\$ 266.72331	1
32	Alginato	\$ 0.00845	\$ 349.34101	2
33	fresas	\$ 0.01054	\$ 435.46663	3
34	Fundas de celuloide	\$ 0.00881	\$ 364.09849	4
35	Eyectores	\$ 0.00761	\$ 314.50368	79
36	Resina para braquet	\$ 0.00728	\$ 300.95583	1
37	Agua (1 litro)	\$ 0.00816	\$ 337.48664	34
38	Resina dual	\$ 0.00743	\$ 307.00398	1
39	Pasta para profilaxis	\$ 0.00695	\$ 287.40798	1
40	Ultrasonido	\$ 0.00585	\$ 241.92591	1
41	Silicona ligera	\$ 0.00562	\$ 232.24887	1

42	Silicona pesada	\$ 0.00702	\$ 290.31109	1
43	Yodo povidona	\$ 0.00410	\$ 169.34814	1
44	Agujas dispensadoras	\$ 0.00473	\$ 195.35517	57
45	Diques de hule	\$ 0.00439	\$ 181.42508	42
46	Cri	\$ 0.00410	\$ 169.34814	1
47	Agujas para anestesia cortas	\$ 0.00392	\$ 161.96940	79
48	Agujas para anestesia	\$ 0.00392	\$ 161.96940	79
49	Tira nervios	\$ 0.00344	\$ 142.25243	1
50	Gasas	\$ 0.00380	\$ 157.25184	79
51	Cemento de óxido de zinc	\$ 0.00253	\$ 104.75392	1
52	Hilo dental	\$ 0.00307	\$ 127.01110	2
53	Módulos elásticos	\$ 0.00360	\$ 148.78443	1
54	Gutta percha	\$ 0.00234	\$ 96.89133	1
55	Cadena elástica	\$ 0.00290	\$ 119.75332	1
56	RM	\$ 0.00245	\$ 101.24599	1
57	Cemento de Ionómero de vidrio	\$ 0.00218	\$ 89.99644	1
58	Material de blanqueamiento	\$ 0.00325	\$ 134.26888	1
59	Cuñas de madera	\$ 0.00133	\$ 54.86880	20
60	Óxido de zinc y eugenol	\$ 0.00094	\$ 38.70815	1
61	Ligaduras del 10	\$ 0.00211	\$ 87.09333	1
62	Puntas de papel	\$ 0.00133	\$ 55.15911	1
63	Limas	\$ 0.00109	\$ 44.99822	1
64	Yesos Velmix	\$ 0.00093	\$ 38.46622	1
65	Cera rosa	\$ 0.00080	\$ 33.02289	1
66	Yesos Piedra	\$ 0.00049	\$ 20.32178	1
67	Flúor	\$ 0.00047	\$ 19.59600	1
68	Cepillos de profilaxis	\$ 0.00059	\$ 24.19259	2
69	Godetes de vidrio	\$ 0.00041	\$ 16.93481	1
70	Solución fisiológica	\$ 0.00037	\$ 15.12037	1
71	Acrílico	\$ 0.00054	\$ 22.49911	1
72	Papel de articular	\$ 0.00032	\$ 13.06400	1
73	Alcohol	\$ 0.00035	\$ 14.51555	1
74	Cotonetes	\$ 0.00031	\$ 12.70111	1
	Total		\$ 35,684.44619	1207

Anexo 8. Piezas a comprar en el pedido con el modelo EOQ con descuento por cantidad

