

**PROPUESTA DE UN MODELO DE CONTROL DE INVENTARIOS PARA
CONJUNTOS DE ÍTEMS EN UNA COMERCIALIZADORA DE PRODUCTOS
FARMACÉUTICOS DE LA REGIÓN**

ANTONIO JOSÉ IDÁRRAGA RIASCOS

DANIELA ZÚÑIGA LOZANO

**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL (3751)
ZARZAL – VALLE DEL CAUCA
2017**

**PROPUESTA DE UN MODELO DE CONTROL DE INVENTARIOS PARA
CONJUNTOS DE ÍTEMS EN UNA COMERCIALIZADORA DE PRODUCTOS
FARMACÉUTICOS DE LA REGIÓN**

**ANTONIO JOSÉ IDÁRRAGA RIASCOS
DANIELA ZÚÑIGA LOZANO**

Trabajo de grado para optar el título de Ingeniería Industrial

**DIRECTOR
M.Sc. JULIÁN GONZÁLEZ VELASCO**

**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL (3751)
ZARZAL – VALLE DEL CAUCA
2017**

NOTA DE ACEPTACIÓN

JURADO 1

JURADO 2

Zarzal – Valle del Cauca, Marzo 29 de 2017

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad del Valle sede Zarzal, que nos abrió las puertas y nos acogió para lograr la meta de ser profesionales.

A nuestro director Julián González Velasco, Ingeniero Industrial, M.Sc. en Ingeniería Industrial y el profesor Carlos Alberto Rojas Trejos, Ingeniero Industrial, M.Sc. en Ingeniería Industrial, por dedicarnos parte de su tiempo y compartirnos sus conocimientos.

Al profesor Carlos Julio Vidal Holguín, Ingeniero Mecánico, PhD, Ingeniería industrial, por su disposición, colaboración y grandes aportes para la elaboración de este proyecto.

A la Distribuidora y comercializadora de productos farmacéuticos por facilitarnos ser parte de su proceso, confiando en nosotros y permitiendo cumplir satisfactoriamente este logro.

DEDICATORIA

A mí, porque soy quien ha decidido lograr todas las cosas buenas que me pasan.

A mi hermanita que la amo, es la persona a quien quiero dejar mi ejemplo y guiar para que su futuro sea el mejor posible.

A mis amigos, que me dan motivos para reír cuando las cosas no están tan bien, y los quiero muchísimo.

A mi amiga Dani que se aguantó mi forma de trabajar y se convirtió en una amiga incondicional.

Y a mis padres que han creado las condiciones para que las cosas se den de la mejor manera posible.

Antonio José Idárraga Riascos

A Dios que guía siempre mis pasos, sin él no sería nada.

A mis abuelos que son mi inspiración y mi ejemplo, en especial a mi Abuelo Annuar quien ha estado a mi lado para impulsarme a seguir, este logro también es de él.

A mis padres y mi hermana que me apoyan, me motivan y me demuestran su amor con cada cosa que hacen por mí, son lo más importante y especial en mi vida.

A mis familiares que siempre han creído y confiado en mí como persona y profesional.

A mi amigo Antonio José, por el esfuerzo y dedicación para con este trabajo, en especial por su amistad.

Y a mis compañeras, porque siempre miramos hacia el mismo norte. La Universidad deja amigos para toda la vida.

Daniela Zúñiga Lozano

TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN.....	10
2	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	13
3	OBJETIVOS	16
3.1	OBJETIVO GENERAL	16
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
4	JUSTIFICACIÓN	17
5	MARCO REFERENCIAL	18
5.1	ESTADO DEL ARTE.....	18
5.2	MARCO TEÓRICO	22
5.2.1	<i>Clasificación ABC.....</i>	22
5.2.2	<i>Clasificación ABC Multicriterio</i>	24
5.2.3	<i>Análisis de los Datos Históricos y Patrón de Demanda.</i>	26
5.2.3.1	Demanda perpetua, estable o uniforme	27
5.2.3.2	Demanda creciente y decreciente	27
5.2.3.3	Demanda estacional.....	28
5.2.3.4	Demanda errática.....	29
5.2.4	<i>Sistemas de Pronósticos de la Demanda</i>	29
5.2.4.1	Sistema de pronóstico Promedio Móvil	30
5.2.4.2	Sistema de pronóstico Suavización Exponencial Simple.	31
5.2.4.3	Sistema de pronóstico Suavización Exponencial Doble.....	31
5.2.4.4	Método multiplicativo de Winters.....	32
5.2.4.5	Sistema de pronóstico Croston.	32
5.2.5	<i>Métodos para el cálculo del tamaño de lote.....</i>	33
5.2.5.1	Cálculo del tamaño de lote para demanda determinística.....	33
5.2.6	<i>Sistemas de control del inventario</i>	34
5.2.6.1	Sistema de control continuo (s, Q)	36
5.2.6.2	Sistema de control continuo (s, S).....	36
5.2.6.3	Sistema periódico (R, S)	37
5.2.6.4	Sistema periódico (R, s, S).....	37
5.2.6.5	Control min-máx de inventario de ítems con demanda errática	37
5.2.7	<i>Control conjunto de ítems</i>	38
5.2.7.1	Reabastecimiento conjunto	39
5.2.7.2	Un sistema periódico de reabastecimiento conjunto	39
5.3	MARCO CONCEPTUAL.....	41
6	CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL Y GESTIÓN DE INVENTARIOS EXISTENTE EN LA EMPRESA CASO DE ESTUDIO	44
7	CLASIFICACIÓN ABC DE LOS ÍTEMS EXISTENTES EN LA EMPRESA.....	54
8	CLASIFICACIÓN ABC MULTICRITERIO DE LAS FAMILIAS DE PRODUCTOS EXISTENTES DENTRO DE LA CATEGORÍA CLASE A	55
9	MODELO DE SIMULACIÓN DE PRONÓSTICOS DE DEMANDA PARA LAS FAMILIAS DE PRODUCTOS CLASE A DE LA EMPRESA.....	61

10	POLÍTICAS DE INVENTARIO PARA LAS FAMILIAS DE PRODUCTOS CLASE A EN LA EMPRESA CASO DE ESTUDIO.....	69
11	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	82
12	BIBLIOGRAFÍA.....	84

LISTA DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1. BUCLE DE PLANEACIÓN Y PRONÓSTICO	11
ILUSTRACIÓN 2. DEMANDA PERPETUA, ESTABLE O UNIFORME	27
ILUSTRACIÓN 3. DEMANDA CON TENDENCIA CRECIENTE	27
ILUSTRACIÓN 4. DEMANDA CON TENDENCIA DECRECIENTE	28
ILUSTRACIÓN 5. DEMANDA ESTACIONAL	28
ILUSTRACIÓN 6. DEMANDA CON TENDENCIA INTERMITENTE	29
ILUSTRACIÓN 7. PROCESO DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA ACTUAL DE INVENTARIOS DE LA EMPRESA CASO DE ESTUDIO	53
ILUSTRACIÓN 8. PORCENTAJE RELATIVO A CADA UNO DE LOS CONJUNTOS DE ÍTEMS	60

LISTA DE TABLAS

TABLA 1. DESCRIPCIÓN DE LAS FAMILIAS DE PRODUCTOS DENTRO DE LA TOTALIDAD DEL INVENTARIO.	13
TABLA 2. CLASIFICACIÓN ABC.	23
TABLA 3. DEMANDA CON TENDENCIA DECRECIENTE	25
TABLA 4. COMPARACIÓN ENTRE LOS SISTEMAS DE REVISIÓN CONTINUA Y LOS DE REVISIÓN PERIÓDICA.	35
TABLA 5. LISTADO DE PROVEEDORES Y SUS CARACTERÍSTICAS.	45
TABLA 6. CLASIFICACIÓN ABC	54
TABLA 7. CONJUNTOS DE ÍTEMS.....	55
TABLA 8. CRITERIOS ESTABLECIDOS PARA EL ANÁLISIS Y SUS RESPECTIVOS PESOS.	57
TABLA 9. CLASIFICACIÓN ABC MULTICRITERIO	58
TABLA 10. RESULTADOS ECM - ALIMENTOS	63
TABLA 11. RESULTADOS ECM - ANALGÉSICOS	64
TABLA 12. RESULTADOS ECM - ANTIBIÓTICOS	65
TABLA 13. RESULTADOS ECM - ANTIINFLAMATORIOS.....	66
TABLA 14. RESULTADOS ECM - PLANIFICACIÓN FAMILIAR	67
TABLA 15. TABLA DE DESCRIPCIÓN DE COSTOS DE ALMACENAMIENTO.....	69
TABLA 16. COSTOS ASOCIADOS A LA TASA DE MANTENIMIENTO DEL INVENTARIO R.....	69
TABLA 17. CANTIDADES DE PEDIDO TOTAL - ALIMENTOS	70
TABLA 18. CTR – ALIMENTOS	71
TABLA 19. NIVEL DE SERVICIO - ALIMENTOS.....	71
TABLA 20. CANTIDADES DE PEDIDO TOTAL - ANALGÉSICOS	72
TABLA 21. CTR – ANALGÉSICOS	73
TABLA 22. NIVEL DE SERVICIO – ANALGÉSICOS.....	73
TABLA 23. CANTIDADES DE PEDIDO TOTAL - ANTIBIÓTICOS.....	74
TABLA 24. CTR - ANTIBIÓTICOS	75
TABLA 25. NIVEL DE SERVICIO - ANTIBIÓTICOS	76
TABLA 26. CANTIDADES DE PEDIDO TOTAL - ANTIINFLAMATORIOS	77
TABLA 27. CTR - ANTIINFLAMATORIOS.....	78
TABLA 28. NIVEL DE SERVICIO - ANTIINFLAMATORIOS	78
TABLA 29. CANTIDADES DE PEDIDO TOTAL - PLANIFICACIÓN FAMILIAR.....	79
TABLA 30. CTR - PLANIFICACIÓN FAMILIAR	80
TABLA 31. NIVEL DE SERVICIO - PLANIFICACIÓN FAMILIAR	80

1 INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas más frecuentes a los que se enfrentan las empresas es la administración de sus inventarios, lo cual ha creado un gran interés en los investigadores que buscan dar solución a este tipo de situaciones en el ámbito empresarial desde el campo de acción de la Ingeniería Industrial.

El inventario es cualquier recurso guardado que es usado para satisfacer una necesidad actual o futura. La materia prima, el trabajo en proceso y bienes terminados son ejemplos de inventario, y es importante resaltar que todas las organizaciones tienen algún tipo de sistema de planeación y/o control del inventario, dejando entender que el inventario es el hilo común que une todas las funciones y departamentos de la organización.

Según Vidal (2005): *“Siempre tenemos demasiado de lo que no se vende o consume, y muchos agotados de lo que sí se vende o consume”* (p. 1), esto se conoce como el problema de desbalanceo de inventarios, el cual puede generar costos adicionales por exceso de inventarios y faltantes; generando así un impacto negativo en los indicadores financieros de una organización.

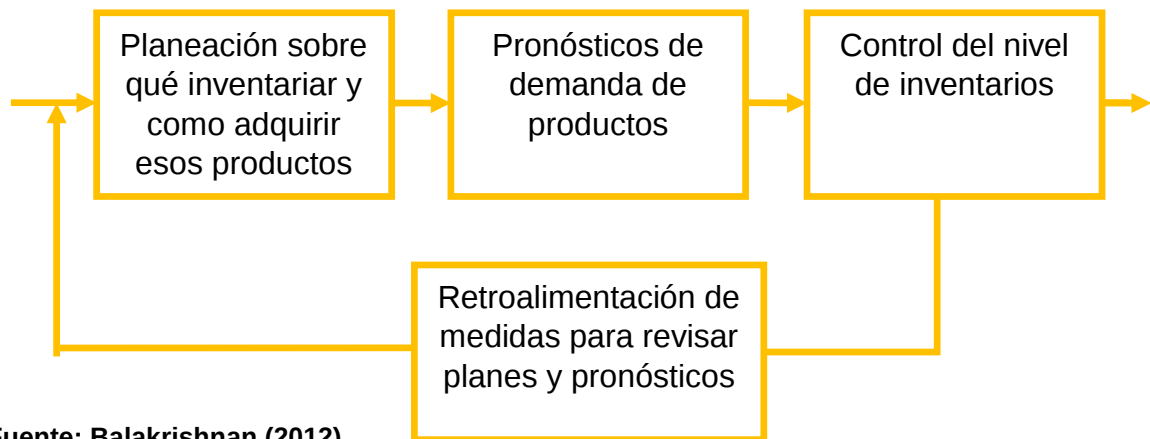
Sin embargo, en muchas ocasiones se presenta que los propietarios de las empresas subestiman el costo que representa el sostenimiento de los inventarios, y consideran que no representan costo alguno o importancia adicional, por eso, Balakrishnan (2012) afirma que hay cinco usos principales para los inventarios, los cuales son:

1. Función de desacoplamiento
2. Almacenamiento de recursos
3. Demanda y aprovisionamientos irregulares
4. Descuentos por cantidad
5. Evitar desabastecimiento y escasez

Presentando una mirada más detallada a cada uno de estos usos principales se puede ver que la función de desacoplamiento se refiere a que el inventario puede actuar como un acelerador de los procesos efectuados por la organización, esto funciona alimentando el proceso en cada una de las actividades, donde si hay algún retraso por parte de alguna de las estaciones previas, el inventario puede permitir la continuidad de las actividades. En el caso del almacenamiento de recursos, se puede emplear el ejemplo de algunos tipos de productos agrícolas, que tienen temporadas definidas aunque su demanda sea relativamente constante a lo largo del año, se tiene entonces que el almacenamiento de producto puede permitir que esa demanda sea satisfecha. En los casos en que la demanda de los productos no sea constante sino que se presenten alzas de la demanda por algún motivo, los inventarios también permiten la efectiva reacción de la empresa ante la situación. Por último se tiene que las empresas realizan compras en grandes cantidades para aprovechar los descuentos que sus proveedores tienen, aunque esto presente

algunas desventajas en ciertos aspectos, es importante la implementación de un sistema de gestión y control de inventarios con el fin de garantizar un equilibrio apropiado para la empresa, además de evitar desabastecimiento o escasez debido a factores externos y que no se cuente con un producto sustituto de buenas características, por eso, en la ilustración 1 se presenta la estructura en bucle de la planeación y pronóstico de los inventarios basados en la experiencia y la observación.

Ilustración 1. Bucle de planeación y pronóstico



Fuente: Balakrishnan (2012)

Con base en lo anterior, cabe resaltar que el propósito de todos los modelos de inventarios es el de determinar cuándo y cuánto ordenar y que a pesar de que los inventarios tienen una gran importancia en las organizaciones, si estos son muy grandes, los costos de mantener estos inventarios también se incrementa, por lo tanto es importante encontrar un buen balance al momento de establecer dichos niveles de inventario. Según Silver (1998) dentro de los costos de inventario más importantes se tienen:

1. Costo de los ítems
2. Costo de ordenamiento
3. Costo de mantener el inventario
4. Costo de desabastecimiento
5. Costo del inventario de seguridad, que es un inventario adicional que puede ayudar a evitar desabastecimientos.

En el presente trabajo, se aborda la problemática de una empresa comercializadora de productos farmacéuticos, la cual debido a las características de las mismas posee un número importante de referencias, considerando así la definición de una propuesta de gestión y control de inventarios empleando la metodología de control conjunto de ítems.

El control conjunto de ítems es una alternativa para administrar inventarios que permite a las empresas controlar de manera generalizada productos o insumos con características similares, las cuales son determinadas por los implementadores del sistema de gestión y control de inventarios de la empresa.

Teniendo en cuenta lo mencionado por Vidal (2005), este método de administración de inventarios puede generar ahorros en costos de ordenamiento, posibles descuentos debido a compras con tamaños mínimos para acceder a estos y facilidad de programación en cuanto a la recepción de materiales, su inspección, entre otros. Aunque pueden generar incrementos en el nivel promedio de inventario, incrementos en costos de control y reducción de la flexibilidad con respecto a ítems individuales.

Este proyecto busca proporcionar a la distribuidora y comercializadora de productos farmacéuticos una política de control de inventarios por conjunto de ítems que permita balancear dos aspectos fundamentales de una organización: Costos de operación y nivel de servicio.

Es por eso que en el siguiente capítulo se muestra la problemática que surge a partir de la gran cantidad de ítems con características similares en las organizaciones. En el capítulo 3, se mencionan los objetivos de este trabajo. En los siguientes capítulos se logra llegar a una conclusión del por qué es importante la realización de este trabajo, y otros proyectos relacionados con este tema. Sus alcances y aportes para construir el presente documento. Posterior a ello, en el capítulo 6, el marco referencial hace su aparición para ilustrar el andamiaje sobre el cual se sustenta este trabajo, y finalmente, en los capítulos 7, 8, 9 y 10 se muestra el desarrollo de los objetivos planteados al inicio del documento, para finalmente, concluir y establecer las investigaciones futuras.

2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Para responder a las necesidades cambiantes y cada vez más desafiantes de los clientes, las empresas han tenido que cambiar la manera como realizan sus actividades con el fin de satisfacerlas. Por lo tanto, tener dentro de la empresa un área dedicada al inventario de materias primas, producto en proceso, producto terminado o cualquier otra forma de inventario se ha convertido en una práctica común para el cumplimiento de lo anterior.

Los inventarios pueden generar resultados benéficos para las empresas, sin embargo, se debe tener en consideración que mantener inventarios representa un costo importante para estas, además representa un punto neurálgico a la hora de disponer efectivamente de los insumos dependiendo del área que requiera producto desde inventario, debido a que se debe disponer de sistemas de control y gestión de inventarios que brinden condiciones apropiadas para que esto suceda.

Cabe resaltar que los sistemas de información que manejan las empresas hoy en día son de alta tecnología, bien estructurados y que permiten la circulación de la información en tiempo real. Sin embargo, estos sistemas de información tienen precios relativamente altos y no son asequibles para todas las empresas.

Situaciones como faltantes de ítems mayor rotación, acumulación de productos con poco volumen de venta, desabastecimiento debido a fallas en el cálculo de tiempos de entrega, inventarios inexactos, entre otros; son síntomas de la problemática subyacente en la empresa caso de estudio.

Las existencias en la comercializadora son clasificadas en 52 grupos con una cantidad total de 4108 ítems, donde es importante resaltar que los pedidos a proveedores que se realizan en esta empresa no tienen relación alguna con la información que se presenta en la tabla 1, y esto genera niveles de inventario altos de productos que no tienen buena rotación. Con el presente proyecto se busca la realización de un análisis detallado de las familias de productos que conforman cada uno de los ítems que forman el inventario de la empresa.

Tabla 1. Descripción de las familias de productos dentro de la totalidad del inventario.

CLASIFICACIÓN	CATEGORÍA	CANTIDAD DE ÍTEMS TOTAL	PARTICIPACIÓN POR GRUPO SEGÚN VOLUMEN DE VENTAS	COSTO TOTAL GRUPO	PARTICIPACIÓN DE ÍTEMS POR GRUPO
1	ALIMENTOS	214	20,64%	\$ 15.034.081	5,22%
2	PLANIFICACIÓN FAMILIAR	309	10,82%	\$ 7.879.330	7,52%
3	ANALGÉSICOS	360	8,51%	\$ 6.199.729	8,77%
4	ANTIBIÓTICOS	369	5,92%	\$ 4.311.975	8,98%
5	ANTIINFLAMATORIO	283	5,44%	\$ 3.964.573	6,89%
6	LIMPIEZA Y ASEO	197	3,72%	\$ 2.713.528	4,80%

7	POPULARES	154	3,33%	\$	2.427.275	3,76%
8	HOSPITALARIO	172	2,96%	\$	2.157.523	4,18%
9	ANTIPIRÉTICO	86	2,75%	\$	2.001.992	2,09%
10	SUPLEMENTO VITAMÍNICO	154	2,37%	\$	1.722.880	3,76%
11	COSMÉTICOS	129	1,99%	\$	1.449.679	3,13%
12	HELADOS	94	1,95%	\$	1.421.284	2,30%
13	REHIDRATANTES	34	1,92%	\$	1.400.931	0,84%
14	MEDICAMENTOS NATURALES	94	1,91%	\$	1.390.390	2,30%
15	ANTIMICÓTICOS	94	1,81%	\$	1.315.694	2,30%
16	ANTIVIRALES	51	1,68%	\$	1.222.324	1,25%
17	ANTIDIARREICO	86	1,64%	\$	1.193.695	2,09%
18	ANTIHIPERTENSIVO	77	1,62%	\$	1.182.803	1,88%
19	EXPECTORANTE	103	1,36%	\$	990.779	2,51%
20	ANTI ULCEROSO	69	1,31%	\$	954.225	1,67%
21	LAXANTES	60	1,30%	\$	944.347	1,46%
22	CORTICOIDE	86	1,25%	\$	908.821	2,09%
23	ANTIISTAMÍNICOS	94	1,24%	\$	905.516	2,30%
24	BRONCODILATADOR	43	0,91%	\$	663.599	1,04%
25	ANTINEURITICO	34	0,90%	\$	654.542	0,84%
26	ANSIOLÍTICO	17	0,83%	\$	601.291	0,42%
27	OFTÁLMICOS	69	0,82%	\$	600.537	1,67%
28	ANTISÉPTICO	43	0,79%	\$	574.263	1,04%
29	ANTIESPASMÓDICO	43	0,73%	\$	528.833	1,04%
30	ANTIPARASITARIO	60	0,67%	\$	485.161	1,46%
31	PREBIÓTICOS	26	0,58%	\$	425.781	0,63%
32	HORMONALES	43	0,53%	\$	389.383	1,04%
33	ANTI ANÉMICO	26	0,53%	\$	383.631	0,63%
34	ANTI OBESIDAD	17	0,51%	\$	373.247	0,42%
35	UROLÓGICOS	43	0,49%	\$	359.687	1,04%
36	RELAJANTES MUSCULARES	26	0,48%	\$	350.890	0,63%
37	ANTIDIABÉTICOS	43	0,45%	\$	325.540	1,04%
38	ANTIEPILÉPTICOS	34	0,44%	\$	322.599	0,84%
39	BIFOSFONATOS	17	0,41%	\$	301.908	0,42%
40	RETINOIDES	9	0,38%	\$	277.183	0,21%
41	ANTI PRURIGINOSOS	17	0,36%	\$	262.400	0,42%
42	ANTICOLINESTERASICO	9	0,30%	\$	216.697	0,21%
43	ANTIDEPRESIVOS	17	0,24%	\$	174.248	0,42%
44	VENOTONICO	17	0,19%	\$	138.774	0,42%

45	CARDIOTÓNICO	17	0,18%	\$	134.063	0,42%
46	ANTIEMÉTICO	17	0,17%	\$	125.539	0,42%
47	FIBRATOS	9	0,15%	\$	112.825	0,21%
48	ANTINEOPLÁSICOS	9	0,13%	\$	92.004	0,21%
49	SEDANTES	9	0,12%	\$	90.677	0,21%
50	ESTATINAS	9	0,10%	\$	74.228	0,21%
51	ANTIPARKINSONIANOS	9	0,08%	\$	58.560	0,21%
52	ANTIVERTIGINOSOS	9	0,08%	\$	55.176	0,21%
	TOTAL	4108	100%	\$	72.846.638	100%

Fuente: Los Autores 2016

La anterior tabla muestra las familias de productos existentes en la empresa, y según el costo total de cada una de ellas, se puede apreciar que las cinco familias con la mayor participación son las familias de alimentos, planificación familiar, analgésicos, antibióticos, y antiinflamatorios, respectivamente. Representando el 37,38% del costo total de la empresa.