	Material	Proporción del inventario (S)	Proporción de Q por pieza (\$)	Piezas a comprar
1	Arcos	\$ 0.07316	\$ 2,990.02	2
2	Resina en masilla	\$ 0.06	\$ 2,435.57	3
3	Silano	\$ 0.03	\$ 1,240.54	2
4	Pasta hemostática	\$ 0.03	\$ 1,430.90	4
5	Acido grabador	\$ 0.03	\$ 1,436.90	2
6	Coronas de acero	\$ 0.01	\$ 616.60	9
7	Campos de trabajo	\$ 0.02	\$ 765.95	64
8	Lidocaína con epinefrina	\$ 0.02	\$ 935.91	6
9	Resina fluida	\$ 0.02	\$ 919.08	3
10	Guantes	\$ 0.02	\$ 715.94	8
11	Anestésico tópico	\$ 0.02	\$ 715.45	3
12	Radiografías	\$ 0.02	\$ 811.92	80
13	Cubre bocas	\$ 0.02	\$ 636.17	64
14	Alveogyl Hemostático	\$ 0.02	\$ 727.32	1
15	Endopostes	\$ 0.02	\$ 795.22	2
16	Ionómero de vidrio	\$ 0.01	\$ 518.60	1
17	Ultra pex	\$ 0.01	\$ 477.13	1
18	Sellador	\$ 0.01	\$ 311.73	1
19	Pasta para obturación provisional	\$ 0.02	\$ 683.40	2
20	Líquidos reveladores de radiografías (1 litro)	\$ 0.01	\$ 353.08	2
21	Jeringas de 3ml	\$ 0.01	\$ 539.95	77
22	Jeringas de 5ml	\$ 0.01	\$ 539.95	77
23	Hidróxido de calcio foto curable	\$ 0.01	\$ 554.94	1
24	Adhesivo	\$ 0.01	\$ 562.77	3
25	Pasta de cementador provisional	\$ 0.01	\$ 350.14	1
26	Ionómero de vidrio tipo II	\$ 0.01	\$ 409.60	1
27	Microbrush	\$ 0.01	\$ 496.71	3
28	Hipoclorito de sodio	\$ 0.01	\$ 367.02	2
29	Algodón	\$ 0.01	\$ 397.61	80
30	Hilo retractor	\$ 0.01	\$ 233.79	1
31	Ionómero de vidrio tipo I	\$ 0.01	\$ 269.76	1
32	Alginato	\$ 0.01	\$ 353.32	2
33	fresas	\$ 0.01	\$ 440.43	3
34	Fundas de celuloide	\$ 0.01	\$ 368.25	4
35	Eyectores	\$ 0.01	\$ 254.47	64
36	Resina para braquet	\$ 0.01	\$ 304.38	1
37	Agua (1 litro)	\$ 0.01	\$ 334.51	33
38	Resina dual	\$ 0.01	\$ 310.50	1
39	Pasta para profilaxis	\$ 0.01	\$ 290.68	1
40	Ultrasonido	\$ 0.01	\$ 244.68	1

41	Silicona ligera	\$ 0.01	\$ 234.90	1
42	Silicona pesada	\$ 0.01	\$ 293.62	1
43	Yodo povidona	\$ 0.0041	\$ 171.28	1
44	Agujas dispensadoras	\$ 0.0048	\$ 158.06	46
45	Diques de hule	\$ 0.0044	\$ 146.79	34
46	Cri	\$ 0.0041	\$ 171.28	1
47	Agujas para anestesia cortas	\$ 0.0040	\$ 155.62	76
48	Agujas para anestesia	\$ 0.0040	\$ 155.62	76
49	Tira nervios	\$ 0.0035	\$ 143.87	1
50	Gasas	\$ 0.0039	\$ 127.23	64
51	Cemento de óxido de zinc	\$ 0.0026	\$ 105.95	1
52	Hilo dental	\$ 0.0031	\$ 128.46	2
53	Módulos elásticos	\$ 0.0036	\$ 150.48	1
54	Gutta percha	\$ 0.0024	\$ 98.00	1
55	Cadena elástica	\$ 0.0029	\$ 121.12	1
56	RM	\$ 0.0025	\$ 102.40	1
57	Cemento de Ionómero de vidrio	\$ 0.0022	\$ 91.02	1
58	Material de blanqueamiento	\$ 0.0033	\$ 135.80	1
59	Cuñas de madera	\$ 0.0013	\$ 55.49	20
60	Óxido de zinc y eugenol	\$ 0.0009	\$ 39.15	1
61	Ligaduras del 10	\$ 0.0021	\$ 88.09	1
62	Puntas de papel	\$ 0.0014	\$ 55.79	1
63	Limas	\$ 0.0011	\$ 45.51	1
64	Yesos Velmix	\$ 0.0009	\$ 38.90	1
65	Cera rosa	\$ 0.0008	\$ 33.40	1
66	Yesos Piedra	\$ 0.0005	\$ 20.55	1
67	Flúor	\$ 0.0005	\$ 19.82	1
68	Cepillos de profilaxis	\$ 0.0006	\$ 24.47	2
69	Godetes de vidrio	\$ 0.0004	\$ 17.13	1
70	Solución fisiológica	\$ 0.0004	\$ 15.29	1
71	Acrílico	\$ 0.0006	\$ 22.76	1
72	Papel de articular	\$ 0.0003	\$ 13.21	1
73	Alcohol	\$ 0.0004	\$ 14.68	1
74	Cotonetes	\$ 0.0003	\$ 12.85	1
			\$ 35,143.99	1109