Este trabajo pretende dar respuesta al siguiente interrogante de investigación:

¿Cuáles son las políticas de control de inventarios para los conjuntos de ítems clase A más apropiadas para una empresa comercializadora de productos farmacéuticos de la región?

3 OBJETIVOS

El desarrollo del objetivo general del proyecto conlleva una serie de actividades enmarcadas al cumplimiento de los objetivos específicos que se desarrollarán secuencialmente con procedimientos anidados dentro de cada uno de ellos.

3.1 Objetivo General

Diseñar un modelo de control de inventarios para conjuntos de ítems que contribuya a minimizar el costo total del inventario para una empresa comercializadora de productos farmacéuticos de la región.

3.2 Objetivos específicos

- ✓ Caracterizar el sistema de control y gestión de inventarios existente en la empresa caso de estudio.
- ✓ Realizar una clasificación ABC de los ítems existentes en la empresa.
- ✓ Realizar una clasificación ABC multicriterio de las familias de productos existentes dentro de la categoría clase A.
- ✓ Realizar un modelo de simulación de pronósticos de demanda para las familias de productos clase A de la empresa.
- ✓ Definir una política de inventario para las familias de productos clase A en la empresa caso de estudio.

4 JUSTIFICACIÓN

Los inventarios son bienes tangibles que se tienen para la venta en el curso ordinario del negocio o para ser consumidos en la producción de bienes o servicios para su posterior comercialización. La base de toda empresa comercial es la compra y venta de bienes o servicios; de aquí la importancia del manejo del inventario por parte de la misma. (BALLOU. 1984.)

Así mismo, la planeación, administración y control del inventario establecido adecuadamente dentro de una organización logra reducir los costos totales de logística además de generar mecanismos para responder a factores inesperados. (VIDAL. 2005).

De acuerdo con lo anterior, todas las empresas sin importar su tamaño o enfoque deben poseer un sistema de control de inventarios que les permita garantizar una correcta comercialización de sus productos, permitiendo minimizar el costo total asociado a la administración del inventario, garantizando un nivel aceptable de servicio a los clientes.

Una buena administración de los inventarios implica definir perfectamente la mercancía a pedir, las fechas de pedido, lugar de almacenamiento, el nivel de stock y el modo de reaprovisionamiento, el manejo adecuado del registro de las existencias, de la rotación y evaluación del inventario de acuerdo a como se clasifique y que tipo de inventario posea la empresa, ya que lo anterior permite una reducción de los costos de manejo del inventario y el nivel de servicio. (RAMÍREZ. 2007)

En el caso de las empresas comercializadoras de productos farmacéuticos la variedad de artículos representa un reto para quienes realizan la administración de sus inventarios, por ello se hace necesario el desarrollo de un modelo que agrupe las características esenciales de los productos para así poder facilitar el cálculo de puntos de reorden y niveles de inventario de seguridad de los ítems.

La realización de este proyecto se debe a la identificación de la necesidad por parte de la empresa de implementar mejoras en sus procesos, principalmente en el manejo de sus inventarios, y debido a que este es un campo en el cual la Ingeniería Industrial ha realizado grandes aportes, se consideró un tema pertinente para la realización de este trabajo de grado.

Por ésta razón, el presente documento tiene como finalidad definir el diseño de un control conjunto de inventario de ítems para una empresa comercializadora de productos farmacéuticos de la región que permita establecer una política de control de las existencias contribuyendo así a la minimización de los costos de manejo de éstas generando un nivel adecuado de servicio.

5 MARCO REFERENCIAL

5.1 Estado del Arte

La importancia del manejo de sistemas de gestión y control de inventarios en las organizaciones ha llevado a una amplia cantidad de investigaciones realizadas en este campo, para la realización de este trabajo, se exponen a continuación algunos de estos:

Lung (2005) presenta una clasificación de los múltiples criterios para los análisis ABC, menciona que éste solo tiene un solo ítem de medida, como lo puede ser el volumen total de ventas, y que para facilitar la precisión de estas investigaciones se debería tomar en cuenta otros ítems. Por lo tanto, se propone un modelo simple para clasificación de criterios múltiples, el cual convierte todas las medidas en una puntaje escalar, incluso llegando a obtener resultados eficientes sin necesidad de un optimizador lineal.

En la ciudad de Guayaquil, Ecuador, Coloma y Rodríguez (2009) llevaron a cabo el trabajo “Diseño de un sistema de control y gestión de inventario de producto terminado para una empresa productora de fertilizantes simples y compuestos”, en el cual realizaron la clasificación ABC con la intención de priorizar los fertilizantes simples y compuestos, determinando cuales fertilizantes de cada grupo aportaban más a la generación de costos. También se realizaron los cálculos de inventarios de seguridad y punto de reorden para los tipos de fertilizantes en sus diferentes tipos de ítems.

Parada (2009) en su trabajo “Un enfoque multicriterio para la toma de decisiones en la gestión de inventarios” aplica dos métodos de administración de inventarios como lo son la clasificación ABC y la matriz de índice de rotación en dos empresas cubanas de servicios turísticos. Logró clasificar los productos en existencia y mejorar un sistema de gestión de inventarios enfocado a mejorar el nivel de servicio al cliente. Además de esto, logra concluir que la implementación de cualquiera de estos dos métodos en cualquier organización depende de la situación concreta de aplicación del mismo.

De igual manera, Ávila (2009) realizó una revisión de la literatura con respecto a las diversas metodologías para la aplicación de clasificaciones ABC multicriterio. Dentro de ellas logra establecer unos criterios de selección para los diversos métodos, dentro de los cuales menciona el bi-criterio, Ng, modelo R y el modelo R extendido, explica cada una de las fortalezas y debilidades de estas. Finalmente realiza una clasificación ABC en la que aplica cada una de estas metodologías, una comparación entre las discrepancias arrojadas por cada una de ellas, concluyendo finalmente que es recomendable aplicar varias metodologías con el fin de que la toma de decisiones final tenga un amplio espectro de posibilidades, ya que la

subjetividad de las personas encargadas de esta toma de decisiones es un factor de gran importancia.

Un estudio llevado a cabo por Alzate y Vélez en su trabajo de grado para optar al título de ingenieros industriales (2013) evalúa la situación actual del manejo de inventarios en una institución de formación pública en Colombia, donde el alto costo del mantenimiento del inventario representa una dificultad importante para esta. Así pues, se propone el diseño y ejecución de un sistema de gestión y control de inventarios a través de una clasificación ABC multicriterio, logrando una consolidación de inventarios de seguridad para la organización, y reduciendo el costo del inventario en un 26.3%.

Complementando lo anteriormente planteado Vila-Parrish & Simmons (2013) configuran un artículo que aborda el problema de los sistemas de inventarios de farmacias en hospitales, teniendo como metodología principal la clasificación ABC/VED, sin embargo afirman que esta metodología tiene sus limitaciones y establecen nuevas políticas de preparación de inventarios y medicación, principalmente en sistemas de inventario sin almacenamiento, con realización de pedidos frecuentes para los ítem clase A y diversos tipos de demanda.

Olsson (2014) presenta un artículo que plantea las políticas apropiadas de inventarios para ítems perecederos con tiempos de entrega y vida útil fija, teniendo en consideración que los medicamentos y otros productos tienen fechas de caducidad, las técnicas heurísticas mostradas por este documento son de gran utilidad, y tienen como finalidad afirmar lo previamente dicho por la literatura en estos temas, y se logran unas reducciones importantes en los costos por backorders en el heurístico generado en comparación a los métodos de control e inventarios tradicionales.

De la misma manera, en el trabajo realizado por Rodríguez & Torres (2014), se presenta un caso de implementación de un sistema de gestión y control de inventarios en una empresa farmacéutica y su impacto en las ventas, en la cual se tenían problemas relacionados con la asignación apropiada de funciones de autorización, custodia, registro y control en los procesos de adquisición, recepción, almacenaje y despacho de mercaderías. Para la realización de este trabajo se llevaron a cabo diseños de contratación, operación de variables y análisis de datos a través de software especializado, teniendo como resultado que la falta de un sistema de gestión y control de inventarios afecta negativamente el nivel de servicio de la empresa y por lo tanto las ventas. Se concluye entonces que la implementación de este sistema mejoro el nivel de servicio en un 37% y se logró establecer una programación para los inventarios periódicamente.

En segundo lugar se encuentran investigaciones relacionadas con el control de inventarios, haciendo énfasis en ítems individuales:

Flores, Olson & Dorai (1992) realizaron una investigación en la cual recogen los principios de la clasificación ABC con el uso del enfoque AHP para reducir múltiples

criterios a una sola medida consistente a la hora de considerar múltiples objetivos de administración de inventarios, lo cual permitió mejorar la calidad e integridad de los análisis de inventarios, además de confirmar que el uso del AHP puede ser una herramienta poderosa para apoyar los procesos de desarrollo de políticas de gestión y control de los inventarios.

Por otra parte, Chan, Kingsman & Wong (1999) presentan el valor de combinar pronósticos en el control de inventarios para el sector bancario. La técnica de los mínimos cuadrados lineales, el cual permite encontrar los parámetros poblacionales en un modelo de regresión lineal. Por lo tanto generando una disminución en el error de pronósticos para la organización, lo cual le permite liberar capital y espacio físico, mejorando de esta misma manera los costos de manejo de los inventarios en un 10%.

Teunter, Babai & Syntetos (2009) exponen como la clasificación ABC, teniendo como criterios de clasificación el nivel de demanda y el volumen de ventas con niveles de servicio fijos por cada clase de productos, lleva a soluciones que están bastante alejadas del costo óptimo, por lo tanto utilizan criterios alternativos propuestos por Zhang (2001) el cual se desempeña mucho mejor. Sin embargo es superado incluso por otro criterio mencionado en el documento. Se logró llegar a la conclusión de que el método final mencionado es muy útil para lograr la minimización de inventarios al tiempo que se aumentaba el nivel de servicio

En tercer y último lugar se exponen investigaciones de modelos de control de inventarios pero esta vez basados en control conjunto de ítems:

Se inicia con la publicación elaborada por Wertheimer & Daniels (1989), muestra detalladamente la metodología para administrar farmacias hospitalarias, teniendo en consideración las diferentes variables y problemáticas con las que se puede encontrar un gerente de una organización de esta índole. Se presentan diversas alternativas para la optimización en la distribución de los espacios y manejo de inventarios, usando técnicas sencillas de documentación y revisión periódica de las existencias. Se llega a la conclusión de que la administración de farmacias hospitalarias requiere de la constante implementación de modelos de gestión renovados, que respondan a las necesidades de la medicina moderna y por lo tanto la tecnología forma parte esencial del desarrollo de estas.

Por otro lado, Oh, Honda & Ichihashi (2005), en su artículo realizan la cuantificación de datos categóricos multivariados, teniendo como consideración clúster de ítems y también individuales con el fin de recoger la similaridad de los datos. Se emplea un análisis de homogeneidad con matrices que tienen una serie de índices dedicados a valores asignados por los investigadores, además de técnicas de mínimos cuadrados. Los resultados arrojados por el modelo creado fueron aplicados al grupo de datos artificiales que habían creado para tal fin.

Añadido a lo planteado por ellos, se encuentra una consistencia en la literatura con respecto al tema del mantenimiento de los inventarios, y se brindan datos más

profundos relacionados al uso de sistemas informáticos que apoyan los procesos de almacenamiento de productos en el trabajo realizado por Kappauf, Lauterbach & Koch (2012), analizando un amplio espectro de problemáticas que se pueden abordar desde las metodologías mencionadas en el documento, y que permiten tener una mejor idea del uso de sistemas ERP dentro de las organizaciones.

Con respecto a las decisiones que se deben tomar relacionadas al agrupamiento de inventario según sus características, Millstein, Yang & Li (2012) presentan un modelo de optimización para mejorar la calidad del agrupamiento de los inventarios. El modelo y su solución son aplicados para un proyecto de clasificación de inventarios para una empresa real y resulta teniendo mejores resultados que el método ABC convencional, a través de experimentos computacionales.

Posteriormente, Meléndez y Lambis (2013), exponen el caso de una farmacia en la cual se presentan inconvenientes relacionados con solicitudes a proveedores, criterios de decisión económica de selección de pedidos y se utilizan métodos de clasificación ABC/VEN para la determinación apropiada de los inventarios con base en las necesidades particulares de la empresa. Se logró concluir que la implementación de este sistema, en conjunto con el uso de software especializado permite reducir las pérdidas de producto por vencimiento, además de reducir los costos de inventario.

Dash, Singh & Pattnayak (2013) presentan un modelo para el análisis de los costos de almacenamiento de productos perecederos con demanda decreciente en el que determinaban la cantidad óptima de pedido para estos productos. El objetivo del modelo fue el de presentar el costo mínimo de mantenimiento de los inventarios, y para eso se presentan análisis de sensibilidad de varios parámetros presentados dentro del trabajo como costo de ordenamiento, costo de deterioro y costo de mantenimiento del inventario.

Finalmente, entrando al tema de los pronósticos de demanda, la investigación realizada por Sung, McDonald & Johnson (2015) en la cual evalúan estos pronósticos con modelos de elección discretos y pseudo coeficientes de determinación, como medidas de precisión principales. Se sabe que la obtención de pronósticos de demanda precisos es deseable siempre en cualquier contexto, por lo tanto esta investigación es importante principalmente para evaluar esa precisión de una manera consistente e intuitiva, alcanzando un mejor entendimiento del pseudo valor R^2 .

5.2 Marco teórico

El apropiado control de los inventarios como es conocido habitualmente adquiere un nuevo matiz cuando se empieza a hablar de conjuntos de ítems con características similares entre ellos. Las variables internas y externas que intervienen en este análisis como lo son la prioridad o jerarquía de las categorías, el análisis de datos históricos, patrones de demanda y sus respectivos pronósticos giran en torno a los diferentes grupos de ítems que se conformen.

5.2.1 Clasificación ABC

Según Wild (1997), la clasificación ABC tiene como fin establecer una prioridad, jerarquía o peso de participación de los ítems dentro de los ingresos, costos o utilidad generados al interior de una organización; ya sea por la compra, fabricación o venta. Para llevar a cabo esta clasificación se debe considerar el valor anual de cada ítem, el cual se determina por medio de la siguiente expresión:

$$\text{Valor anual de cada Item} = D_i * V_i \quad (1)$$

Donde:

$$D_i = \text{Demanda anual de Item } i \left(\frac{\text{Unidades}}{\text{Año}} \right)$$

$$V_i = \text{Valor unitario de Item } i \left(\frac{\$}{\text{Año}} \right)$$

Para determinar la cantidad de ítems pertenecientes a cada clase (A, B o C) se organizan los porcentajes de participación del valor anual de cada ítem con respecto al valor anual total de todos los ítems, de mayor a menor. Normalmente:

Los ítems clase A constituyen entre el 10% y el 20% del total de ítems, aportando del 60% al 80% del valor total de los ítems.

Los ítems clase B constituyen entre un 20% y un 40% del total de ítems, aportando del 20% al 30% del valor total los ítems.

Los ítems clase C en la mayoría de los casos son los más numerosos, constituyen entre el 30% y el 70% del total de los ítems, su aporte comúnmente no es superior al 10% del total de los ítems.

Tabla 2. Clasificación ABC.

CARACTERÍSTICAS	POLÍTICAS DE CONTROL	MÉTODOS DE CONTROL
Ítems clase A Son pocos, proporcionan el mayor porcentaje del volumen en ventas.	Control estricto con supervisión personal. Comunicación directa con la administración y los proveedores. Aproximación a JIT en inventario balanceado. Cubrimiento de existencias entre 1 y 4 semanas.	Monitoreo frecuente. Registros precisos. Pronósticos con suavización exponencial doble. Políticas basadas en el nivel del servicio al cliente.
Ítems clase B Proporción de volumen en ventas considerable.	Control clásico de inventarios. Administración por excepción. Cubrimiento de existencias entre 2 y 8 semanas.	Sistemas de control computarizado clásico. Pronostico con suavización exponencial simple. Reporte por excepciones.
Ítems clase C Son muchos, proporcionan un bajo volumen de ventas, tienen un bajo valor unitario.	Supervisión mínima. Pedidos bajo orden. Tamaños de orden grande. Políticas de alto inventario de seguridad. Cubrimiento de existencias entre 3 y 20 semanas.	Sistema de control simple. Promedio móvil. Evitar agotados y excesos de inventario. Larga frecuencia de órdenes. Sistema automático.

Fuente. Vidal Holguín, Carlos Julio (2010). Fundamentos de Control y Gestión de Inventarios.

5.2.2 Clasificación ABC Multicriterio

La herramienta que se utiliza con mayor frecuencia para realizar este tipo de clasificaciones es la ABC clásica, la cual se realiza de forma independiente para diferentes tipos de productos. El uso de la herramienta mencionada no logra convencer a algunos autores como Flores & Whybark (1986) porque se considera solo un criterio en el momento de la clasificación, sin tener en cuenta que en algunas ocasiones hay otros atributos que pueden afectar su importancia dentro del inventario. Cuando el análisis ABC incluye dos o más criterios, en la literatura científica el problema es denominado Clasificación Multicriterio del Inventario, que se expone a continuación.

Métodos empleados para la solución de la clasificación ABC Multicriterio.

- Utilización de metaheurísticos; como los algoritmos genéticos y las redes neuronales artificiales aplicados a la clasificación ABC multicriterio. Espinosa & Sierra (2005).
- La clasificación por medio de la lógica Fuzzy, aplicada por Keskin & Ozkan (2012) donde proponen la aplicación de diversos criterios que permiten el análisis del inventario de una compañía automotriz, haciendo uso del Algoritmo FMC (Fuzzy-C-Means), que mediante dimensión de conjunto de datos agrupados de acuerdo a sus atributos proporciona el alcance de una solución natural, además elimina la subjetividad de los resultados en la Clasificación ABC clásica.
- Existe una metodología planteada por Parada (2009) en la que combina la clasificación ABC multicriterio y la matriz de adquisición/índice de rotación, dentro del almacén de víveres y bebidas de un Hotel. Se considera en esta Clasificación Multicriterio parámetros como el consumo de dinero, movimiento, inventario medio y cantidad de existencias; además hace uso del método selectivo integral, el cual determina factores de clasificación de varios criterios.
- Finalmente, hay una propuesta realizada con AHP (Analytic Hierarchic Processes), planteada inicialmente por Thomas Saaty (1994) en la que se brinda la posibilidad de tomar decisiones con base en información tanto cualitativa como cuantitativa, lo cual facilita la participación en este proceso de personas con una marcada tendencia técnica, así como de personas que no la tienen. Osorio y Orejuela (2008).

Método selectivo integral

El método selectivo integral (Parada, 2009) es una herramienta de la clasificación ABC multicriterio que se basa en determinar factores de clasificación de n criterios, para determinar los límites de las tres zonas de clasificación, de la siguiente manera:

- I. Tener la clasificación ABC clásica de los ítems, el cual asignará a cada ítem un código A, B o C por cada criterio de manera independiente.
- II. Para la asignación del código selectivo integral se debe fijar factores de ponderación cuantitativos que expresan la importancia, para la organización y los parámetros en cada una de las zonas.

Tabla 3. Demanda con tendencia decreciente

Parámetros	Zona		
	A	B	C
1	F	FB	F
2	F	FB	F
3	F	FB	F
n	F	F	F

Fuente. Parada Gutiérrez, Óscar (2009). Un enfoque multicriterio para la toma de decisiones en la gestión de inventarios.