Anexo 9. Piezas a comprar en el pedido con el modelo EOQ en el año 2017

	Material	Proporción del inventario (\$)	Proporción de Q por pieza (\$)	Piezas a comprar
1	Arcos	\$ 0.0765982	\$ 2,400.04	1
2	Resina en masilla	\$ 0.0651798	\$ 2,042.27	3
3	Silano	\$ 0.0476702	\$ 1,493.64	2
4	Pasta hemostática	\$ 0.0455515	\$ 1,427.26	4
5	Acido grabador	\$ 0.0398779	\$ 1,249.49	2
6	Coronas de acero	\$ 0.0338682	\$ 1,061.19	15
7	Campos de trabajo	\$ 0.0309049	\$ 968.34	80
8	Lidocaína con epinefrina	\$ 0.0305578	\$ 957.46	6
9	Resina fluida	\$ 0.0294374	\$ 922.36	3
10	Guantes	\$ 0.0290299	\$ 909.59	10
11	Anestésico tópico	\$ 0.0284697	\$ 892.04	4
12	Radiografías	\$ 0.0262076	\$ 821.16	80
13	Cubre bocas	\$ 0.0256686	\$ 804.27	80
14	Alveogyl Hemostático	\$ 0.0242222	\$ 758.95	1
15	Endopostes	\$ 0.0229184	\$ 718.10	1
16	Ionómero de vidrio	\$ 0.0215891	\$ 676.45	1
17	Ultra pex	\$ 0.0198626	\$ 622.35	1
18	Sellador	\$ 0.0185384	\$ 580.86	2
19	Pasta para obturación provisional	\$ 0.0182888	\$ 573.04	1
20	Líquidos reveladores de radiografías (1 litro)	\$ 0.0113064	\$ 354.26	2
21	Jeringas de 3ml	\$ 0.0179680	\$ 562.99	80
22	Jeringas de 5ml	\$ 0.0179680	\$ 562.99	80
23	Hidróxido de calcio foto curable	\$ 0.0154011	\$ 482.56	1
24	Adhesivo	\$ 0.0152789	\$ 478.73	2
25	Pasta de cementador provisional	\$ 0.0145761	\$ 456.71	1
26	Ionómero de vidrio tipo II	\$ 0.0142094	\$ 445.22	2
27	Microbrush	\$ 0.0140311	\$ 439.63	3
28	Hipoclorito de sodio	\$ 0.0132417	\$ 414.90	2
29	Algodón	\$ 0.0128343	\$ 402.13	80
30	Hilo retractor	\$ 0.0125134	\$ 392.08	1
31	Ionómero de vidrio tipo I	\$ 0.0124778	\$ 390.96	2
32	Alginato	\$ 0.0116120	\$ 363.84	2
33	fresas	\$ 0.0114592	\$ 359.05	2
34	Fundas de celuloide	\$ 0.0113879	\$ 356.81	4
35	Eyectores	\$ 0.0102674	\$ 321.71	80
36	Resina para braquet	\$ 0.0095035	\$ 297.77	0
37	Agua	\$ 0.0094729	\$ 296.81	30
38	Resina dual	\$ 0.0086173	\$ 270.00	1
39	Pasta para profilaxis	\$ 0.0080673	\$ 252.77	0
40	Ultrasonido	\$ 0.0076395	\$ 239.37	0