- III. Para el cálculo del código de clasificación se hace necesario determinar el Valor Máximo ($V_{m\acute{a}x}$), este valor es el resultado de la suma de los valores de ponderación de la zona A. Como lo ilustra la Ec. (2). Luego se debe determinar el Valor Mínimo ($V_{m\acute{i}n}$), siendo este el resultado de la suma de los valores de ponderación de la zona C, Como se puede ver en la Ec. (3).

$$V_{m\acute{a}x} = \sum_{j=1}^n F A_j \quad (2)$$

$$V_{m\acute{i}n} = \sum_{j=1}^n F C_j \quad (3)$$

Dónde:

$V_{m\acute{a}x}$ = Suma de los factores de ponderación de la Zona A.

$V_{m\acute{i}n}$ = Suma de los factores de ponderación de la Zona C.

n = Cantidad de criterios base.

- IV. Se procede a calcular el ACL que se refiere a la amplitud de cada clase, el cual resulta de la diferencia entre el Valor Máximo ($V_{m\acute{a}x}$) y el Valor Mínimo ($V_{m\acute{i}n}$), Ec

(4). Dicha diferencia se divide entre 3 clases para establecer el código de clasificación multicriterio.

$$ACL = \frac{V_{max} - V_{min}}{3} \quad (4)$$

Luego se procede a determinar el código selectivo integral para cada zona:

La zona A se establece como el rango entre $(V_{m\acute{a}x} - ACL)$ y $(V_{m\acute{a}x})$.

La zona B se establece como el rango entre $(V_{m\acute{i}n} + ACL)$ y $(V_{m\acute{a}x} - ACL)$.

La zona C se establece como el rango entre $(V_{m\acute{i}n})$ y $(V_{m\acute{i}n} + ACL)$.

5.2.3 Análisis de los Datos Históricos y Patrón de Demanda.

Para la selección correcta del método de pronósticos es indispensable realizar un análisis profundo de los datos históricos de la demanda, en ellos se puede observar y determinar cuál es el comportamiento de la misma en un lapso determinado de tiempo, donde hay consumos elevados, bajos, afluencia de puntos en periodos consecutivos, entre otras conclusiones que se pueden derivar de este análisis. Vidal (2010).

En el sistema de pronósticos se debe tener en cuenta tres aspectos relacionados con el tiempo:

- El periodo del pronóstico referente a la unidad básica de tiempo para la cual se realiza el pronóstico en días, semanas, meses; esto dependerá de la naturaleza del proceso bajo estudio y de cómo se registren las transacciones (ventas, compras) en la organización.
- El horizonte de planeación del pronóstico siendo el número de periodos cobijados por el pronóstico a futuro.
- El intervalo del pronóstico referente a la frecuencia con la que se efectúan nuevos pronósticos o se actualizan.

La simulación del pronóstico se puede llevar a cabo cuando se dispone de suficientes datos históricos, ésta simulación ayudará a la selección del sistema de pronóstico adecuado, comprende los siguientes pasos:

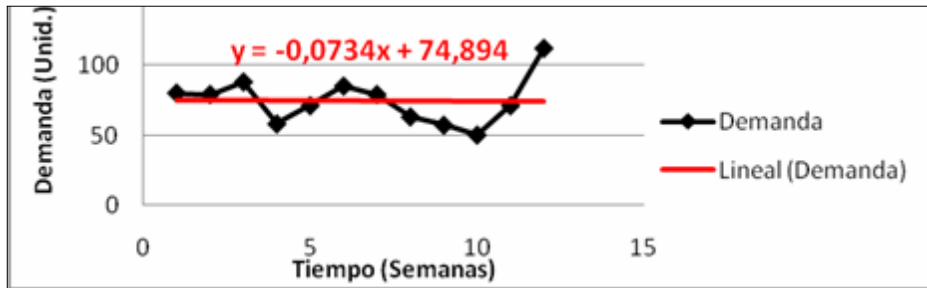
- Inicialización del sistema.
- Simulación del pronóstico.
- Optimización de los parámetros del modelo utilizado.
- Utilización del sistema de pronósticos en tiempo real.

- Seguimiento y administración del sistema empleado.

Existen diversos tipos de patrones de demandas y algunos son mostrados en los siguientes gráficos:

5.2.3.1 *Demanda perpetua, estable o uniforme*

Ilustración 2. Demanda perpetua, estable o uniforme

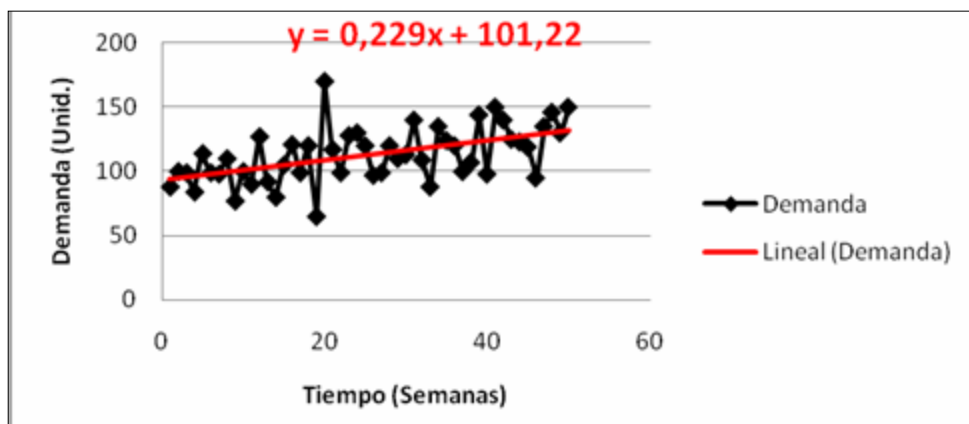


Fuente: Vidal Holguín, Carlos Julio (2010). Fundamentos de Control y Gestión de Inventarios, Capítulo 3.

Este patrón de demanda describe un comportamiento de demanda constante durante todos los periodos históricos pertenecientes al análisis, es decir, que su fluctuación permanece dentro de rangos no muy amplios. La gráfica muestra que los datos analizados se encuentran altamente correlacionados con una tendencia lineal.

5.2.3.2 *Demanda creciente y decreciente*

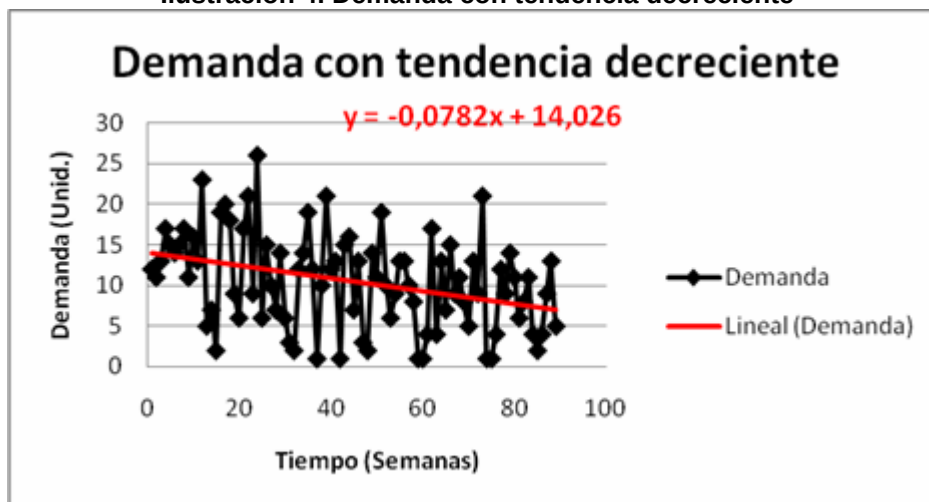
Ilustración 3. Demanda con tendencia creciente



Fuente: Vidal Holguín, Carlos Julio (2010). Fundamentos de Control y Gestión de Inventarios, Capítulo 3.

En este patrón de demanda tiene un comportamiento progresivo en el consumo durante un tiempo determinado, como se observa en la ilustración 3. Este tipo de comportamiento se puede presentar en productos que se encuentran en la etapa de madurez de su ciclo de vida.

Ilustración 4. Demanda con tendencia decreciente

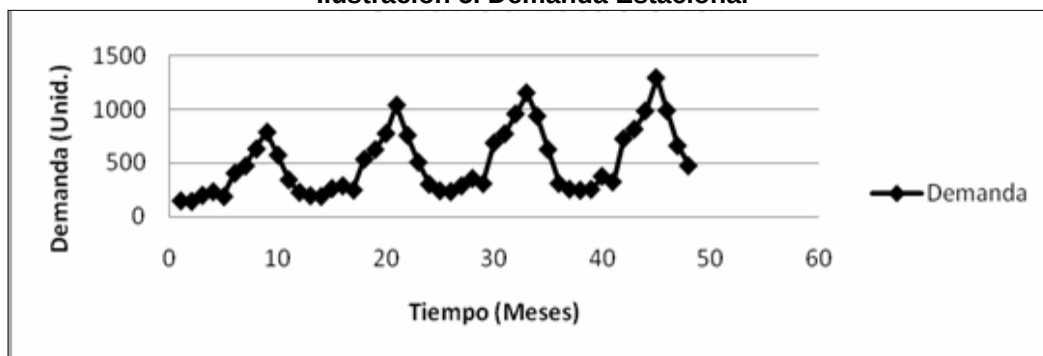


Fuente. Tomado de Vidal Holguín, Carlos Julio (2010). Fundamentos de Control y Gestión de Inventarios Cap. 3.

La Demanda Decreciente tiene el comportamiento contrario a la Creciente; se puede presentar en productos que se encuentren en la etapa de declive de su Ciclo de vida. Observar ilustración 4.

5.2.3.3 Demanda estacional

Ilustración 5. Demanda Estacional

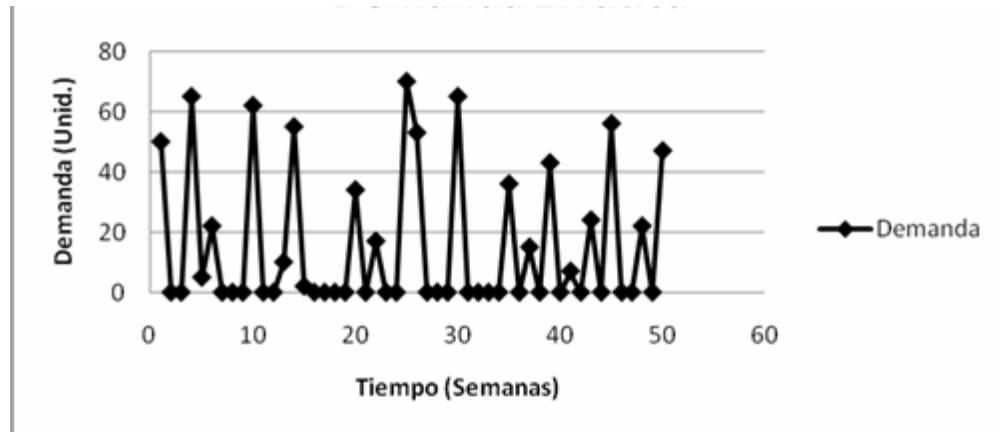


Fuente: Vidal Holguín, Carlos Julio (2010). Fundamentos de Control y Gestión de Inventarios Cap.3.

Este patrón de demanda describe productos en los cuales su consumo tiene picos elevados o estaciones en ciertos periodos de tiempo analizado, y en el tiempo restante presenta comportamiento estacional, como puede observarse en la ilustración 5. Un ejemplo de productos que tienen comportamiento de demanda estacional son las flores; durante todo el año hay venta de estos productos, pero sus picos más elevados se presentan en el mes de la mujer (Marzo) y el mes de las madres (Mayo).

5.2.3.4 Demanda errática

Ilustración 6. Demanda con tendencia intermitente



Fuente. Vidal Holguín, Carlos Julio (2010. Fundamentos de Control y Gestión de Inventarios Capítulo 3.

La ilustración 6 ilustra el comportamiento de demanda errático que se caracteriza porque en determinado periodo la demanda se hace nula. Generalmente los productos que tienen este comportamiento en su consumo son fabricados para un cliente específico.

5.2.4 Sistemas de Pronósticos de la Demanda

Los sistemas de pronósticos son fundamentales para cualquier tipo de organización, ya que considera la predicción de variables de interés para llevar a cabo el cumplimiento de objetivos, mejorando su competitividad y tomando decisiones correctas en cuanto al desbalanceo de inventario que puede presentarse con el exceso de inventario y el insuficiente servicio al cliente. (Vidal 2010).

Ballou (2004), afirma que los sistemas de pronósticos permiten la planeación y control de todas las áreas de la organización mediante datos de entrada y salida; además, facilita observar y analizar el comportamiento de la demanda en periodos de tiempo determinados.

Indicadores de eficiencia de un sistema de pronósticos.

Ballou (2004). La precisión en los indicadores de un sistema de pronósticos debe ser medido con los errores del pronóstico para generar un correcto análisis y tomar decisiones; es calculado con la diferencia del valor real observado de la variable después de conocerse y el pronóstico de demanda para un periodo t . La ecuación se expresa de la siguiente manera:

$$e_t = X_t - \hat{X}_t \quad (5)$$

Donde

e_t = Error del pronóstico de demanda para el periodo t

X_t = Valor real u observacion de la demanda en el periodo t

$\hat{X}_t$ = Pronóstico de demanda para el periodo t , calculado en algun periodo anterior, generalmente en un periodo antes.

Se ha demostrado que existen otros medidores de variabilidad que resultan ser más eficientes que el mencionado anteriormente, a continuación se indican sus ecuaciones:

$$\text{Error absoluto} = |e_t| = |X_t - \hat{X}_t| \quad (6)$$

$$\text{Error cuadrático} = e_t^2 = (X_t - \hat{X}_t)^2 \quad (7)$$

Si se necesitan proporciones del error del pronóstico para determinar el valor en forma porcentual se utilizan estas ecuaciones:

$$\text{Error porcentual (APE)} = 100 * \left| \frac{X_t - \hat{X}_t}{X_t} \right| \quad (8)$$

$$\text{Error porcentual (APE')} = 100 * \left| \frac{X_t - \hat{X}_t}{X_t} \right| \quad (9)$$

Sin duda, se necesita disponer de errores absolutos, cuadráticos o porcentuales para n periodos y de esta manera obtener el promedio de errores de los periodos. Se expresan entonces estos índices con las siguientes ecuaciones: MAD, MAPE, MAPE' y ECM respectivamente.

Los sistemas de pronósticos comúnmente utilizados son:

5.2.4.1 Sistema de pronóstico Promedio Móvil

(Vidal 2010). Es uno de los sistemas más simples, adecuado para patrones de demanda perpetua o estable con poca o ninguna tendencia. El modelo para este sistema de pronóstico se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$X_t = b - \varepsilon_t \quad (10)$$

Donde:

X_t = Valor real u observacion de la demanda en el periodo t

b = Una constante que representa el proceso de demanda uniforme que se lleva a cabo

ε_t = Una variable aleatoria normal con media cero y varianza $\delta_\varepsilon^2 > 0$ desconocida.
Esta variable representa la parte aleatoria del proceso, imposible de pronosticar

5.2.4.2 Sistema de pronóstico Suavización Exponencial Simple.

(Vidal 2010). En este sistema se estima el parámetro b para luego definir un inventario de seguridad que responda a las variaciones aleatorias representadas por. Para la última observación de demanda el sistema aplica un peso α y un peso $(1 - \alpha)$; este sistema es adecuado para demanda perpetua, estable o uniforme. Su aplicación es calculada mediante la siguiente ecuación:

$$S_T = \alpha X_t + (1 - \alpha)S_{T-1} \quad (11)$$

Donde:

S_T = Pronostico realizado al periodo T , o sea la estimacion del parametro b realizada al final del periodo $T - 1$

S_{T-1} = Pronostico anterior es decir la estimacion del parametro b realizada al final del periodo $T - 1$

X_t = Demanda real observada al final del periodo actual t

α = Constante de suavizacion (Inicialmete definida en el intervalo $0 \leq \alpha \leq 1$)

5.2.4.3 Sistema de pronóstico Suavización Exponencial Doble.

(Vidal 2010). Este sistema considera la tendencia de la demanda; es adecuado para demanda creciente o decreciente. Para poder pronosticar demandas futuras, el sistema presenta las componentes constante y de tendencia, determinadas por b_1 y b_2 respectivamente. El modelo para este sistema de pronóstico de suavización exponencial doble. Se calcula mediante la ecuación siguiente:

$$X_t = b_1 + b_2 + \varepsilon_t \quad (12)$$

Donde:

X_t = Valor real u observacion de la demana en el periodo t

b_1 = Valor que representa la componente constante de la demanda

b_2 = Valor que representa la componente de tendencia de la demanda
(Creciente o decreciente de acuerdo a su signo)

ε_t = Una variable aleatoria normal con media cero y varianza $\delta_\varepsilon^2 > 0$ desconocida.
Esta variable representa la parte aleatoria del proceso, imposible de pronosticar

5.2.4.4 Método multiplicativo de Winters

(Vidal 2010). Este método es el más utilizado para demanda estacional; consiste en estimar los parámetros del modelo y usarlos para generar el pronóstico; considera tres factores: la porción constante de la demanda, tendencia y estacionalidad. La ecuación para su aplicación es la siguiente:

$$d_t = (a + b_t)C_t + \varepsilon_t \quad (13)$$

Donde:

a = Porción constantes

b_t = Pendiente de la componente de tendencia

C_t = Factor estacional para el periodo t

ε_t = Aleatoriedad no controlable

5.2.4.5 Sistema de pronóstico Croston.

(Vidal 2010). Es adecuado para demanda errática o intermitente, ya que la divide en dos; primero se pronostica la probabilidad de que ocurra o no una demanda en el periodo siguiente. Después, se pronostica el posible tamaño de la demanda despreciando aquellas con valor igual que cero. El sistema de pronóstico Croston se calcula de la siguiente manera:

$$\hat{X}_t = \frac{\hat{z}_t}{\hat{n}_t} \quad (14)$$

$$\hat{n}_t = \alpha \hat{n}_t + (1 - \alpha) \hat{n}_{t-1} \quad (15)$$

$$\hat{z}_t = \alpha x_t + (1 - \alpha) \hat{z}_{t-1} \quad (16)$$

Donde:

X_t = Demanda observada en el periodo t

Y_t = Variabebinaria igual a 1 si ocurre una demanda mayor que cero en el periodo t ; igual a cero de lo contrario.

$Z_t = X_t + Y_t = \text{Tamaño de la demanda ocurrida en el periodo } t$

$n_t = \text{Número de periodos transcurridos desde la última demanda mayor que cero hasta el periodo}$

$\hat{n}_t = \text{Valor estimado de } n \text{ al final del periodo } t$

$\hat{Z}_t = \text{Valor estimado de } z \text{ al final del periodo } t$

5.2.5 Métodos para el cálculo del tamaño de lote.

(Vidal 2010). La determinación del tamaño de lote dependerá del tipo de demanda que se presente, la cual podría ser constante, determinística o aleatoria.

- Demanda conocida y constante: No se presenta comúnmente en los casos cotidianos o reales, pero es de fácil manejo.
- Demanda determinística: Es variable pero se puede conocer con anterioridad, en la mayoría de casos se presenta cuando existen contratos previamente establecidos.
- Demanda probabilística o aleatoria: es el caso más común en la realidad de las organizaciones, pero a su vez es la más complicada de controlar, su comportamiento está determinado por una distribución de probabilidad.

5.2.5.1 Cálculo del tamaño de lote para demanda determinística.

(Vidal 2010). *Modelo del EOQ (Economic Order Quantity):*

- No se consideran descuentos en compra, transporte y producción al inicio.
- Se considera *Lead Time* igual a cero o a un valor constante y conocido.
- No se consideran *Backorders* (ordenes pendientes).
- Se satisface toda la demanda por lo que no se admiten pedidos atrasados.
- Frecuencia de revisión continua.
- Debe elaborarse una orden de pedido cuando el punto de reorden sea igual a cero, si el *Lead Time* es igual a cero. De lo contrario; si el *Lead Time* es mayor a cero, la orden de pedido se traslada tiempo atrás según el valor del *LT*.

$$EOQ = \sqrt{\frac{2AD}{vr}} \quad (17)$$

Donde:

$$A = \text{Costo de ordenamiento} \left(\frac{\$}{\text{Orden}} \right)$$

$$D = \text{Demanda promedio} \left(\frac{\text{Unidades}}{\text{año}} \right)$$

$$v = \text{Valor unitario del ítem} \left(\frac{\$}{\text{Unidad}} \right)$$

El modelo del EOQ indica el tamaño de pedido, que debe realizarse cada que la suma de las demandas agoten el inventario existente y no permitan satisfacer completamente la demanda del periodo siguiente. Pero esto no es una camisa de fuerza u obligación, debido a que el modelo tiene algunas modificaciones que son adecuadas dependiendo del caso, es decir, las modificaciones se efectúan pidiendo por exceso o por defecto valores cercanos al EOQ, lo que pretenden estas transformaciones es minimizar el costo total relevante del tamaño de pedido.

Un solo pedido al comienzo del horizonte:

(Vidal 2010). Este método pretende realizar un único pedido que sea equivalente a la suma de todas las demandas que se realizaran durante todo el periodo de datos conocidos (horizonte planeado).

Es importante considerar que aquí lo más probable es que los costos de llevar el inventario sean más elevados debido al tiempo que duran en el almacén y los costos de ordenamiento disminuirán como consecuencia de ordenarse una sola vez dentro del horizonte de planeación).

Modelo lote a lote

(Vidal 2010). Este método propone realizar una orden de pedido para cada periodo, es decir, ejecutar una preparación de orden igual a la cantidad de la demanda para el respectivo periodo.

También debe contemplarse la posibilidad de que los costos de mantenimiento del inventario son bajos por los pocos días de los ítems en el almacén y los costos de ordenamiento serán más elevados por el número repetitivo de órdenes de pedido.

5.2.6 Sistemas de control del inventario

Según Vidal (2010) un adecuado sistema de gestión y control de inventarios debe

de responder con claridad a las siguientes preguntas: ¿Con qué frecuencia debe revisarse el inventario?, ¿Cuándo debe realizarse el pedido del ítem? Y ¿Qué cantidad ordenarse en cada requisición? Es importante también aclarar que para elegir el método adecuado de control de inventarios existen diferentes tipos de demanda.

Para la conceptualización de los sistemas de control de inventarios se hace necesario tener claro los siguientes aspectos:

Inventario efectivo

= *Inventario a la mano + (Pedidos pendientes por llegar)*

– *(Requisiciones pendientes de entregar o comprometidas con los clientes)*

Donde el inventario a la mano es el inventario físico que se encuentra en el almacén o bodega, mientras el inventario efectivo es un inventario virtual, llevado en diversas bases de datos.

Una de las preguntas a las que responde un sistema de control de inventario es ¿con qué frecuencia debe revisarse el nivel de inventario efectivo?, y la respuesta a este interrogante se encuentra enmarcada entre dos sistemas básicos, la revisión continua y periódica. La siguiente tabla explica cada uno de los métodos de una manera comparativa.

Tabla 4. Comparación entre los sistemas de revisión continua y los de revisión periódica.

Revisión continua	Revisión Periódica
Es muy difícil en la práctica coordinar diversos ítems en forma simultánea.	Permite Coordinar ítems en forma simultánea, lográndose así economías de escala significativas, por ejemplo, cuando se le compra al mismo proveedor.
La carga laboral es poco predecible, ya que no sabe exactamente el instante en que debe ordenarse.	Se puede predecir la carga laboral con anticipación a la realización de un pedido, ya que se sabe cuándo va a ocurrir.
La revisión es más costosa que en el sistema periódico, especialmente para ítems de alto movimiento.	La revisión es menos costosa que en la revisión continua, ya que, en general, es menos frecuente.
Para ítems de bajo movimiento, el costo de revisión es muy bajo, pero el riesgo de información sobre pérdidas y daños es mayor.	Para ítems de bajo movimiento, el costo de revisión es muy alto, pero existe menos riesgo de falta de información sobre pérdidas y daños.

Asumiendo un mismo nivel de servicio al cliente, este sistema requiere un menor inventario de seguridad que el sistema de revisión periódica (Protección sobre L)	Asumiendo un mismo nivel de servicio al cliente, este sistema requiere un mayor inventario de seguridad que el sistema de revisión continua (Protección sobre $R + L$)
--	---

Fuente: Vidal Holguín, Carlos Julio (2010). Fundamentos de Control y Gestión de Inventarios.

Cálculo del inventario de seguridad considerando la variabilidad de la demanda:

$$\text{Inventario de Seguridad } IS = k\sigma_L = k\sigma_1\sqrt{L} \quad \text{Sist. Continuo } (s, Q) \quad (18)$$

$$\text{Inventario de Seguridad } IS = k\sigma_{L+R} = k\sigma_1\sqrt{L+R} \quad \text{Sist. Periodico } (R, S) \quad (19)$$

Donde:

k = Factor de seguridad dependiente del nivel de servicio deseado.

L = Tiempo de reposición.

R = Intervalo de revisión del nivel de inventario

σ_L = Desviación estándar de los errores de pronóstico de la demanda total, en un periodo de duración L .

σ_{L+R} = Desviación estándar de los errores de pronóstico de la demanda total, en un periodo de duración $L + R$.

5.2.6.1 Sistema de control continuo (s, Q)

(Vidal 2010). En este sistema cada vez que el inventario efectivo sea igual o menor al punto de reorden (s) , se ordena una cantidad fija Q , ajustándola hasta que sea mayor a la demanda promedio durante el tiempo de reposición. Su principal ventaja es que la cantidad Q a ordenar minimiza posibles errores en el pedido y facilita la administración de los mismos.

5.2.6.2 Sistema de control continuo (s, S)

Para este sistema, cada vez que el inventario efectivo sea igual o inferior al punto de reorden (s) se ordena una cantidad tal que eleve el inventario efectivo al mismo

nivel del inventario máximo (S). Las cantidades a ordenar pueden variar entre periodos, pues depende del inventario efectivo y el inventario máximo en cada periodo.

5.2.6.3 Sistema periódico (R, S)

En este sistema se revisa el inventario efectivo cada R unidades de tiempo, y se ordena una cantidad tal que eleve el inventario efectivo al nivel del inventario máximo. Con la aplicación de este sistema las organizaciones no pueden saber concretamente cuál es su nivel de inventario, ni cuánto es el costo de los productos vendidos en cualquier momento; únicamente lo sabrá cada R unidades de tiempo que se revise físicamente.

Según Ballou (2004) la principal ventaja en solicitar varios artículos al mismo tiempo y en el mismo pedido, se manifiesta en ganancias económicas, ya sea por ser proporcionados por el mismo proveedor, por el medio de transporte, por ser fabricados en la misma línea de manufactura, u otras razones. Además implica determinar un tiempo de revisión del inventario común para todos los artículos.

5.2.6.4 Sistema periódico (R, s, S)

Vidal (2010) define este sistema como “un sistema de control híbrido”, pues este combina el sistema continuo (s, S) y el periódico (R, S), y consiste en que cada R unidades de tiempo se revise el inventario efectivo. Si el inventario efectivo es menor o igual que el punto de reorden (s), se realiza una orden de pedido por una cantidad tal que eleve el nivel de inventario hasta el nivel máximo S , de lo contrario si el inventario efectivo es mayor que s , no se realiza ningún pedido hasta la próxima revisión, en el periodo R siguiente.

5.2.6.5 Control min-máx de inventario de ítems con demanda errática

Ballou (2004) expresa que este sistema puede adaptarse a ítems de bajo movimiento considerando las siguientes situaciones:

- Declarando la demanda como errática luego de verificar mediante técnicas de pronósticos que el coeficiente de variación es mayor que 1.
- Calculando el tamaño de la Orden Q .
- Hallando el déficit esperado u , siendo la mitad de la diferencia entre el inventario inicial y final a la mano, ajustando el punto de reorden antes de

que caiga por debajo del inventario a la mano. Es decir, que a la demanda durante el tiempo de reposición se le suma el inventario de seguridad del punto de reorden s y la caída esperada u por debajo del punto de reorden.

- Calcular el nivel máximo de inventario $S = s + Q - u$. y posteriormente ejecute normalmente el control de inventario.

5.2.7 Control conjunto de ítems

Vidal (2010). La administración está interesada en el control conjunto de varios ítems en forma simultánea. Esto se debe al hecho de que dichos ítems pueden ser suministrados por un mismo proveedor, o comparten un mismo modo de transporte, o son producidos en las mismas máquinas o línea de producción.

Ventajas:

Existen diversas ventajas cuando se realiza control conjunto, a saber:

- ✓ Ahorros en precios unitarios de compra, ya que al efectuar la coordinación se pueden lograr los tamaños de orden mínimos impuestos por el proveedor para otorgar cierto descuento. Igualmente, se pueden lograr economías de escala.
- ✓ Ahorro en los costos totales de ordenamiento, ya que al incluir más ítems en una orden sencilla, es posible disminuir el número anual de órdenes.
- ✓ Facilidad de programación, en cuanto a recepción de materiales, inspección, etc. En efecto, muchas empresas piensan en pedidos realizados por proveedor, en lugar de considerar ítems individuales.

Desventajas:

Por otra parte, al realizar la coordinación, algunas desventajas también pueden ocurrir:

- ✓ Incremento en el nivel promedio de inventario, debido a que algunos ítems pueden ser incluidos en una orden antes de que alcancen su punto de reorden.

- ✓ Incremento en los costos de control, debido a la necesidad misma de la coordinación de varios ítems. Estos consisten específicamente en los costos de revisión, costos de computador, costos de administración y coordinación, entre otros posibles.

5.2.7.1 Reabastecimiento conjunto

En la práctica, es muy difícil o casi imposible que las organizaciones controlen sus inventarios de ítems en forma aislada. Esto se debe a múltiples razones, entre las cuales las más importantes son los requerimientos de los tamaños de las órdenes de los proveedores, el medio de transporte utilizado y los procedimientos de compra que tiene la organización. Por estas razones, las empresas deben controlar el inventario de varios ítems en forma conjunta. Vidal (2010).

El ejemplo clásico es el de aquellos ítems que son suministrados por un mismo proveedor, quien no va a aceptar una orden hoy por cantidades relativamente pequeñas de tres ítems, mañana por otras mínimas cantidades de otros dos ítems, y así sucesivamente. Para efectos prácticos, debe reunirse una orden de un tamaño adecuado para el procesamiento tanto del proveedor como de la organización.

El análisis del control conjunto de inventarios no es sencillo. Los autores tratan este tema de muy diversas formas y presentan diferentes resultados de investigación. Los resultados de investigación en muchos de los temas son muy recientes y otros problemas continúan siendo investigados intensivamente. Por esta razón, es muy difícil tratar todos los temas con algún nivel de detalle. A continuación se presentan algunos resultados importantes y se comenta acerca de la existencia de otros.

5.2.7.2 Un sistema periódico de reabastecimiento conjunto

Ballou (2004, p. 361) presenta un método para el control periódico conjunto de varios ítems. El procedimiento consiste en determinar un tiempo de revisión común para diversos ítems y ordenar cantidades diferentes para cada ítem, de acuerdo con su inventario efectivo y su inventario máximo.

La definición del inventario máximo para cada ítem se realiza de acuerdo con su nivel de servicio deseado (P_1 o P_2) y el costo total relevante se calcula con base,

Por ejemplo, en la fracción del valor del ítem por unidad, B_2 .

Así, el método comprende primero la determinación del intervalo de revisión común, R , de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$R = \sqrt{\frac{2[A + \sum_{i=1}^n a_i]}{r \sum_{i=1}^n Div_i}} \quad (20)$$

Donde el único término diferente de la nomenclatura utilizada en el curso son los a_i , los cuales corresponden a los costos fijos de incluir cada ítem i en una orden, mientras que A es el costo mayor correspondiente al costo fijo de ordenamiento común para toda la familia de ítems.

Nótese la semejanza de esta ecuación con la tradicional del EOQ expresado en unidades de tiempo. En muchas ocasiones se puede considerar $a_i = 0$, especialmente si los ítems que se van a ordenar conjuntamente son muy parecidos o uniformes. En el caso de que un ítem i requiera un tratamiento especial, por ejemplo un proceso de inspección muy complejo que no tienen los demás ítems de su misma familia o proveedor, entonces el a_i de este ítem podría no ser despreciable y debería tenerse en cuenta.

Una vez calculado R , se ajusta a un valor razonable para la administración. Por ejemplo, si R fuese igual a 1.4 semanas, sería difícil implementarlo exactamente en la práctica; debería entonces redondearse a 1 o a 2 semanas, analizando las implicaciones administrativas de dicho valor

Seguidamente se determina el inventario máximo de cada ítem, de acuerdo con el nivel de servicio deseado, mediante la conocida expresión

$$S_i = d_i(R + L_i) + k_i \sigma_{R+L_i} \quad (21)$$

Donde d_i es la demanda del ítem expresada con respecto de las unidades de tiempo correspondientes al intervalo de revisión más el tiempo de reposición.

El costo total relevante puede calcularse entonces utilizando la siguiente ecuación, donde se deja la opción de tener el costo de faltante ($B_{2i} v_i$) discriminado por ítem.

$$CTR_2 = \frac{A + \sum_{i=1}^n a_i}{R} + r \left[\frac{R \sum_{i=1}^n Div_i}{2} + \sum_{i=1}^n k_i \sigma_{R+L_i} v_i \right] + \frac{1}{R} \sum_{i=1}^n B_{2i} v_i \sigma_{R+L_i} G_z(k_1) \quad (22)$$

5.3 Marco conceptual

Es necesario para la realización y consecución de este trabajo tener claridad en términos y conceptos relacionados con la temática de Gestión y Control de inventarios:

- **SKU (Stock Keeping Units).** Un *SKU* es un ítem individual que se puede diferenciar claramente de otro, o sea que tiene diferentes códigos en el sistema de información asociado o, incluso, que aun teniendo el mismo código, se ubica en regiones diferentes.
- **Clasificación ABC.** Metodología de segmentación de productos de acuerdo a criterios preestablecidos. De esta forma la empresa puede identificar aquellos artículos que son realmente importantes y concentrar en ellos una mayor atención y dedicación de tiempo, esfuerzo y dinero en su control.
- **ECM.** Error Cuadrático Medio. El error cuadrático medio (ECM) de un estimador mide el promedio de los errores al cuadrado, es decir, la diferencia entre el estimador y lo que se estima. El ECM es una función de riesgo, correspondiente al valor esperado de la pérdida del error al cuadrado o pérdida cuadrática.
- **EOQ.** Economic Order Quantity, o Cantidad Económica de Pedido, es la cantidad del pedido de compra para el reabastecimiento que minimiza los costes de inventario totales. El pedido se desencadena cuando el nivel de inventario llega al punto de reorden.
- **Demanda.** Es la cantidad de bienes o servicios que el comprador o consumidor está dispuesto a adquirir a un precio establecido, con la adquisición de este producto o servicio puede satisfacer parcial o totalmente sus necesidades.
- **Inventarios.** Hace referencia a las existencias de un ítem o recurso determinado, que se encuentra almacenado y dispuesto para su utilización. Estos se pueden clasificar según su funcionalidad y forma.
- **Pronóstico.** es el valor estimado de la demanda en cualquier periodo hacia el futuro, dicho valor estimado está fundamentado en el análisis de los datos históricos de consumo.

Clasificación del inventario según su funcionalidad. Se hace necesario clasificar los inventarios según su funcionalidad para no cometer errores en el momento de administrarlos:

- **Inventario cíclico.** Este tipo de inventario se presenta en situaciones en la

cuales se fabrica o produce lote por lote y no de manera continua. La cantidad de inventario disponible en cualquier momento se denomina inventario cíclico. Son generalmente utilizados en organizaciones que producen con economía a escala.

- **Inventario de seguridad.** Es el inventario que se encuentra disponible para responder a cambios imprevistos en la demanda y en los tiempos de reposición, como finalidad tiene no dejar demanda insatisfecha como consecuencia de la incertidumbre.

- **Inventario de anticipación.** Se refiere al inventario acumulado de periodos anteriores y que buscan satisfacer los consumos elevados en la demanda, pues se hace costoso la fabricación de un número elevado de ítems en un solo periodo. Este tipo de inventario es frecuente en empresas donde su materia prima se puede conseguir pocas veces en el año.

- **Inventario en tránsito.** También conocido como inventario en proceso, es el inventario que se encuentra entre estaciones de trabajo dentro del proceso productivo, o entre eslabones dentro de la cadena de abastecimiento.

- **Inventario especulativo.** Este tipo de inventario se hace presente cuando se espera un aumento en la adquisición de los ítems. Cuando se presenta esta situación se recomienda comprar todo lo que el flujo de caja permita.

Clasificación del inventario según su forma. Según su forma los inventarios se clasifican en:

- **Inventario materia prima.** Conjunto de ítems que se encuentran a disposición del proceso de transformación, que al final se convierten o forman parte del producto terminado.

- **Inventario de producto en proceso.** Corresponde al conjunto de productos que se encuentran en medio del proceso de productivo, es decir que no han sido fabricados en su totalidad y mientras no se terminen en su totalidad seguirán siendo inventario en proceso.

- **Inventario de producto terminado.** Hace referencia al conjunto de ítems que ya fueron elaborados en su totalidad, incluye los que se encuentran almacenados y están disponibles para la venta.

- **Inventario de mantenimiento.** Representa el conjunto de ítems que son utilizados como repuestos en el mantenimiento de maquinaria y equipos.

- **Costo de mantenimiento del inventario:** En este costo se contemplan los

costos de las instalaciones de almacenamiento, el manejo, el seguro, hurto, la rotura, la obsolescencia, la depreciación, los impuestos, y el costo de oportunidad del material.

- **Costos de almacenamiento y manejo.** Son los costos en los que se incurre por operar la bodega, por la mano de obra utilizada y de las actividades internas como recepción, almacenamiento, inspección y despacho.

- **Costos de ordenamiento.** Estos se refieren a los costos administrativos y de oficina para elaborar la orden de compra. Los costos de ordenamiento incluyen detalles, como contar los artículos y calcular las cantidades de órdenes.

- **Costos de faltante.** Cuando las existencias de un artículo están agotadas, los pedidos deben esperar hasta que se repongan o deben ser cancelados, y es allí donde existe demanda insatisfecha y se generan costos difíciles de estimar. Algunos de estos costos son: utilidades perdidas, pérdidas de clientes o sanciones por retraso.

- **Costo total relevante.** Según Vidal (2010), el CTR es el costo en el cual incurre una organización y está dado por la sumatoria del costo de ordenamiento, y mantenimiento. Este costo está conformado además por los siguientes componentes:

- Costos de compra y/o producción.
- Costos de ordenamiento, preparación y alistamiento (*setups*).
- Costos de mantenimiento del inventario (*holding cost*).
- Costos de faltantes de inventario (*shortage cost*), convertidos en ventas perdidas u órdenes pendientes (*lost sales o backorders*).
- Costos de control del sistema.
- Otros costos posibles (administrativos o de planeación de la producción).

- **Lead time.** Hace referencia al período de tiempo necesario para producir un sólo producto desde que el cliente hace su pedido, hasta que el mismo se despacha.

Después de tener claridad en términos y conceptos relacionados con el correcto manejo que se le debe dar al control y gestión de inventarios de una organización se dará paso a la realización del primer objetivo del proyecto que consiste en la caracterización actual del sistema con un diagnóstico general y específico del área de inventarios. En el capítulo siguiente se encontrará de manera detallada.

6 CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL Y GESTIÓN DE INVENTARIOS EXISTENTE EN LA EMPRESA CASO DE ESTUDIO

Dentro de los diversos factores que componen los inventarios en las empresas, se debe tener a consideración el óptimo funcionamiento de estos con el fin de garantizar el mayor nivel de servicio posible al menor costo de operación; para la realización del diagnóstico del proceso que involucra directamente el área del almacén de la comercializadora y distribuidora de productos farmacéuticos fue necesario un seguimiento detallado recurriendo a las visitas permanentes que mediante observación y análisis permitieron la identificación de elementos y características claves en la toma de decisiones referentes al control de inventarios.

En general se detectaron cuatro factores que se consideran importantes para la realización de todo el proceso.

- Manejo de proveedores y sus características
- Tipos de producto
- Características físicas de las bodegas de almacenamiento
- Políticas existentes de control de inventarios

Manejo de proveedores y sus características

En la actualidad, la empresa caso de estudio cuenta con una amplia variedad de proveedores para cubrir sus necesidades de forma inmediata, cada uno de ellos se consideran proveedor calificado y de acuerdo al comportamiento en formas de pago y fidelización con los mismos poseen beneficios como: facilidades de pago, promociones y descuentos en facturas.

Teniendo en cuenta que el objetivo principal de la empresa es la comercialización y despacho de medicamentos, en la siguiente tabla se presenta las características de los principales proveedores de medicamentos y productos con mayor rotación.

Tabla 5. Listado de proveedores y sus características.