41	Silicona ligera	\$ 0.0073339	\$ 229.79	0
42	Silicona pesada	\$ 0.0073339	\$ 229.79	0
43	Yodo povidona	\$ 0.0057041	\$ 178.73	1
44	Agujas dispensadoras	\$ 0.0056624	\$ 177.42	52
45	Diques de hule	\$ 0.0053959	\$ 169.07	39
46	Cri	\$ 0.0053476	\$ 167.56	0
47	Agujas para anestesia cortas	\$ 0.0052877	\$ 165.68	80
48	Agujas para anestesia	\$ 0.0052877	\$ 165.68	80
49	Tira nervios	\$ 0.0052407	\$ 164.20	1
50	Gasas	\$ 0.0051337	\$ 160.85	80
51	Cemento de óxido de zinc	\$ 0.0044105	\$ 138.19	0
52	Hilo dental	\$ 0.0042781	\$ 134.04	2
53	Módulos elásticos	\$ 0.0041762	\$ 130.85	1
54	Gutta percha	\$ 0.0040795	\$ 127.82	1
55	Cadena elástica	\$ 0.0033614	\$ 105.32	1
56	RM	\$ 0.0028419	\$ 89.04	0
57	Cemento de Ionómero de vidrio	\$ 0.0028419	\$ 89.04	0
58	Material de blanqueamiento	\$ 0.0028266	\$ 88.57	0
59	Cuñas de madera	\$ 0.0024670	\$ 77.30	28
60	Óxido de zinc y eugenol	\$ 0.0024446	\$ 76.60	0
61	Ligaduras del 10	\$ 0.0024446	\$ 76.60	1
62	Puntas de papel	\$ 0.0020321	\$ 63.67	1
63	Limas	\$ 0.0018946	\$ 59.36	1
64	Yesos Velmix	\$ 0.0010797	\$ 33.83	0
65	Cera rosa	\$ 0.0009269	\$ 29.04	0
66	Yesos Piedra	\$ 0.0008556	\$ 26.81	0
67	Flúor	\$ 0.0008251	\$ 25.85	0
68	Cepillos de profilaxis	\$ 0.0007130	\$ 22.34	2
69	Godetes de vidrio	\$ 0.0007130	\$ 22.34	1
70	Solución fisiológica	\$ 0.0006366	\$ 19.95	1
71	Acrílico	\$ 0.0006315	\$ 19.79	0
72	Papel de articular	\$ 0.0005500	\$ 17.23	0
73	Alcohol	\$ 0.0005093	\$ 15.96	1
74	Cotonetes	\$ 0.0004584	\$ 14.36	1
	Total		\$ 31,332.82	1057

Anexo 10. Piezas a comprar en el pedido con el modelo EOQ con descuento por cantidad en el año 2017