PROVEEDOR	CARACTERÍSTICAS		
	DESCRIPCIÓN	CIUDAD DE PROCEDENCIA	LEAD TIME - Días
Distribuciones AXA S. A	Especialistas en distribución en Consumo Masivo atendiendo diferentes canales como mini mercados, supermercados independientes, subdistribuidores y plazas mayoristas. Y en el negocio Farmacéutico llegamos a droguerías independientes, droguerías de cadena, distribuidores, Clínicas y canal moderno.	Bogotá	2
EVE DISTRIBUCIONES S.A.S	Evedisa es una firma dedicada al suministro de medicamentos, productos hospitalarios y de consumo masivo como productos de aseo, cuidado del cabello, tarjetas prepagos, leches, multivitamínicos, entre otros.	Pereira	1
POSTOBÓN S. A	Postobón es una compañía de bebidas colombiana. Es una de las empresas más grandes del país y una de las principales en América del Sur. Ésta empresa cuenta con un amplio portafolio de productos que incluye bebidas sin alcohol y con alcohol (cerveza por intermedio de su subsidiaria Central Cervecera de Colombia), bebidas de fruta, aguas y bebidas de nueva generación (tés, energizantes e hidratantes).	Cartago	2
DEPOSITO DE PRODUCTOS FARMACÉUTICOS SERVIMEDIX	Depósito de productos químicos y farmacéuticos; servimedix es un establecimiento de comercio matriculado en la cámara de comercio de Tuluá, valle del cauca, Colombia dedicado a: comercio al por menor de productos farmacéuticos y medicinales, cosméticos y artículos de tocador en establecimientos especializados, actividades de envase y empaque.	Tuluá	1

TECNOQUIMICAS S. A	Somos una compañía líder en producción y comercialización de productos y servicios en las áreas de la salud, del cuidado personal y el aseo del hogar, de los alimentos procesados, y de los productos agropecuarios y veterinarios, en Colombia y América Latina. Creemos en la responsabilidad como norma que gobierna todas nuestras conductas.	Cali	3
TRES NEVADOS S.A.S	Distribuidores directos de productos Cream Helado.	Pereira	2
TE ATIENDE S.A.S	Establecimiento de comercio matriculado en la cámara de comercio de Cartago, valle del cauca, Colombia dedicado a: comercio al por menor en establecimientos no especializados con surtido compuesto principalmente por alimentos, bebidas o tabaco.	Bugalagrande	2
DISTRITIENDAS LTDA.	En Distritiendas de Colombia S.A. estamos comprometidos con visitar, asesorar y vender con amabilidad productos de consumo masivo al mayor número de Clientes del Canal Tradicional de Colombia con una excelente cultura de servicio.	Tuluá	2
CENTRAL DE ALIMENTOS ANDINA	Distribuidora directa de bebidas de agua con ale vera con marca Támesis.	Pereira	30
CELUTEL	Franquicia de Telefonía Claro, encargada de suministrar minutos y recargas a pequeñas y medianas empresas.	Zarzal	1
PAPELERÍA ZARZAL	Distribuidora y comercializadora de artículos e insumos de papelería y oficina.	Zarzal	1
POD. NATURAL DISTRIBUIDORES DE PRODUCTOS NATURALES	PODER NATURAL es una empresa colombiana, especializada en el desarrollo y distribución de productos 100% naturales y de la más alta calidad, dando cumplimiento a todas las normas legales y sanitarias. Contamos con un equipo de trabajo altamente capacitado para brindar asesoría con ética y responsabilidad.	Armenia	30

Tipos de productos

- **ALIMENTOS:** son los alimentos destinados a incrementar la ingesta diaria habitual, suplementando la incorporación de nutrientes en personas sanas, que presenten necesidades básicas no satisfechas o mayores a las habituales, incluyendo leches para la primera infancia y suplementos dietarios para todas las edades.
- **ANALGÉSICOS:** Medicamentos efectivos contra el dolor, independientemente de la causa que lo provoca. Inducen el estado de analgesia o abolición de la sensibilidad al dolor en los pacientes, mientras continúan los procesos corporales normales de recuperación o, si es posible, mientras se toman otras medidas más específicas para combatir la causa fundamental.
- **ANSIOLÍTICO:** Fármacos que reducen la ansiedad sin inducir sueño, se indican para personas que sufren diversas neurosis nerviosas o depresión leve.
- **ANTI ANÉMICO:** Sustancias utilizadas para restablecer los mecanismos normales de producción de hemoglobina y la formación de hematíes, este efecto puede estar presente por la restitución de elementos esenciales o porque favorezcan y estimulen la síntesis de eritropoyetina.
- **ANTIBIÓTICOS:** Sustancias químicas producidas por diferentes especies de microorganismos (bacterias, hongos, actinomicetos) o derivadas de sustancias naturales o de productos químicos sintéticos que suprimen el crecimiento de microorganismos y pueden en algunos casos destruirlos.
- **ANTICOLINESTERASICO:** Fármacos que inhiben la acción de la colinesterasa, esterasa que se encuentra en todos los tejidos del organismo y que hidroliza la acetilcolina, transformándola en colina y ácido acético
- **ANTIDEPRESIVOS:** Fármacos que se utilizan para tratar la depresión psicótica y neurótica endógena y para prevenir depresión recurrente.
- **ANTIDIABÉTICOS:** Un antidiabético es un medicamento usado para reducir los niveles de glucosa en sangre, por lo que se indica en el tratamiento de la diabetes mellitus. Con la excepción de la insulina, la exenatida y la pramlintida, todos son administrados por vía oral. La selección de los diferentes tipos de antidiabéticos depende de la enfermedad, la edad y condición de salud del paciente, así como otros factores.
- **ANTIDIARREICO:** Medicamentos que se emplean en el tratamiento de etapa aguda, leve o crónica de la diarrea inespecífica y su acción es reducir la fluidez de las heces fecales y frecuencia de la defecación.
- **ANTIEMÉTICO:** Fármacos que se emplean para aliviar mareos, náuseas y vómitos, en los casos de que estos sean graves como para provocar pérdidas importantes de líquidos, electrolitos y nutrientes.
- **ANTIEPILEPTICOS:** Medicamentos que combaten la epilepsia, síndrome neurológico caracterizado por paroxismos, que se inicia de manera repentina, cesan espontáneamente y tienden a repetirse.

- **ANTIESPASMÓDICO:** Fármacos que alivian o curan las contracciones involuntarias persistentes de un músculo o grupo muscular (espasmo).
- **ANTIHIPERTENSIVO:** Medicamentos que se emplean para disminuir la presión sanguínea en pacientes cuyo promedio de presión sanguínea diastólica es 90-95 mmHg o más, la disminuyen hasta límites casi normales, o lo más normales posibles, sin producir efectos secundarios indeseables.
- **ANTIHISTAMÍNICOS:** Sustancias medicamentosas que bloquean la acción fisiológica de la histamina, compuesto humoral que causa síntomas asociados con reacciones alérgicas. Ellos compiten con la histamina por los sitios receptores mediante el proceso de inhibición competitiva.
- **ANTIINFLAMATORIO:** Medicamentos que impiden o detienen la inflamación.
- **ANTIMICÓTICOS:** Fármacos que comúnmente son eficaces contra los hongos, organismos que se resisten a la acción de la mayoría de los antibióticos.
- **ANTINEOPLÁSICOS:** Medicamentos que se emplean en la terapéutica anticancerosa, actúan directamente sobre el tumor, de manera más o menos selectiva o ejerciendo su efecto para modificar las condiciones de la región orgánica.
- **ANTINEURITICO:** Medicamento o una acción determinada que se recomienda cuando los nervios periféricos están inflamados o irritados, manifestándose por una sensación de molestia, ardor, o dolor a veces muy intenso a lo largo del recorrido del nervio o en la zona en la zona donde recibe o trae estímulos hacia o desde el cerebro.
- **ANTI OBESIDAD:** Fármacos que reducen el apetito.
- **ANTIPARASITARIO:** Medicamentos dirigidos al tratamiento de infecciones causadas por un diverso y complejo grupo de parásitos transmitidos a través del agua, el suelo, los alimentos o vectores. Habitualmente requieren, además, tratamiento farmacológico y medidas higiénico-dietéticas preventivas.
- **ANTI PARKINSONIANOS:** Fármacos que alivian o curan la enfermedad de Parkinson, la cual es provocada por las alteraciones de los centros situados en la base del cerebro, que controlan la motilidad semivoluntaria o automática.
- **ANTIPIRÉTICO:** Medicamentos que restablecen el nivel de regulación normal de los centros termorreguladores en caso de fiebre; su acción se localiza principalmente a nivel del centro hipotalámico de la termorregulación. Ellos poseen la capacidad para incrementar la pérdida de calor y provocar vasodilatación cutánea y transpiración.
- **ANTI PRURIGINOSOS:** Medicamentos que contrarrestan el prurigo, enfermedad de la piel caracterizada por el desarrollo de pequeñas pápulas pálidas e intenso prurito.
- **ANTISÉPTICO:** Medicamentos que inhiben el crecimiento y desarrollo de microorganismos. Tipo desinfectante que, cuando se aplica sobre superficies corporales o en tejidos expuestos, destruye o inhibe el crecimiento de microorganismos en tejidos vivos, sin causar efectos lesivos. Algunos

antisépticos se aplican sobre piel intacta o membranas, mucosas, quemaduras y heridas abiertas para prevenir la sepsis al excluir los microbios de estas áreas.

- **ANTI ULCEROSO:** Fármacos que van destinados principalmente a restablecer el balance entre los factores defensores de la mucosa gastroduodenal y los agresores.
- **ANTI VERTIGINOSOS:** Medicamentos que controlan la alteración del sentido del equilibrio, caracterizada por sensación de inestabilidad y de movimiento aparentemente rotatorio del cuerpo o de los objetos presentes.
- **ANTIVIRALES:** Agentes medicamentosos que destruyen o impiden el desarrollo o la multiplicación de los virus.
- **BIFOSFONATOS:** Análogo sintético de pirofosfato inorgánico, con potente efecto antirreabsortivo, que se emplea en el tratamiento de la osteoporosis y de algunas dolencias que evolucionan con hipercalcemia. Entre los más empleados se encuentran: etidronato, pamidronato y alendronato.
- **BRONCODILATADOR:** Es un alcaloide de la familia metilxantina, a la cual pertenecen la cafeína y la teobromina, tiene efectos estimulantes del sistema nervioso central y broncodilatador. Se encuentra naturalmente en el té negro y en el té verde. Es empleado como alternativa en el tratamiento del asma bronquial.
- **CARDIOTÓNICO:** Cardiotónico no glucósido: Fármacos que incrementan la contractilidad y producen vasodilatación periférica diferente al grupo de los glucósidos digitálicos e incluye los simpaticomiméticos que activan la adenilciclasa, los inhibidores de la fosfodiesterasa III y de otros grupos en estudio. Cardiotónicos glucósido: Medicamentos con efecto estimulante de la fuerza contráctil del corazón (inotropismo positivo y el volumen minuto, a la vez que disminuyen los mecanismos de activación neurohumoral. Se emplean para tratar la insuficiencia cardíaca congestiva y taquiarritmias. Se les denomina también glucósidos digitálicos o simplemente digitálicos.
- **CORTICOIDE:** Los corticoides o corticoesteroides son un tipo de las hormonas denominadas esteroides, que se producen en las glándulas suprarrenales. Sus formas sintéticas o semisintéticas se usan por su efecto antiinflamatorio e inmunosupresor en el tratamiento de diferentes patologías: enfermedades respiratorias, oftalmológicas, respiratorias, reumáticas, etc., así como en el trasplante de órganos para evitar el rechazo.
- **COSMÉTICOS:** Los cosméticos (también llamados maquillaje) son productos que se utilizan para la higiene corporal o para mejorar la apariencia, especialmente del rostro. Por lo general son mezclas de compuestos químicos, algunos se derivan de fuentes naturales, muchos otros son sintéticos.
- **ESTATINAS:** Las estatinas son drogas usadas para bajar el colesterol. Su cuerpo necesita algo de colesterol para funcionar bien. Pero si tiene demasiado en la sangre, puede pegarse a las paredes de las arterias y reducir su diámetro o también bloquearlas.

- **EXPECTORANTE:** Un expectorante es un fármaco que tiene propiedades de provocar o promover la expulsión de las secreciones bronquiales acumuladas. Son el tratamiento de elección para tos productiva. Comúnmente suelen estar compuestos por mucolíticos.
- **FIBRATOS:** Los fibratos son sustancias químicas derivadas del ácido fólico (ácido clorofenoxiisobutírico). Actúan estimulando los receptores nucleares denominados “receptores activados de proliferación de los peroxisomas” (PPAR). Por sus acciones en el organismo, se utilizan para el tratamiento de la hipertrigliceridemia, aunque la mayoría de los derivados del ácido fólico presentan efectos antitrombóticos potenciales, incluyendo la inhibición de la coagulación y aumento de la fibrinólisis.
- **HELADOS:** El helado es un postre muy dulce y sabroso (en italiano “gelato” y en inglés “ice cream”) elaborado a partir de variados ingredientes, como leche azúcar, chocolates, cremas, etcétera o a base de agua y frutas, que se consume congelado, luego de batirlo para evitar que se cristalice. Pueden ser industriales o artesanales.
- **HORMONALES:** Fármacos que inhiben el efecto de los estrógenos sobre los receptores hormonales.
- **HOSPITALARIO:** elementos utilizados únicamente para uso hospitalario pero de venta libre.
- **LAXANTES:** Preparación usada para provocar la defecación o la eliminación de heces. Los laxantes son mayormente consumidos para tratar el estreñimiento. Algunos laxantes estimulantes, lubricantes y salinos son usados para evacuar el colon con el objetivo de exámenes rectales e intestinales. En ocasiones se suplementan con enemas
- **LIMPIEZA Y ASEO:** Productos de venta libre para el consumo y cuidado personal de niños, jóvenes y adultos de marcas reconocidas a nivel nacional.
- **MEDICAMENTOS NATURALES:** Un producto natural es un compuesto químico o sustancia producida por un organismo vivo – encontrado en la naturaleza que tiene generalmente una actividad farmacológica o biológica para su uso en el descubrimiento de fármacos farmacéuticos y drogas de diseño. Los productos naturales pueden ser extraídos de los tejidos de las plantas terrestres, organismos marinos o caldos de fermentación de microorganismos
- **OFTÁLMICOS:** Medicamentos que destruyen las bacterias o impiden su crecimiento o reproducción en relación con los ojos.
- **PLANIFICACIÓN FAMILIAR:** Los métodos anticonceptivos son elementos, productos o procedimientos que pueden ser usados por hombres y mujeres para impedir o reducir la posibilidad de embarazo.
- **POPULARES:** Artículos que no corresponden precisamente a elementos farmacéuticos sino más bien elementos que se comercializan en tiendas de abarrotes pero que se pueden incluir en el portafolio de una droguería.
- **PROBIOTICOS:** Los alimentos probióticos son alimentos con microorganismos vivos adicionados que permanecen activos en el intestino y

ejercen importantes efectos fisiológicos. Ingeridos en cantidades suficientes, pueden tener efectos beneficiosos, como contribuir al equilibrio de la microbiota intestinal del huésped y potenciar el sistema inmune. Pueden atravesar el aparato digestivo y recuperarse vivos en los excrementos, pero también se adhieren a la mucosa intestinal. No son patógenos, excepto en casos en que se suministran a individuos inmunodeficientes.

- **REHIDRATANTES:** Las sales de rehidratación oral (también referidas por sus siglas SRO) son un compuesto de sales que se administra en casos de deshidratación.
- **RELAJANTES MUSCULARES:** son medicamentos para prevenir y reducir espasmos y espasticidad muscular, es decir, rigidez y contracción muscular dolorosa. No trabajan directamente en los músculos, sino en el cerebro y la médula espinal, por lo que pueden provocar dependencia.
- **RETINOIDES:** Los retinoides son derivados de síntesis de la vitamina A natural o retinol. Los retinoides también incluyen análogos sintéticos que muestran relación estructural, que no necesariamente tienen actividad parecida a la del retinol (vitamina A). Estos compuestos trabajan por la normalización de la función celular de la piel y el crecimiento. El producto químico es de uso frecuente en la medicina, sobre todo en Dermatología.
- **SEDANTES:** Fármacos que se emplean para calmar pacientes ansiosos e inquietos, lo cual les permite el sueño sin producirlo en realidad.
- **SUPLEMENTO VITAMÍNICO:** Un suplemento vitamínico es un preparado que contiene vitaminas. Se suele utilizar cuando se prevé una carencia de vitaminas, bien porque se siga una alimentación inadecuada o bien por cualquier motivo (estrés, hacer deporte) que aumente las necesidades del organismo.
- **UROLÓGICOS:** Dirigidos a problemas de las vías urinarias de ambos sexos: disfunción eréctil, dolor urinario, retención, etc.
- **VENOTONICO:** Que favorecen la circulación venosa evitando que las venas se dilaten y se formen varices.

Características físicas de las bodegas de almacenamiento

En la actualidad la bodega de almacenaje cuenta con espacio insuficiente para las necesidades de la empresa, sumado a esto la ausencia de un sistema de control de inventarios está afectando en gran manera la forma cómo se realizan los pedidos y esto se ve reflejado en la gran cantidad de producto de baja rotación en bodega, aumentando los costos de inventario.

Políticas existentes de control de inventarios

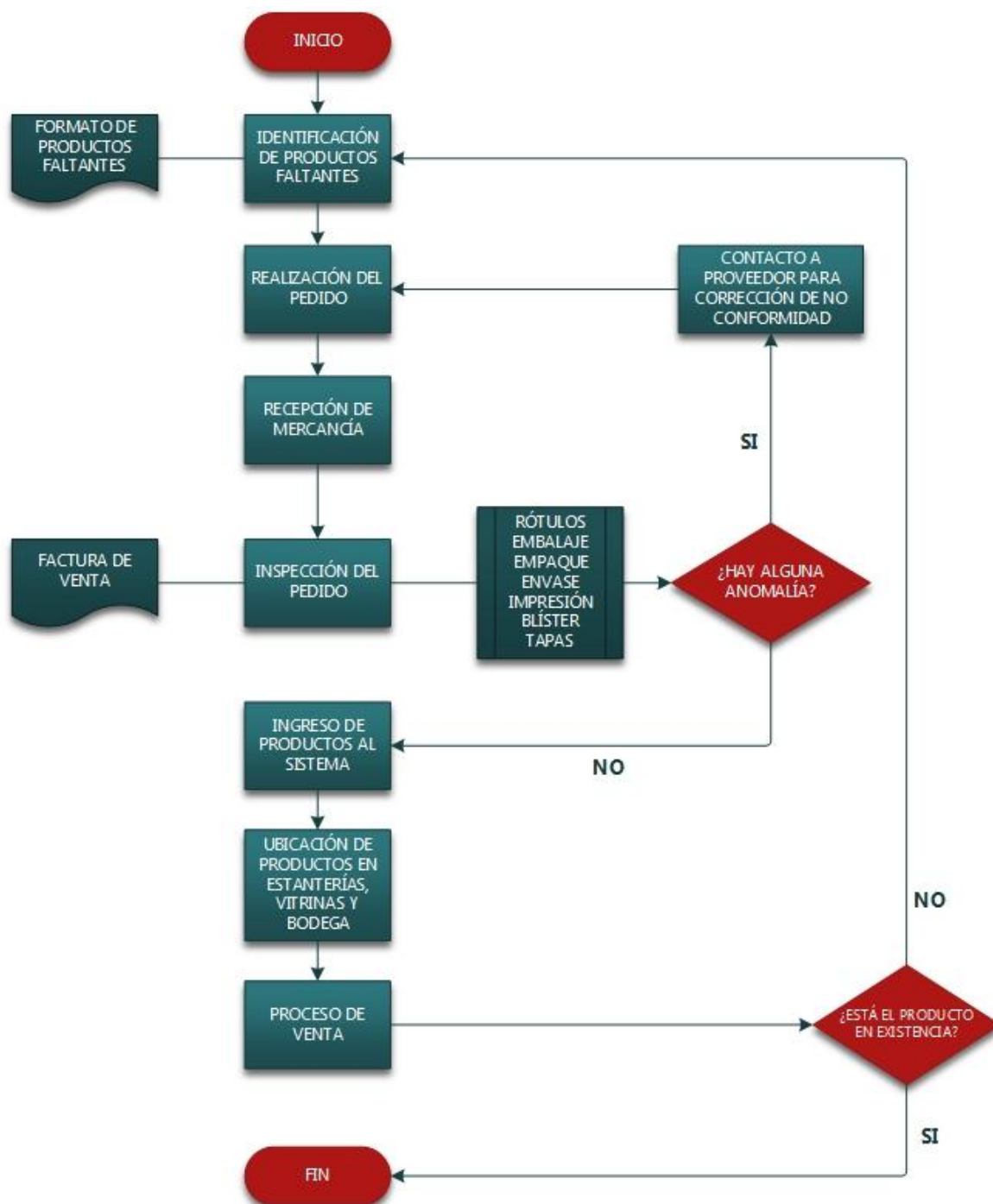
Es necesario mencionar que el funcionamiento de la empresa, aunque ha mejorado sustancialmente en los últimos meses, aun es susceptible de implementar procesos que la vuelvan más eficientes. Dentro de estos procesos que pueden ser mejorados -siendo este es el objetivo del presente trabajo- se considera la creación, implementación y mejora en el proceso de control de inventarios, el cual se podría calificar de manera insuficiente en la actualidad.

La ilustración 7 describe el proceso de funcionamiento del sistema actual de inventarios de la empresa caso de estudio, iniciando con la identificación de productos faltantes que se detecta cuando el cliente solicita el producto y no se encuentra disponible para su venta como también cuando se observa que en estanterías y bodega hay baja cantidad del mismo, esto se documenta en los formatos de productos faltantes para tener a disposición un listado completo de lo que se debe pedir y a quien se le va a pedir. Normalmente, los pedidos se realizan al momento de la llegada del representante comercial de la empresa vendedora o a través de llamadas telefónicas, con una frecuencia semanal.

Según el Lead Time de cada uno de los proveedores se espera la mercancía para continuar con la recepción de la misma. Cuando el pedido llega el siguiente paso en el proceso es la revisión e inspección según lo registrado en la factura de venta sumado a ello se observa el estado en el que llega cada uno de los productos (Rótulos, embalaje, empaque, envase, impresión, blíster y tapas), si detecta alguna anomalía se contacta con el proveedor para corrección de la inconformidad de lo contrario se ingresa cada una de las facturas de compra al sistema para posteriormente preciar los productos y ser estos ubicados para su exhibición y venta en estanterías, vitrinas y bodega.

En caso de que un producto no llegue a estar en existencia en el proceso del retail se documenta en los formatos de productos faltantes y de nuevo se inicia con el proceso.

Ilustración 7. Proceso de funcionamiento del sistema actual de inventarios de la empresa caso de estudio



Fuente: Los Autores 2016

7 CLASIFICACIÓN ABC DE LOS ÍTEMS EXISTENTES EN LA EMPRESA

Para realizar la clasificación ABC, se analizaron todos los datos de ventas efectuadas en la empresa por un lapso de 10 meses, con el fin de obtener el volumen total de ventas de cada uno de los 4108 ítems existentes. De este análisis se pudo determinar el total de ventas de cada uno de los días, meses y el horizonte de tiempo bajo estudio, para cada uno de los ítems.

La tabla 6 muestra la información arrojada por la clasificación ABC, en donde se puede apreciar que la categoría A está compuesta por 479 ítems, lo que representa el 11,66% del total de ítems solamente, pero en términos de ventas representa el 65% del volumen total, con \$ 279'893.549 durante los 10 meses de estudio.

Estos 479 ítems serán clasificados de acuerdo a su función o grupo farmacéutico, con el fin de desarrollar el siguiente objetivo.

En el archivo anexo "Clasificación ABC.xlsx" se puede encontrar la clasificación ABC monocriterio completa.

Tabla 6. Clasificación ABC

Categoría	# Ítems	% Ítems	Volumen Ventas	% Volumen Ventas
A	479	11,660%	\$ 279.893.549	65%
B	1130	27,507%	\$ 107.680.910	25%
C	2499	60,833%	\$ 43.149.900	10%
Total	4108	100%	\$ 430.724.359	100%

8 CLASIFICACIÓN ABC MULTICRITERIO DE LAS FAMILIAS DE PRODUCTOS EXISTENTES DENTRO DE LA CATEGORÍA CLASE A

Como se menciona en el anterior objetivo desarrollado, son 479 ítems que se clasificaron como A según la clasificación ABC monocriterio. Para efectos de la clasificación multicriterio, y su organización por conjuntos de ítems, se procedió a identificar las características de cada uno de estos productos, y asignarle una categoría.

Al final del ejercicio, se crearon 52 conjuntos de ítems, cuyas incidencias en el total de la categoría clase A se muestran en la tabla 7.

Tabla 7. Conjuntos de ítems.

Categoría	# ÍTEMS	VOLUMEN VENTAS
ALIMENTOS	25	\$ 57.764.400
PLANIFICACIÓN FAMILIAR	37	\$ 30.274.200
POPULARES	17	\$ 9.326.150
LIMPIEZA Y ASEO	23	\$ 10.426.000
HELADOS	11	\$ 5.460.900
MEDICAMENTOS NATURALES	11	\$ 5.342.200
HOSPITALARIO	20	\$ 8.289.700
COSMÉTICOS	15	\$ 5.570.000
ANTIVIRALES	6	\$ 4.696.450
REHIDRATANTES	4	\$ 5.382.700
ANALGÉSICOS	42	\$ 23.820.785
ANSIOLÍTICO	2	\$ 2.310.300
ANTIINFLAMATORIO	33	\$ 15.232.800
ANTIPIRÉTICO	10	\$ 7.692.113
ANTIDIARREICO	10	\$ 4.586.450
ANTIHIPERTENSIVO	9	\$ 4.544.600
LAXANTES	7	\$ 3.628.400
ANTIBIÓTICOS	43	\$ 16.567.600
RETINOIDES	1	\$ 1.065.000
ANTINEURITICO	4	\$ 2.514.900
ANTI ANÉMICO	3	\$ 1.474.000
PROBIÓTICOS	3	\$ 1.635.950
ANTI ULCEROSO	8	\$ 3.666.351
SUPLEMENTO VITAMÍNICO	18	\$ 6.619.700
ANTISÉPTICO	5	\$ 2.206.450

ANTIMICÓTICOS	11	\$	5.055.200
ANTIESPASMÓDICO	5	\$	2.031.900
ANTICOLINESTERASICO	1	\$	832.600
BIFOSFONATOS	2	\$	1.160.000
ANTI OBESIDAD	2	\$	1.434.100
BRONCODILATADOR	5	\$	2.549.700
RELAJANTES MUSCULARES	3	\$	1.348.200
ANTI PRURIGINOSOS	2	\$	1.008.200
CORTICOIDE	10	\$	3.491.900
ANTI HISTAMÍNICOS	11	\$	3.479.200
OFTÁLMICOS	8	\$	2.307.400
UROLÓGICOS	5	\$	1.382.000
FIBRATOS	1	\$	433.500
EXPECTORANTE	12	\$	3.806.800
ANTIEPILÉPTICOS	4	\$	1.239.500
ANTIDEPRESIVOS	2	\$	669.500
HORMONALES	5	\$	1.496.100
ANTINEOPLÁSICOS	1	\$	353.500
SEDANTES	1	\$	348.400
ANTIPARASITARIO	7	\$	1.864.100
CARDIOTÓNICO	2	\$	515.100
VENOTONICO	2	\$	533.200
ANTIDIABÉTICOS	5	\$	1.250.800
ESTATINAS	1	\$	285.200
ANTIEMÉTICO	2	\$	482.350
ANTI PARKINSONIANOS	1	\$	225.000
ANTI VERTIGINOSOS	1	\$	212.000
TOTAL	479	\$	279.893.549

La clasificación multicriterio se basa en cinco criterios establecidos por la gerencia de la empresa, los cuales fueron elegidos entre una diversidad de opciones y se describen a continuación:

- *Volumen de venta (\$/10 meses)*. Corresponde a la suma de las ventas de cada uno de los ítems/categorías en el tiempo objeto de estudio.
- *Proveedores (Unidades)*. Este criterio menciona la cantidad de proveedores que pueden proveer un ítem.
- *Críticidad (Puntaje)*. Es una calificación que se otorga a cada ítem dependiendo de la importancia que tenga para la gerencia de la empresa, es un criterio

subjetivo, pero que debido al conocimiento del negocio por parte de los administradores es de gran relevancia en la clasificación multicriterio.

- *Costo Unitario (\$/Ítem)*. Es el precio por el cual se adquirió el producto antes de su posterior venta al cliente final.
- *Lead Time (Días)*. Tiempo que demora el pedido de un proveedor desde que se realiza hasta que llega a la empresa.

En la tabla 8 se puede apreciar el peso que fue asignado a cada uno de los criterios anteriormente mencionados es resultado de una consulta realizada a la gerencia de la empresa y algunos de sus trabajadores.

Tabla 8. Criterios establecidos para el análisis y sus respectivos pesos.

CRITERIO	PESO DE PONDERACIÓN
Volumen de Venta	35%
Proveedores	5%
Criticidad	30%
Costo Unitario	20%
Lead Time	10%
TOTAL	100%

Todos los ítems tienen un dato diferente para cada criterio, y para poder realizar una comparación consistente entre todos ellos, se debe proceder a normalizar los datos, de acuerdo como lo propone Lung (2006)

$$\frac{y_{ij} - \min_{i=1,2,\dots,I}\{y_{ij}\}}{\max_{i=1,2,\dots,I}\{y_{ij}\} - \min_{i=1,2,\dots,I}\{y_{ij}\}}$$

Donde:

y_{ij}: Dato correspondiente a cada ítem, para cada valor *j* del criterio correspondiente.

Esta fórmula permite transformar todos los valores a una base igualmente comparable, con valores entre 0 y 1, sin embargo a cada valor arrojado por la normalización de los datos, se multiplicaron por el peso de cada uno de los criterios, de tal manera entonces que para el valor más alto para cada criterio su resultado final sería del porcentaje equivalente al peso del criterio correspondiente.

Después de obtener los cálculos correspondientes, se procede a la obtención de los promedios parciales, que se explica en la siguiente formula, usada anteriormente por Lung (2006).

$$\frac{1}{j} \sum_{k=1}^j x_{ik}, \quad j = 1, 2, \dots, J.$$

Donde:

j: Hace referencia a cada criterio

x_{ik}: Valor arrojado por cada ítem para cada criterio

Al final de este proceso se elige el más alto de los promedios parciales de cada ítem, valor que va a quedar asignado definitivamente a cada uno de ellos. Posteriormente, se suman todos los valores definitivos de cada ítem de cada categoría, lo cual permite obtener un único valor final para cada una de los conjuntos de ítems. La tabla 9 muestra el puntaje que cada conjunto de ítems obtuvo, y en ella se puede observar que el grupo con el puntaje más alto es el de Planificación Familiar, con 4,31 puntos; mientras que el grupo con el puntaje más bajo fue el de Sedantes.

Con estos puntajes se realizó otra clasificación ABC, para de esta manera seleccionar los conjuntos de ítems clase A, los cuales serán a los que se les realice la creación de las políticas de control de inventarios.

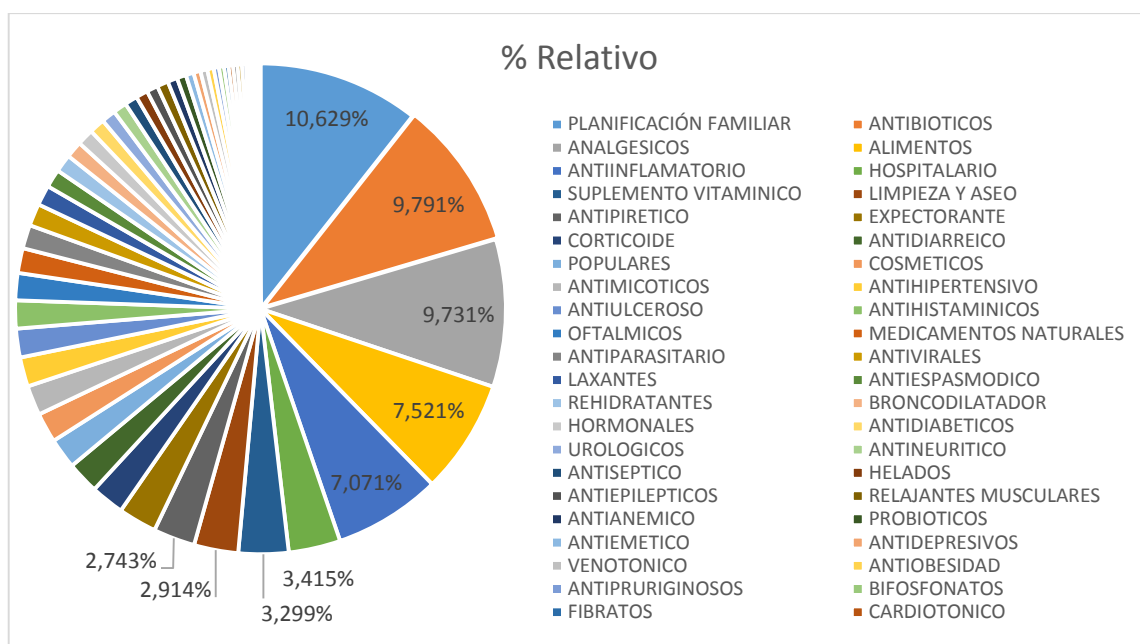
Tabla 9. Clasificación ABC Multicriterio

CATEGORÍA	PUNTAJE CATEGORÍA	% RELATIVO	% ACUM
PLANIFICACIÓN FAMILIAR	4,314267655	10,629%	10,629%
ANTIBIÓTICOS	3,973919257	9,791%	20,420%
ANALGÉSICOS	3,949636077	9,731%	30,151%
ALIMENTOS	3,052606586	7,521%	37,671%
ANTIINFLAMATORIO	2,869851628	7,071%	44,742%
HOSPITALARIO	1,385931542	3,415%	48,156%
SUPLEMENTO VITAMÍNICO	1,338911803	3,299%	51,455%
LIMPIEZA Y ASEO	1,182644841	2,914%	54,369%
ANTIPIRÉTICO	1,113459874	2,743%	57,112%
EXPECTORANTE	1,026696235	2,529%	59,642%
CORTICOIDE	0,894296545	2,203%	61,845%
ANTIDIARREICO	0,857976856	2,114%	63,959%
POPULARES	0,814570179	2,007%	65,966%
COSMÉTICOS	0,7952167	1,959%	67,925%
ANTIMICÓTICOS	0,794734173	1,958%	69,883%
ANTIHIPERTENSIVO	0,784888513	1,934%	71,816%
ANTI ULCEROSO	0,768013043	1,892%	73,709%

ANTIISTAMÍNICOS	0,750036424	1,848%	75,557%
OFTÁLMICOS	0,726210868	1,789%	77,346%
MEDICAMENTOS NATURALES	0,663372467	1,634%	78,980%
ANTIPARASITARIO	0,631255535	1,555%	80,535%
ANTIVIRALES	0,594090586	1,464%	81,999%
LAXANTES	0,537360328	1,324%	83,323%
ANTIESPASMÓDICO	0,488222239	1,203%	84,526%
REHIDRATANTES	0,474203841	1,168%	85,694%
BRONCODILATADOR	0,446685632	1,101%	86,795%
HORMONALES	0,439858838	1,084%	87,878%
ANTIDIABÉTICOS	0,414479615	1,021%	88,899%
UROLÓGICOS	0,380099417	0,936%	89,836%
ANTINEURITICO	0,363360437	0,895%	90,731%
ANTISÉPTICO	0,340403865	0,839%	91,570%
HELADOS	0,31647151	0,780%	92,349%
ANTIEPILÉPTICOS	0,301434256	0,743%	93,092%
RELAJANTES MUSCULARES	0,301213076	0,742%	93,834%
ANTI ANÉMICO	0,261118729	0,643%	94,477%
PROBIÓTICOS	0,24552319	0,605%	95,082%
ANTIEMÉTICO	0,209492576	0,516%	95,599%
ANTIDEPRESIVOS	0,186831684	0,460%	96,059%
VENOTONICO	0,185128128	0,456%	96,515%
ANTI OBESIDAD	0,171388091	0,422%	96,937%
ANTIPRURIGINOSOS	0,14106495	0,348%	97,285%
BIFOSFONATOS	0,136481225	0,336%	97,621%
FIBRATOS	0,119650076	0,295%	97,916%
CARDIOTÓNICO	0,118880164	0,293%	98,209%
ANTINEOPLÁSICOS	0,11865019	0,292%	98,501%
ANTIPARKINSONIANOS	0,117044124	0,288%	98,789%
ANSIOLÍTICO	0,110012606	0,271%	99,060%
ESTATINAS	0,092796538	0,229%	99,289%
ANTIVERTIGINOSOS	0,091881642	0,226%	99,515%
RETINOIDES	0,078485561	0,193%	99,709%
ANTICOLINESTERASICO	0,074638256	0,184%	99,893%
SEDANTES	0,043586447	0,107%	100,000%

Siendo así, se seleccionaron los 5 primeros conjuntos de ítems, los cuales representan el 9,61% de los grupos, pero cuyo puntaje acumula aproximadamente el 45% del total de estos. La ilustración 8 muestra más claramente el peso de cada uno de estos grupos.

Ilustración 8. Porcentaje relativo a cada uno de los conjuntos de ítems



Es entonces a los ítems pertenecientes a estos grupos a los que se les realizarán los pronósticos de demanda, los cuales se presentarán en el desarrollo del siguiente objetivo.

9 MODELO DE SIMULACIÓN DE PRONÓSTICOS DE DEMANDA PARA LAS FAMILIAS DE PRODUCTOS CLASE A DE LA EMPRESA.

Posterior a la clasificación ABC multicriterio de los ítems pertenecientes a los cinco grupos que obtuvieron la mayor calificación en la ponderación mencionada de manera detallada en el capítulo anterior, se realizan los sistemas de pronósticos para cada uno de los ítems clase A, puesto que en todo proceso de decisión en cualquier tipo de organización debe pronosticarse una o más variables de interés.

Para Vidal (2005, p. 33) en una empresa que comercializa productos, es decir, que compra a un número de proveedores y vende el mismo producto a una población de clientes, se hace fundamental pronosticar la demanda que dichos clientes van a generar, en este caso la metodología consiste en analizar el comportamiento de la demanda de datos históricos en el periodo de tiempo establecido para el análisis que es 304 días seguidos, que corresponde a 10 meses; con esta información se busca elegir el pronóstico de demanda que mejor se ajusta a cada uno de los ítems utilizando métodos de series de tiempo que son aquellos métodos cuantitativos estadísticos que utilizan datos históricos y empleando también la combinación de métodos que como lo indica es la unión de los métodos de serie de tiempo que al combinarlos resultan usualmente ser más efectivos.

Fue necesario para la elección del método adecuado elaborar los sistemas de pronósticos usualmente utilizados: Croston, Promedio Móvil, Suavización Exponencial Simple, Suavización Exponencial Doble y tres métodos de combinación de pronósticos; para todos los pronósticos se estableció un histórico de 30 días y el dato que tuvo una variación fue la semana en que se iniciaba los pronósticos para cada ítems teniendo en cuenta que el método de Croston condiciona la información debido que entre sus restricciones se encuentra que: los datos históricos deben iniciar y terminar en una semana con consumo mayor a 0, por esta razón los demás métodos se realizaron de la misma manera para así lograr hacer una correcta comparación de los mismos. Por ejemplo para la simulación del Sistema Croston con el código 32 (Advil Children Suspensión por 60 ml) perteneciente a la categoría Antinflamatorios empieza en la semana 24, los demás pronósticos del mismo artículo van a iniciar en la misma semana.

Todos los sistemas de pronósticos fueron realizados en Microsoft Excel 2013, la optimización de estos se realizó con la función *Solver* considerando lo dicho por Vidal (2010): las restricciones básicas de NO negatividad y el intervalo de alpha óptimo, según la experiencia ha establecido se encuentra entre $0,01 \leq \alpha \leq 0,3$, el cual minimiza el *ECM* en cada uno de estos sistemas. Para el caso del Promedio Móvil el valor de *ECM* se obtuvo de las demandas históricas entre $N=2$ a $N=30$; el método de Croston utilizado principalmente en datos de demanda errática no requiere un valor de alpha predeterminado para ser calculado, lo que este busca es predecir las variaciones en la demanda para reducir el error cuadrático medio.

Los métodos de combinación han sido sugeridos por diversos autores con el fin de reducir el error cuadrático medio en los sistemas de pronósticos de demanda. En este proyecto se utilizaron tres métodos de combinación los cuales se tuvieron en consideración los pronósticos: Promedio Móvil, Suavización Exponencial Simple, Suavización Exponencial Doble.

Combinación 1: Se buscó promediar los tres pronósticos de los tres métodos, sin emplear ningún tipo de optimización.

Combinación 2: Para este caso se asignaron tres constantes para cada uno de los pronósticos y se plantea como condición que la suma de las tres constantes sea igual a 1 y que ningún valor sea negativo, se emplea la función *Solver* de Microsoft Excel 2013 para optimizar el valor del *ECM* modificando los valores de las constantes.

Combinación 3: En este método a diferencia de la combinación 2, teniendo también las tres constantes asignadas estas podrán oscilar entre -1 y 1 sin ninguna restricción de suma, de nuevo se emplea la función *Solver* de Microsoft Excel 2013 para optimizar el valor del *ECM* modificando los valores de las constantes.

En la mayoría de los casos se pudo comprobar que el mejor sistema de pronóstico de demanda fue la *combinación 3* ya que de esta se obtuvo el *ECM* de menor valor.

En las siguientes tablas se muestran los resultados obtenidos por cada sistema en particular para cada grupo de ítems.

Tabla 10. Resultados ECM - Alimentos

Código	ECM						
	Promedio Móvil	SE Simple	SE Doble	Combinación 1	Combinación 2	Combinación 3	Croston
1218	0,637831742	0,343167635	0,61767464	0,106336489	0,343167635	0,33685207	0,61913518
2375	0,383519321	0,217542195	0,372903088	0,312248082	0,217542195	0,212692988	0,369649574
2664	0,334853372	0,197158877	0,346054401	0,283587636	0,197158877	0,193969919	0,333835004
2666	1,178330116	0,67582464	1,191496534	0,976964125	0,67582464	0,675246384	1,434135141
2667	0,202964519	0,10925127	0,244250637	0,172696345	0,007174039	0,105296585	0,494661036
3194	1,207512065	0,676681952	1,163403167	0,953449509	0,676681952	0,579155529	5,709510373
3206	0,141758918	0,07877906	0,141855201	0,037334081	0,02982823	0,028926698	0,147554681
7225	0,271213012	0,142927911	0,277271722	0,222426984	0,142927911	0,142840706	0,269613015
7748	16,81640857	9,067143905	16,37392176	5104,480455	1,196544966	0,860948999	16,46476603
7751	85,80058798	47,93188142	83,13492347	69,29297629	47,93188142	46,77317754	83,75343921
7776	3,604701493	2,023698424	3,520242681	2,924061406	2,023698424	1,974955428	3,47634782
12003	19,64726683	11,3961487	19,31733553	16,06139591	11,39614869	11,1459165	31,4183177
12004	60,41610275	33,93784067	58,58880667	48,79034149	33,93784067	33,22701133	71,10815429
12005	7,526197432	4,178798999	11,0310358	6,906751806	4,178798999	3,644672667	7,848098049
12006	5,001231697	2,481028178	4,825029804	3,838188226	2,481028178	2,427237905	4,84704252
12409	4,984656863	2,742855891	1,46320506	2,645952922	1,46320506	1,415047822	7,434750046
12412	0,07127193	0,042028606	0,069007511	0,058713879	0,042028606	0,041873343	0,069046045
15795	0,212061681	0,110760309	0,202014076	0,165976759	0,110760309	0,107029948	0,203070812
16343	0,04375817	0,02552673	0,043347893	0,0363561	0,02552673	0,030293094	0,043675613
17200	0,5005553	0,289268054	0,5028967	0,41357565	0,289268054	0,287188295	0,560451739
17204	0,082692308	0,047020855	0,081446309	0,068075161	0,047020855	0,046094578	0,094414076
17325	0,053073867	0,030438418	0,053425304	0,043965196	0,030438418	0,030354279	0,053206943
18038	0,263320463	0,151225302	0,260272589	0,216684921	0,151225302	0,149588546	0,295104152
18090	0,79000000	0,439517571	0,769278886	0,637909058	0,439517571	0,430297242	0,759633869
18766	0,571032385	0,332081998	0,566186108	0,472828759	0,332081998	0,327640704	0,55742661