	Material	Proporción del inventario (\$)	Proporción de Q por pieza (\$)	Piezas a comprar
1	Arcos	\$ 0.07896	\$ 2,436.75	1
2	Resina en masilla	\$ 0.06719	\$ 2,073.50	3
3	Silano	\$ 0.04914	\$ 1,516.49	2
4	Pasta hemostática	\$ 0.04696	\$ 1,449.09	4
5	Acido grabador	\$ 0.04111	\$ 1,268.60	2
6	Coronas de acero	\$ 0.03491	\$ 1,077.42	15
7	Campos de trabajo	\$ 0.02549	\$ 786.52	65
8	Lidocaína con epinefrina	\$ 0.03150	\$ 972.11	6
9	Resina fluida	\$ 0.03034	\$ 936.46	3
10	Guantes	\$ 0.02394	\$ 738.80	8
11	Anestésico tópico	\$ 0.02348	\$ 724.54	3
12	Radiografías	\$ 0.02702	\$ 833.72	82
13	Cubre bocas	\$ 0.02117	\$ 653.26	65
14	Alveogyl Hemostático	\$ 0.02497	\$ 770.56	1
15	Endopostes	\$ 0.02362	\$ 729.08	1
16	Ionómero de vidrio	\$ 0.02225	\$ 686.79	1
17	Ultra pex	\$ 0.02047	\$ 631.87	1
18	Sellador	\$ 0.01911	\$ 589.74	2
19	Pasta para obturación provisional	\$ 0.01885	\$ 581.81	1
20	Líquidos reveladores de radiografías (1 litro)	\$ 0.01165	\$ 359.68	2
21	Jeringas de 3ml	\$ 0.01797	\$ 554.45	79
22	Jeringas de 5ml	\$ 0.01797	\$ 554.45	79
23	Hidróxido de calcio foto curable	\$ 0.01588	\$ 489.94	1
24	Adhesivo	\$ 0.01575	\$ 486.05	2
25	Pasta de cementador provisional	\$ 0.01503	\$ 463.70	1
26	Ionómero de vidrio tipo II	\$ 0.01465	\$ 452.03	2
27	Microbrush	\$ 0.01446	\$ 446.36	3
28	Hipoclorito de sodio	\$ 0.01365	\$ 421.25	2
29	Algodón	\$ 0.01323	\$ 408.28	82
30	Hilo retractor	\$ 0.01290	\$ 398.08	1
31	Ionómero de vidrio tipo I	\$ 0.01286	\$ 396.94	2
32	Alginato	\$ 0.01197	\$ 369.40	2
33	fresas	\$ 0.01181	\$ 364.54	2
34	Fundas de celuloide	\$ 0.01174	\$ 362.27	4
35	Eyectores	\$ 0.00847	\$ 261.30	65
36	Resina para braquet	\$ 0.00980	\$ 302.33	1
37	Agua (1 litro)	\$ 0.00957	\$ 295.33	30
38	Resina dual	\$ 0.00888	\$ 274.13	1
39	Pasta para profilaxis	\$ 0.00832	\$ 256.64	1

40	Ultrasonido	\$ 0.00787	\$ 243.03	1
41	Silicona ligera	\$ 0.00756	\$ 233.31	1
42	Silicona pesada	\$ 0.00756	\$ 233.31	1
43	Yodo povidona	\$ 0.00588	\$ 181.46	1
44	Agujas dispensadoras	\$ 0.00467	\$ 144.11	42
45	Diques de hule	\$ 0.00445	\$ 137.32	31
46	Cri	\$ 0.00551	\$ 170.12	1
47	Agujas para anestesia cortas	\$ 0.00518	\$ 159.80	78
48	Agujas para anestesia	\$ 0.00518	\$ 159.80	78
49	Tira nervios	\$ 0.00540	\$ 166.72	1
50	Gasas	\$ 0.00423	\$ 130.65	65
51	Cemento de óxido de zinc	\$ 0.00455	\$ 140.31	1
52	Hilo dental	\$ 0.00441	\$ 136.09	2
53	Módulos elásticos	\$ 0.00430	\$ 132.85	1
54	Gutta percha	\$ 0.00421	\$ 129.78	1
55	Cadena elástica	\$ 0.00346	\$ 106.93	1
56	RM	\$ 0.00293	\$ 90.41	1
57	Cemento de ionómero de vidrio	\$ 0.00293	\$ 90.41	1
58	Material de blanquimiento	\$ 0.00291	\$ 89.92	1
59	Cuñas de madera	\$ 0.00254	\$ 78.48	28
60	Oxido de zinc y eugenol	\$ 0.00252	\$ 77.77	1
61	Ligaduras del 10	\$ 0.00252	\$ 77.77	1
62	Puntas de papel	\$ 0.00209	\$ 64.65	1
63	Limas	\$ 0.00195	\$ 60.27	1
64	Yesos Velmix	\$ 0.00111	\$ 34.35	1
65	Cera rosa	\$ 0.00096	\$ 29.49	1
66	Yesos Piedra	\$ 0.00088	\$ 27.22	1
67	Flúor	\$ 0.00085	\$ 26.25	1
68	Cepillos de profilaxis	\$ 0.00073	\$ 22.68	2
69	Godetes de vidrio	\$ 0.00073	\$ 22.68	1
70	Solución fisiológica	\$ 0.00066	\$ 20.25	1
71	Acrílico	\$ 0.00065	\$ 20.09	1
72	Papel de articular	\$ 0.00057	\$ 17.50	1
73	Alcohol	\$ 0.00052	\$ 16.20	1
74	Cotonetes	\$ 0.00047	\$ 14.58	1
			\$ 30,860.80	983