Tabla 11. Resultados ECM - Analgésicos

Código	ECM						
	Promedio Móvil	SE Simple	SE Doble	Combinación 1	Combinación 2	Combinación 3	Croston
35	8,782611517	4,981283393	8,645736232	7,163693822	4,981283393	4,938001583	8,636614283
87	130,9192224	73,0606809	128,2793062	106,0137809	73,0606809	72,04236302	127,3746966
363	28,39716595	15,1583251	27,64376772	22,57119235	15,1583251	14,90554386	27,87073124
365	9,330587997	5,025145848	9,594994865	7,59307081	5,025145848	4,873119165	9,938211542
496	6,93676815	3,597376634	6,750816956	5,389809402	3,597376634	3,518078103	7,493441194
645	7,293988931	4,145038003	7,206523578	5,978446331	4,145038003	4,103274294	7,114498249
653	8,776240876	4,89460862	8,48055655	7,077302261	4,89460862	4,819809349	8,805471319
708	10,78692021	6,194443381	10,574102	8,849337222	6,194443381	6,10475386	10,61217329
852	2,476842968	1,302869218	2,493068495	1,964964501	1,302869218	1,307785541	2,497292071
1116	0,073208852	0,041353292	0,071338291	0,059611942	0,041353292	0,040798681	0,070530515
2484	144,9303403	83,38114468	136,8797289	117,4516683	83,38114468	82,00529285	165,6769989
3236	8,341580339	4,536064526	8,407442658	6,717935282	4,536064526	4,497415416	9,239679925
4361	0,279634878	0,14575355	0,276775421	0,220050346	0,14575355	0,146647375	0,374517675
4670	9,307753046	5,077121669	9,308322017	7,50458554	5,077121669	5,044484342	9,244178918
4709	3,17136383	1,646540284	3,025849728	2,461294617	1,646540284	1,632657207	3,84139999
7339	0,615967078	0,312912436	0,620393372	0,482064066	0,312912436	0,31299388	0,62229377
7830	3,47457471	1,908325665	3,400949703	2,775072932	1,908325665	1,891498781	4,573970234
7897	4,685983458	2,669584418	4,588333531	3,828777527	2,669584418	2,632500921	4,531210107
8984	3,40680173	1,937891513	3,400530038	2,778084216	1,937891513	1,922012262	4,523583455
9266	0,411902817	0,228938371	0,413726305	0,335397909	0,228938371	0,229306817	0,439303031
9430	8,782611517	4,981283393	8,645736232	7,163693822	4,981283393	4,938001583	8,636614283
13816	0,461556312	0,243400558	0,478566866	0,365939032	0,243400558	0,245758677	0,808619909
14286	7,204506803	3,783212576	6,932000211	5,661137353	3,783212576	3,703125931	6,93683827
14941	270,9259819	146,6075483	270,4060911	218,0315208	146,6075483	145,7027406	290,263887
15366	11,13114076	6,237045936	10,99352634	9,044336627	6,237045936	6,172388087	11,91571139
15369	9,052939498	4,631532398	10,4590817	7,147204496	4,631532398	5,237041213	11,89555673
15377	0,263185654	0,129570499	0,328663249	0,214613924	0,129570499	0,147250079	0,293940773
15511	165,7723019	91,97341981	165,3790542	134,386834	91,97341981	91,51259402	163,7439639
15887	3,535890977	1,935145718	3,59259652	2,857747417	1,935145718	1,924688901	4,396379698
15929	4,594076875	2,560811063	4,529032109	3,72554114	2,560811063	2,528736974	4,52787509
16034	0,056965517	0,030135871	0,056813473	0,045579762	0,030135871	0,029991256	0,065541115
16190	9,602258852	5,118288946	9,411837341	7,615187019	5,118288946	5,003106452	10,56814878
16201	910,1588161	487,2606499	887,75124	728,8333973	487,2606499	484,8906618	1069,238135
16669	2,396492295	1,3019476	2,45993059	1,954076912	1,3019476	1,285603618	3,134752855
16825	2,197973723	1,280384424	2,239098311	1,845170754	1,280384424	1,314100191	2,296536562
16835	0,621091387	0,337266985	0,630159828	0,514318451	0,337266985	0,338064435	0,697305438
17467	9,918965727	5,228675018	10,20115983	8,04865227	5,228675018	5,241031223	10,49669541

18251	2,647920605	1,544047036	2,698828083	2,227589851	1,544047036	1,576915063	2,616064735
18324	5,765936941	3,012100529	6,026893886	4,639629837	3,012100529	2,998488901	10,87517828
18526	0,871395422	0,488012563	0,882008161	0,721519546	0,488012563	0,498526657	1,01800911
18617	0,959669279	0,522313761	0,989296273	0,787016916	0,522313761	0,538308775	1,04398826
18775	21,09263611	11,45266282	21,05909898	17,17014761	11,45266282	11,69904513	20,10814967

Tabla 12. Resultados ECM - Antibióticos

Código	ECM						
	Promedio Móvil	SE Simple	SE Doble	Combinación 1	Combinación 2	Combinación 3	Croston
28	0,056798843	0,032287138	0,056559252	0,046603619	0,032287138	0,032197929	0,065199066
50	4,61624367	2,569476079	4,598544278	3,74222803	2,569476079	2,541207076	5,143187704
68	75,35103587	38,93319651	94,16332451	61,35078302	38,93319651	44,77424012	100,4360276
97	0,848839604	0,472947046	0,845099519	0,688480982	0,472947046	0,471764874	0,842651164
236	10,86037458	5,872390922	10,60522475	8,66745285	5,872390922	5,792296208	10,72443527
426	0,054180619	0,029409839	0,053544524	0,043622741	0,029409839	0,029207624	0,053162706
605	8,955911626	4,963935821	8,87520362	7,253530611	4,963935821	4,906122451	9,539002758
899	0,0836288	0,047065308	0,081349999	0,067828842	0,047065308	0,046335075	0,087355314
900	16,28978559	9,277919527	15,70520311	13,22785392	9,277919527	9,190955442	18,52429429
1306	4,33724467	2,255599886	4,231443163	3,394897709	2,255599886	2,208139311	4,509255448
1345	0,220187908	0,124476054	0,215731978	0,179089395	0,124476054	0,123120344	0,306105334
1434	0,023134235	0,013814638	0,024072027	0,019005779	0,013814638	0,014833891	0,219768239
2471	0,044284274	0,024581786	0,043241853	0,035810581	0,024581786	0,024123099	0,071090046
2472	2,962701074	1,657979138	2,928824255	2,408900224	1,657979138	1,638023852	9,91000555
2473	5,747427058	6,379248884	11,14044757	9,184032277	6,379248884	6,396157778	11,10836099
4358	22,2297786	11,4004819	22,89779631	17,43300511	11,4004819	11,40677173	24,43674946
4370	0,036439754	0,020166963	0,035748905	0,029567785	0,020166963	0,019968319	0,068299276
4382	84,60056772	43,4617918	93,25350814	67,12452812	43,4617918	45,42575235	110,4537353
4400	0,174554102	0,101338733	0,169161595	0,143322637	0,101338733	0,099572341	0,175313132
4401	0,33643474	0,173933129	0,335057391	0,264716803	0,173933129	0,171799866	0,355659718
4410	23,37346336	13,49223281	23,52389838	19,30322678	13,49223281	13,39724163	24,01689733
4416	13,49349611	7,242099868	13,22194348	10,75007371	7,242099868	7,128436898	13,43006026
4601	0,468116658	0,256198775	0,491148946	0,387023044	0,256198775	0,261651038	0,505407293
4671	4,550416445	2,511934632	4,473103068	3,654375347	2,511934632	2,479332569	6,725024781
6625	0,613893369	0,327028402	0,595792795	0,489863936	0,327028402	0,320480704	0,598326347
7050	0,317894781	0,175768268	0,341807082	0,260232524	0,175768268	0,18212225	0,364523166
7441	30,90251445	16,53886119	30,2902698	24,57423916	16,53886119	16,34450733	30,13648178
7902	0,056932966	0,031349293	0,056248741	0,046165319	0,031349293	0,03076118	0,084115154
8182	0,17102459	0,094597498	0,170933311	0,13846563	0,094597498	0,093720114	0,172891672
8512	0,220897436	0,124687258	0,217157153	0,180569105	0,124687258	0,123925867	0,401897998

9342	173,2227284	93,58774945	170,2713955	138,2577013	93,58774945	92,51726089	176,5402671
10291	26,44236245	14,74290846	26,1160498	21,4257856	14,74290846	14,64530143	25,97563865
13817	0,11398114	0,055452532	0,112343262	0,086082145	0,055452532	0,054820813	0,11692029
13958	4,902814815	2,393780621	6,158633678	3,816819801	2,393780621	2,969069694	14,20585579
14571	8,761132813	5,048095198	8,894660507	7,250133304	5,048095198	5,019588084	9,424472201
14676	3,318433333	1,88884806	3,286592445	2,718584642	1,88884806	1,85929994	3,277193918
15355	0,180368973	0,10108042	0,176448111	0,146092541	0,10108042	0,100118053	0,198969172
15876	0,072714286	0,040780135	0,072682168	0,05981833	0,040780135	0,040690452	0,185429727
15877	0,192621359	0,090720708	0,187356902	0,142253094	0,090720708	0,091410385	0,199903764
18442	0,185124362	0,103432411	0,182023827	0,150455745	0,103432411	0,102344335	0,18609517
18604	7,499929774	3,811778751	7,814030121	5,867639703	3,811778751	3,899104743	12,56113633
18670	0,362606096	0,197479866	0,359474788	0,290915134	0,197479866	0,194324796	1,712545709
18774	30,38152001	16,58720929	30,00340223	24,37485453	16,58720929	16,40123442	30,20881904

Tabla 13. Resultados ECM - Antiinflamatorios

Código	ECM						
	Promedio Móvil	SE Simple	SE Doble	Combinación 1	Combinación 2	Combinación 3	Croston
32	0,111973852	0,062115733	0,109149622	0,090357181	0,062115733	0,061048952	0,112717972
103	0,027050147	0,014467707	0,036015857	0,023314077	0,014467707	0,013139568	0,039101151
488	54,04635688	26,62106984	67,03437611	44,21680151	26,62106984	25,86783284	84,62499029
603	5,607571095	3,094685123	8,03610706	5,01814322	3,094685123	2,792334066	5,525409476
955	0,174686469	0,098090849	0,170976526	0,14173911	0,098090849	0,09682851	0,169963609
956	131,7687614	68,75084647	176,6769304	114,9308207	68,75084647	64,16410729	157,0366203
1309	0,041495816	0,02366145	0,040850773	0,034027607	0,02366145	0,023445499	0,042516927
1401	2,695504926	1,470749356	3,804728103	2,381460525	1,470749356	1,30978075	2,762966722
1485	31,4839623	18,22862652	30,95999544	25,91798303	18,22862652	18,0901561	34,23
4325	0,041495816	0,02366145	0,040850773	0,034027607	0,02366145	0,023445499	0,042516927
4389	2,695504926	1,470749356	3,804728103	2,381460525	1,470749356	1,30978075	2,762966722
4418	5,725586495	3,032931126	5,525305545	4,502674013	3,032931126	3,005674453	5,647405928
5187	0,122299259	0,067807077	0,119970205	0,099226665	0,067807077	0,066762114	0,118115629
6859	0,455858086	0,254445177	0,448414245	0,369772146	0,254445177	0,251346652	0,445971113
7890	0,019942168	0,011118689	0,019789885	0,016303591	0,011118689	0,010926397	0,043684998
8117	4,422531513	2,442630039	4,429129626	3,582906814	2,442630039	2,474569528	4,43921857
8249	3,8421565	2,039786503	3,857397725	3,137215614	2,039786503	2,029478957	4,2166399
9181	0,149660035	0,083349038	0,15501209	0,124618075	0,083349038	0,076597869	0,1873491
9182	5,736035925	2,852558052	5,918782558	4,489862575	2,852558052	2,771795232	6,450672518
9770	0,260209728	0,148991901	0,256747928	0,21341623	0,148991901	0,147551608	0,254158473
11960	0,270242764	0,149862951	0,26474396	0,218264795	0,149862951	0,147205487	0,261688482
13045	12,42318352	6,339103739	12,51282931	9,910418419	6,339103739	6,203428941	13,3425437

13855	2,494898621	1,278056039	2,431351206	1,943230612	1,278056039	1,270048307	2,597349131
15629	15,79298507	8,966701694	15,6358462	12,94822186	8,966701694	8,880073216	17,12191111
15888	2,687169811	1,300303326	2,609214586	2,009492007	1,300303326	1,239947435	4,058541577
16225	6,741357665	3,870281014	6,623091088	5,531091359	3,870281014	3,806101609	7,102201889
16242	3,850568182	1,949072966	3,984762093	3,128036589	1,949072966	1,868911634	7,422853536
16490	1,124857901	0,623193942	1,095647522	0,909246752	0,623193942	0,613048736	1,092715419
17386	7,133832117	3,939017868	7,203519429	5,757803346	3,939017868	3,906643033	7,157785673
18155	14,18073964	7,589182136	14,16836028	11,45121741	7,589182136	7,51457417	15,11106299
18194	0,219466995	0,121770871	0,219732283	0,17914031	0,121770871	0,118428483	0,230618659
18209	0,294305556	0,154536515	0,080552997	0,146342363	0,080552997	0,080264389	0,296232081
18671	16,97716716	8,602369892	21,94397473	14,25241902	8,602369892	8,16530158	21,96882264

Tabla 14. Resultados ECM - Planificación Familiar

Código	ECM						
	Promedio Móvil	SE Simple	SE Doble	Combinación 1	Combinación 2	Combinación 3	Croston
260	0,282760494	0,158625	0,281119	0,230177449	0,158624538	0,157595398	0,28057
261	0,908113599	0,529981	0,898251	0,747287035	0,529981393	0,525119044	0,96746
262	0,275127118	0,160373	0,279115	0,229387648	0,160373267	0,159559693	0,30738
306	0,376296296	0,20608	0,367416	0,302465416	0,206080071	0,202920141	0,36531
310	0,225436356	0,12793	0,222391	0,184436619	0,127930188	0,126561024	0,21956
413	0,136005132	0,070081	0,139331	0,109063288	0,070080997	0,063860888	0,17554
637	4,919983478	2,749745	4,812363	3,983436797	2,749744688	2,708346471	4,76244
639	0,117469865	0,061379	0,115319	0,092748079	0,061378553	0,060845519	0,13335
788	0,079882226	0,046801	0,079361	0,066385546	0,046801221	0,066865593	0,0786
883	0,197453875	0,113471	0,194356	0,161959106	0,113471088	0,112287793	0,19193
2665	0,20431944	0,125959	0,22412	0,179058515	0,125958717	0,116143249	0,21358
2780	0,694399674	0,377697	0,698215	0,55922833	0,377697263	0,376880147	0,69848
5209	0,253781042	0,145347	0,07756	0,13841256	0,077559914	0,075143675	0,34789
5247	0,275655147	0,149278	0,265611	0,219552795	0,149278063	0,146606765	0,61936
7096	0,075407486	0,041877	0,073402	0,060901072	0,041877382	0,041134401	0,07429
7100	0,034142445	0,019315	0,034445	0,028147985	0,019315012	0,019229914	0,03438
7139	0,059010482	0,032942	0,057815	0,047893638	0,03294189	0,032418371	0,05721
7162	0,111758494	0,063927	0,109037	0,09106884	0,063926946	0,063073511	0,10757
7175	0,062264794	0,034925	0,061836	0,050749556	0,034924558	0,034784912	0,0614
8342	0,131624042	0,076714	0,133181	0,109329704	0,076714256	0,076593197	0,16251
10394	0,054599657	0,029901	0,053337	0,04434976	0,029901321	0,029493726	0,06513
12265	0,106546667	0,06289	0,106122	0,088835141	0,062889751	0,062613357	0,10462
12266	0,253015873	0,142028	0,253322	0,206927672	0,142028189	0,141580987	0,25363
13782	0,439225466	0,264177	0,434154	0,368159186	0,264177265	0,261828322	0,44638

14126	2,633553398	1,438029	3,648042	2,294707689	1,438029163	1,329641844	3,06707
14706	0,9901893	0,547327	0,958604	0,795466196	0,547326759	0,530445804	0,95889
15571	0,23975712	0,12617	0,240988	0,189949444	0,126169603	0,123612557	0,26604
15665	0,202802469	0,108746	0,056544	0,103107521	0,056544353	0,056100636	0,19544
16451	0,017866794	0,009693	0,017464	0,014423071	0,009692643	0,009554591	0,02056
16812	13,20577324	7,357423	12,98985	10,68827278	7,357423394	7,285572416	13,1716
17003	0,529297386	0,305494	0,519528	0,435208067	0,305493622	0,300913744	0,51756
17187	0,31572327	0,163525	0,313786	0,253112379	0,163525133	0,160995861	0,44366
17854	0,5942777	0,352182	0,58619	0,49430992	0,352182158	0,346811763	0,58314
18060	0,274951586	0,144495	0,277055	0,21741723	0,144495358	0,142238676	0,57307
18422	0,149241623	0,078313	0,147552	0,117792924	0,147552178	0,13733646	0,15244
18758	3,183423939	1,728566	3,312908	2,629696157	1,728565975	1,635785894	4,04807

Para la creación de la política de inventario se utilizara el último pronóstico arrojado por el método con el menor *ECM*, la cual se encuentra descrita en el siguiente capítulo.

10 POLÍTICAS DE INVENTARIO PARA LAS FAMILIAS DE PRODUCTOS CLASE A EN LA EMPRESA CASO DE ESTUDIO.

En el capítulo anterior se definieron y aplicaron los sistemas de pronósticos para cada ítem a partir de los datos históricos de la demanda, determinando así su comportamiento. En este capítulo se muestran las políticas a utilizar para controlar el inventario de los artículos pertenecientes a los conjuntos de ítems clase A, con el fin de mantener o alcanzar un nivel de servicio deseado. La finalidad de las políticas es la de determinar con qué frecuencia se debe revisar el inventario de los ítems, cuando se deben ordenar estos ítems y qué cantidad debe ordenarse en cada pedido.

Costo de Almacenamiento

Las instalaciones cuentan con un área total de 80 m², en los que se realizan todos los procesos de la empresa, y que sirven también como espacio de almacenamiento para los productos.

Los datos asociados al costo de almacenamiento se resumen en la tabla 15:

Tabla 15. Tabla de descripción de costos de almacenamiento

Descripción	Valor
Costo de arrendamiento + servicios públicos (\$/mes)	650.000
Costos de personal (\$/mes)	6'300.000
Costo Almacenamiento Total (\$/10 meses)	69'500.000

Tasa del costo de mantenimiento del inventario, r

Después de calcular los costos relacionados al almacenamiento de los ítems existentes en la empresa, resulta posible determinar su tasa de mantenimiento mediante su proporción entre el valor promedio de las existencias. Siendo así entonces, la sumatoria de los costos es de 69'500.000. La tabla 16 presenta el costo asociado al almacenamiento y mantenimiento del inventario y la tasa r .

Tabla 16. Costos asociados a la tasa de mantenimiento del inventario R

Tasa de mantenimiento del inventario r	
Costo de almacenamiento	\$ 69'500.000
Valor del inventario promedio	\$ 720.846.638
Tasa r (%/10 meses)	9.64 %

Costo de faltantes

El costo de faltantes B2 fue establecido para cada uno de los ítems, el cual fue determinado adicionando un 5% de pérdida de credibilidad a la empresa al porcentaje de utilidad que generaba la venta de dicho artículo.

De igual manera, en el cálculo del CTR para cada uno de los grupos de ítems se tiene en consideración el costo total generado por los faltantes.

Otras consideraciones

En los ítems cuyos pronósticos de demanda arrojaban un valor inferior a 1, o de cero, se dejó como demanda 1 unidad/día, también se determinó que el costo de ordenamiento relacionado con todos los ítems es de \$0, debido a que son los proveedores los que realizan las llamadas o todo el trámite para la realización de los pedidos, el R según los cálculos arrojó 0 días, pero por cuestiones prácticas, se ha decidido dejarlo en cada 7 días, y además de eso, el nivel de servicio P1 deseado por la gerencia de la empresa es del 90%.

Las siguientes tablas muestran las cantidades que se deberían reordenar cada 7 días, incluyendo el inventario de seguridad, es importante mencionar que la cantidad a reordenar se redondea a la unidad mayor próxima en unidades, el costo total relevante y el nivel de servicio P2 para cada uno de los 5 conjuntos de ítems.

Tabla 17. Cantidades de pedido total - Alimentos

Código	Pz(k)	K	Gz(k)	$\sigma + R + L$	k(1)* $\sigma + R + L$	IS	S
1218	0,1	1,28	0,05	0,529	0,68	1,6	2,26
2375	0,1	1,28	0,05	0,679	0,87	1,9	2,79
2664	0,1	1,28	0,05	0,597	0,76	1,7	2,45
2666	0,1	1,28	0,05	1,078	1,38	3,0	4,43
2667	0,1	1,28	0,05	0,354	0,45	1,0	1,45
3194	0,1	1,28	0,05	1,122	1,44	3,4	4,80
3206	0,1	1,28	0,05	0,953	1,22	2,7	3,92
7225	0,1	1,28	0,05	0,510	0,65	1,5	2,18
7748	0,1	1,28	0,05	11,845	15,18	35,5	50,71
7751	0,1	1,28	0,05	11,255	14,42	33,8	48,19
7776	0,1	1,28	0,05	2,225	2,85	6,7	9,53
12003	0,1	1,28	0,05	4,626	5,93	13,1	19,01
12004	0,1	1,28	0,05	8,867	11,36	25,1	36,44
12005	0,1	1,28	0,05	3,842	4,92	10,9	15,79

12006	0,1	1,28	0,05	3,077	3,94	8,7	12,65
12409	0,1	1,28	0,05	4,834	6,20	13,7	19,87
12412	0,1	1,28	0,05	0,294	0,38	0,9	1,26
15795	0,1	1,28	0,05	0,627	0,80	1,9	2,69
16343	0,1	1,28	0,05	0,225	0,29	0,6	0,93
17200	0,1	1,28	0,05	0,793	1,02	2,2	3,26
17204	0,1	1,28	0,05	0,282	0,36	0,8	1,16
17325	0,1	1,28	0,05	0,249	0,32	0,7	1,02
18038	0,1	1,28	0,05	0,546	0,70	1,5	2,24
18090	0,1	1,28	0,05	1,003	1,28	2,8	4,12
18766	0,1	1,28	0,05	0,756	0,97	2,1	3,11

Tabla 18. CTR – Alimentos

Costo Total Ordenamiento	\$	-
Costo Total Mtto del Inventario	\$	464.482
Costo Total de Faltantes	\$	1.337.945
Costo Total Relevante CTR	\$	1.802.427

Tabla 19. Nivel de servicio - Alimentos

Nivel de Servicio P2

1218	99,64%
2375	99,54%
2664	99,60%
2666	99,64%
2667	99,76%
3194	99,24%
3206	99,36%
7225	99,83%
7748	91,99%
7751	92,39%
7776	98,49%
12003	96,87%
12004	94,00%
12005	97,40%
12006	98,96%
12409	98,37%
12412	99,80%
15795	99,58%
16343	99,85%

17200	99,46%
17204	99,81%
17325	99,83%
18038	99,63%
18090	99,32%
18766	99,49%

Tabla 20. Cantidades de pedido total - Analgésicos

Código	Pz(k)	k	Gz(k)	$\sigma + R +$ L	k(1)* $\sigma + R +$ L	IS	S
35	0,1	1,28	0,05	3,495	4,48	10,5	14,96
87	0,1	1,28	0,05	13,779	17,66	41,3	58,99
363	0,1	1,28	0,05	6,867	8,80	20,6	29,40
365	0,1	1,28	0,05	4,961	6,36	14,9	21,24
496	0,1	1,28	0,05	3,171	4,06	9,0	13,03
645	0,1	1,28	0,05	3,124	4,00	9,4	13,37
653	0,1	1,28	0,05	3,789	4,86	11,4	16,22
708	0,1	1,28	0,05	3,863	4,95	11,6	16,54
852	0,1	1,28	0,05	2,481	3,18	7,8	11,02
1116	0,1	1,28	0,05	0,311	0,40	0,9	1,33
2484	0,1	1,28	0,05	15,422	19,76	46,3	66,03
3236	0,1	1,28	0,05	2,537	3,25	7,2	10,43
4361	0,1	1,28	0,05	0,817	1,05	2,6	3,63
4670	0,1	1,28	0,05	4,364	5,59	13,8	19,39
4709	0,1	1,28	0,05	2,464	3,16	7,8	10,95
7339	0,1	1,28	0,05	1,139	1,46	3,2	4,68
7830	0,1	1,28	0,05	1,261	1,62	3,8	5,40
7897	0,1	1,28	0,05	1,043	1,34	3,1	4,47
8984	0,1	1,28	0,05	2,068	2,65	5,8	8,50
9266	0,1	1,28	0,05	0,842	1,08	2,4	3,46
9430	0,1	1,28	0,05	3,295	4,22	9,3	13,54
13816	0,1	1,28	0,05	4,961	6,36	14,9	21,24
14286	0,1	1,28	0,05	3,171	4,06	9,0	13,03
14941	0,1	1,28	0,05	3,124	4,00	9,4	13,37
15366	0,1	1,28	0,05	3,789	4,86	11,4	16,22
15369	0,1	1,28	0,05	2,481	3,18	7,8	11,02
15377	0,1	1,28	0,05	0,311	0,40	0,9	1,33
15511	0,1	1,28	0,05	15,142	19,40	42,8	62,23
15887	0,1	1,28	0,05	3,023	3,87	9,1	12,94
15929	0,1	1,28	0,05	2,599	3,33	7,8	11,13

16034	0,1	1,28	0,05	0,300	0,38	0,9	1,29
16190	0,1	1,28	0,05	3,996	5,12	12,6	17,76
16201	0,1	1,28	0,05	53,522	68,59	151,4	219,97
16669	0,1	1,28	0,05	2,651	3,40	7,5	10,90
16825	0,1	1,28	0,05	1,657	2,12	4,7	6,81
16835	0,1	1,28	0,05	1,108	1,42	3,1	4,55
17467	0,1	1,28	0,05	4,869	6,24	13,8	20,01
18251	0,1	1,28	0,05	1,862	2,39	5,6	7,97
18324	0,1	1,28	0,05	4,048	5,19	11,4	16,64
18526	0,1	1,28	0,05	1,751	2,24	5,5	7,78
18617	0,1	1,28	0,05	1,737	2,23	5,5	7,72
18775	0,1	1,28	0,05	5,525	7,08	16,6	23,66

Tabla 21. CTR – Analgésicos

Costo Total Ordenamiento	\$	-
Costo Total Mtto del Inventario	\$	2.202.767
Costo Total de Faltantes	\$	4.613.464
Costo Total Relevante CTR	\$	6.816.232

**Tabla 22. Nivel de servicio – Analgésicos
Nivel de Servicio P2**

35	99,21%
87	96,89%
363	99,58%
365	99,33%
496	97,86%
645	99,47%
653	99,15%
708	99,56%
852	98,32%
1116	99,79%
2484	99,64%
3236	99,43%
4361	99,45%
4670	99,26%
4709	98,33%
7339	99,61%
7830	99,15%
7897	99,29%

8984	99,30%
9266	99,72%
9430	99,26%
13816	96,64%
14286	98,93%
14941	99,94%
15366	99,63%
15369	98,32%
15377	99,89%
15511	98,98%
15887	99,32%
15929	99,56%
16034	99,80%
16190	98,65%
16201	99,35%
16669	99,10%
16825	98,88%
16835	99,25%
17467	98,90%
18251	99,37%
18324	97,26%
18526	98,82%
18617	98,83%
18775	99,47%

Tabla 23. Cantidades de pedido total - Antibióticos

Código	Pz(k)	k	Gz(k)	$\sigma + R + L$	$k(1)^* \sigma + R + L$	IS	S
o							
28	0,1	1,28	0,05	0,304546935	0,39	0,963061968	1,35
50	0,1	1,28	0,05	2,700000953	3,46	8,100002859	11,56
68	0,1	1,28	0,05	13,71024947	17,57	38,77844149	56,35
97	0,1	1,28	0,05	0,557914129	0,71	1,578019456	2,29
236	0,1	1,28	0,05	4,081140653	5,23	11,54320892	16,77
426	0,1	1,28	0,05	0,28716669	0,37	0,86150007	1,23
605	0,1	1,28	0,05	3,887290819	4,98	11,66187246	16,64
899	0,1	1,28	0,05	0,149098566	0,19	0,447295699	0,64
900	0,1	1,28	0,05	2,071180807	2,65	5,858183974	8,51
1306	0,1	1,28	0,05	2,774015448	3,56	8,322046345	11,88
1345	0,1	1,28	0,05	0,587732345	0,75	1,858572864	2,61
1434	0,1	1,28	0,05	0,241771592	0,31	0,68383333	0,99

2471	0,1	1,28	0,05	0,229628389	0,29	0,688885166	0,98
2472	0,1	1,28	0,05	1,941534539	2,49	5,824603618	8,31
2473	0,1	1,28	0,05	3,701409201	4,74	11,1042276	15,85
4358	0,1	1,28	0,05	6,236800994	7,99	19,72249645	27,72
4370	0,1	1,28	0,05	0,234528976	0,30	0,74164574	1,04
4382	0,1	1,28	0,05	15,96834412	20,46	50,49633789	70,96
4400	0,1	1,28	0,05	0,552758224	0,71	1,747974983	2,46
4401	0,1	1,28	0,05	0,842181783	1,08	2,663212639	3,74
4410	0,1	1,28	0,05	5,990260754	7,68	18,94286776	26,62
4416	0,1	1,28	0,05	4,748941708	6,09	15,01747227	21,10
4601	0,1	1,28	0,05	0,873771866	1,12	2,763109252	3,88
4671	0,1	1,28	0,05	2,451438278	3,14	7,752128501	10,89
6625	0,1	1,28	0,05	0,91924593	1,18	2,600020122	3,78
7050	0,1	1,28	0,05	0,885448047	1,13	2,504425275	3,64
7441	0,1	1,28	0,05	6,82608189	8,75	19,30707517	28,06
7902	0,1	1,28	0,05	0,247876801	0,32	0,743630402	1,06
8182	0,1	1,28	0,05	0,516050383	0,66	1,548151149	2,21
8512	0,1	1,28	0,05	0,518483163	0,66	1,466491843	2,13
9342	0,1	1,28	0,05	9,396015321	12,04	26,5759446	38,62
10291	0,1	1,28	0,05	6,203183448	7,95	18,60955034	26,56
13817	0,1	1,28	0,05	0,343487565	0,44	0,971529546	1,41
13958	0,1	1,28	0,05	3,305503727	4,24	9,349376401	13,59
14571	0,1	1,28	0,05	3,463839901	4,44	9,797218732	14,24
14676	0,1	1,28	0,05	1,973434294	2,53	5,581715085	8,11
15355	0,1	1,28	0,05	0,48425459	0,62	1,369678818	1,99
15876	0,1	1,28	0,05	0,293230685	0,38	0,829381624	1,21
15877	0,1	1,28	0,05	0,458120982	0,59	1,295761812	1,88
18442	0,1	1,28	0,05	0,490042182	0,63	1,470126546	2,10
18604	0,1	1,28	0,05	3,584633637	4,59	10,13887501	14,73
18670	0,1	1,28	0,05	0,801188142	1,03	2,266102274	3,29
18774	0,1	1,28	0,05	6,534622838	8,37	18,48270449	26,86

Tabla 24. CTR - Antibióticos

Costo Total Ordenamiento	\$	-
Costo Total Mtto del Inventario	\$	228.288
Costo Total de Faltantes	\$	1.706.714
Costo Total Relevante CTR	\$	1.935.002

Tabla 25. Nivel de servicio - Antibióticos
Nivel de Servicio P2

35	99,79%
87	90,73%
363	99,87%
365	97,24%
496	99,96%
645	97,37%
653	99,90%
708	98,60%
852	99,06%
1116	99,60%
2484	99,84%
3236	99,84%
4361	98,69%
4670	98,75%
4709	98,95%
7339	99,95%
7830	89,20%
7897	99,94%
8984	99,43%
9266	95,95%
9430	99,36%
13816	99,85%
14286	99,17%
14941	99,69%
15366	99,70%
15369	95,38%
15377	99,96%
15511	99,65%
15887	99,65%
15929	93,65%
16034	99,53%
16190	99,88%
16201	97,76%
16669	98,83%
16825	99,67%
16835	99,84%
17467	99,80%
18251	99,69%

18324	99,67%
18526	97,58%
18617	99,46%
18775	95,58%

Tabla 26. Cantidades de pedido total - Antiinflamatorios

Código	Pz(k))	k	Gz(k)	$\sigma + R + L$	$k(1)^* \sigma + R + L$	IS	S
32	0,1	1,28	0,05	0,404901753	0,52	1,214705258	1,73
103	0,1	1,28	0,05	0,161995	0,21	0,512273171	0,72
488	0,1	1,28	0,05	15,77980955	20,22	44,63204136	64,85
603	0,1	1,28	0,05	2,521761961	3,23	7,565285882	10,80
955	0,1	1,28	0,05	2,272546231	2,91	6,427731401	9,34
956	0,1	1,28	0,05	0,472627227	0,61	1,336791668	1,94
1309	0,1	1,28	0,05	1,46894527	1,88	4,154804646	6,04
1401	0,1	1,28	0,05	20,85505583	26,73	65,94947717	92,68
1485	0,1	1,28	0,05	7,567930237	9,70	23,93189672	33,63
4325	0,1	1,28	0,05	0,241628567	0,31	0,764096621	1,07
4389	0,1	1,28	0,05	1,622047718	2,08	5,129365261	7,21
4418	0,1	1,28	0,05	3,567662429	4,57	11,2819392	15,85
5187	0,1	1,28	0,05	0,393682409	0,50	1,181047228	1,69
6859	0,1	1,28	0,05	0,805414131	1,03	2,416242393	3,45
7890	0,1	1,28	0,05	0,145551178	0,19	0,411680899	0,60
8117	0,1	1,28	0,05	2,889221726	3,70	8,667665179	12,37
8249	0,1	1,28	0,05	2,691434704	3,45	8,074304111	11,52
9181	0,1	1,28	0,05	0,516833598	0,66	1,550500794	2,21
9182	0,1	1,28	0,05	3,642669937	4,67	10,92800981	15,60
9770	0,1	1,28	0,05	0,585669827	0,75	1,757009481	2,51
11960	0,1	1,28	0,05	0,623574938	0,80	1,870724813	2,67
13045	0,1	1,28	0,05	4,911242121	6,29	13,89109043	20,19
13855	0,1	1,28	0,05	2,318764285	2,97	6,956292854	9,93
15629	0,1	1,28	0,05	5,082225547	6,51	15,24667664	21,76
15888	0,1	1,28	0,05	1,98375929	2,54	5,610918586	8,15
16225	0,1	1,28	0,05	3,167179871	4,06	8,958137457	13,02
16242	0,1	1,28	0,05	3,195183428	4,09	9,037343477	13,13
16490	0,1	1,28	0,05	1,251518885	1,60	3,754556656	5,36
17386	0,1	1,28	0,05	3,494841707	4,48	10,48452512	14,96
18155	0,1	1,28	0,05	5,180692456	6,64	15,54207737	22,18
18194	0,1	1,28	0,05	0,639949036	0,82	1,919847109	2,74
18209	0,1	1,28	0,05	1,276618875	1,64	3,829856624	5,47

18671	0,1	1,28	0,05	7,357042818	9,43	20,80885947	30,24
-------	-----	------	------	-------------	------	-------------	-------

Tabla 27. CTR - Antiinflamatorios

Costo Total Ordenamiento	\$	-
Costo Total Mtto del Inventario	\$	112.411
Costo Total de Faltantes	\$	574.425
Costo Total Relevante CTR	\$	686.836

Tabla 28. Nivel de servicio - Antiinflamatorios
Nivel de Servicio P2

32	99,73%
103	99,89%
488	98,81%
603	98,29%
955	98,46%
956	99,68%
1309	99,01%
1401	97,65%
1485	99,43%
4325	99,84%
4389	99,45%
4418	99,20%
5187	99,73%
6859	99,46%
7890	99,90%
8117	98,05%
8249	99,74%
9181	99,65%
9182	97,54%
9770	99,60%
11960	99,58%
13045	98,34%
13855	99,22%
15629	98,28%
15888	99,33%
16225	98,93%
16242	99,28%
16490	99,58%
17386	99,21%
18155	98,25%

18194	99,57%
18209	99,14%
18671	98,34%

Tabla 29. Cantidades de pedido total - Planificación Familiar

Código	Pz(k)	k	Gz(k)	$\sigma + R + L$	k(1)* $\sigma + R + L$	IS	S
260	0,1	1,28	0,05	0,652222622	0,84	1,956667866	2,79
261	0,1	1,28	0,05	1,301395042	1,67	3,904185127	5,57
262	0,1	1,28	0,05	0,649665679	0,83	1,948997038	2,78
306	0,1	1,28	0,05	0,771955262	0,99	2,315865785	3,31
310	0,1	1,28	0,05	0,520922279	0,67	1,473390703	2,14
413	0,1	1,28	0,05	0,552772213	0,71	1,563475922	2,27
637	0,1	1,28	0,05	2,663253318	3,41	7,989759955	11,40
639	0,1	1,28	0,05	0,486892815	0,62	1,460678444	2,08
788	0,1	1,28	0,05	0,289090205	0,37	0,817670579	1,19
883	0,1	1,28	0,05	0,530381382	0,68	1,591144147	2,27
2665	0,1	1,28	0,05	0,427533248	0,55	1,282599743	1,83
2780	0,1	1,28	0,05	1,065981402	1,37	3,015050713	4,38
5209	0,1	1,28	0,05	1,103510569	1,41	3,121199225	4,54
5247	0,1	1,28	0,05	0,586027329	0,75	1,657535592	2,41
7096	0,1	1,28	0,05	0,319908341	0,41	0,904837429	1,31
7100	0,1	1,28	0,05	0,208027908	0,27	0,588391778	0,85
7139	0,1	1,28	0,05	0,289344275	0,37	0,868032825	1,24
7162	0,1	1,28	0,05	0,38437348	0,49	1,087172376	1,58
7175	0,1	1,28	0,05	0,304622559	0,39	0,913867677	1,30
8342	0,1	1,28	0,05	0,40745899	0,52	1,15246806	1,67
10394	0,1	1,28	0,05	0,259275939	0,33	0,777827816	1,11
12265	0,1	1,28	0,05	0,347120357	0,44	1,04136107	1,49
12266	0,1	1,28	0,05	0,58064126	0,74	1,642301489	2,39
13782	0,1	1,28	0,05	0,66644836	0,85	1,99934508	2,85
14126	0,1	1,28	0,05	1,699254202	2,18	4,806216676	6,98
14706	0,1	1,28	0,05	1,058810042	1,36	2,994767042	4,35
15571	0,1	1,28	0,05	0,678223041	0,87	2,034669124	2,90
15665	0,1	1,28	0,05	1,040461437	1,33	3,12138431	4,45
16451	0,1	1,28	0,05	0,138259737	0,18	0,391057592	0,57
16812	0,1	1,28	0,05	4,19787904	5,38	11,87339494	17,25
17003	0,1	1,28	0,05	0,829069166	1,06	2,487207497	3,55
17187	0,1	1,28	0,05	0,813441377	1,04	2,300759654	3,34

17854	0,1	1,28	0,05	0,81849602	1,05	2,45548806	3,50
18060	0,1	1,28	0,05	0,676889824	0,87	1,914533539	2,78
18422	0,1	1,28	0,05	0,208522676	0,27	0,659406601	0,93
18758	0,1	1,28	0,05	2,461536947	3,15	6,96227787	10,12

Tabla 30. CTR - Planificación Familiar

Costo Total Ordenamiento	\$	-
Costo Total Mtto del Inventario	\$	311.072
Costo Total de Faltantes	\$	1.751.942
Costo Total Relevante CTR	\$	2.063.014

Tabla 31. Nivel de servicio - Planificación Familiar
Nivel de Servicio P2

260	99,56%
261	99,12%
262	99,56%
306	99,48%
310	99,65%
413	99,63%
637	98,20%
639	99,67%
788	99,80%
883	99,64%
2665	99,71%
2780	99,28%
5209	99,25%
5247	99,60%
7096	99,78%
7100	99,86%
7139	99,80%
7162	99,74%
7175	99,79%
8342	99,72%
10394	99,82%
12265	99,77%
12266	99,61%
13782	99,55%
14126	99,43%
14706	99,28%

15571	99,54%
15665	99,65%
16451	99,91%
16812	97,16%
17003	99,44%
17187	99,45%
17854	99,45%
18060	99,54%
18422	99,86%
18758	98,34%

11 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se logró determinar la forma como trabaja la empresa a lo largo del horizonte de tiempo del estudio, encontrando que esta cuenta con una gran variedad de proveedores para cubrir sus necesidades de forma casi inmediata, dos de los doce proveedores que tienen, requieren de mayor atención para la alcanzar la demanda de los productos que proveen. Además de esto, se destaca la buena relación que tiene la empresa con sus proveedores, ya que les brindan promociones y atención prioritaria cuando es necesario.

Fue posible observar también que el espacio físico para la conservación de los ítems es insuficiente debido al manejo de los pedidos, ya que se manejan de manera empírica y de acuerdo a la decisión de la gerencia. Esto lleva a la solicitud de pedidos en grandes cantidades de productos cuya rotación es baja y a que productos con gran demanda sean descuidados, generando fallas en el servicio, dificultando el cálculo del nivel de servicio de la empresa. Se recomienda entonces para otros trabajos realizar la medición exacta del nivel de servicio, así como el cálculo exacto de los costos de mantenimiento del inventario, ya que son insumos necesarios para la precisión de modelos con características similares a las de este trabajo.

Al realizar la clasificación ABC de los 4108 ítems que la empresa maneja, 479 fueron clasificados como ítems clase A, según el volumen de ventas que tuvieron durante los 10 meses del horizonte de tiempo del estudio. Estos representan el 11,6% del total de ítems, pero las ventas de estos productos equivalen al 65% del volumen total de ventas. Para las categorías B y C no se profundizó en los análisis.

Se logró determinar que en estos 479 ítems clase A están presentes las 52 familias de ítems que se encuentran en la empresa. A estas 52 familias se les realizó una clasificación ABC multicriterio que permitió identificar las familias de mayor importancia. Planificación familiar, antibióticos, analgésicos, alimentos y antiinflamatorios fueron las familias de ítems que lograron los puntajes más altos. Para la clasificación ABC multicriterio se recomienda utilizar un método que no dependa en mucha medida de la cantidad de ítems que pertenezcan a cada categoría, ya que esto resta posibilidad a familias que tengan pocos ítems pero que tengan números importantes dentro de los criterios establecidos. Además de esto, se sugiere que la elección de los criterios no dependa tanto en la subjetividad de la gerencia de la empresa.

En el proceso de análisis de la demanda de los ítems clase A, fue muy común encontrar patrones de comportamiento errático, lo cual condicionó todos los sistemas de pronósticos planteados, puesto que los datos históricos debían de empezar y terminar en demandas con consumo mayor que cero. Además se puede

concluir que no en todas las ocasiones en los que el coeficiente de variación es mayor que 1, el sistema de pronóstico Croston no es el más efectivo, en este orden de ideas no siempre el sistema de pronóstico más complejo resulta ser el más eficiente. Por último, vale la pena apreciar que el mejor estimador para establecer un sistema de pronóstico es el *ECM*, puesto que se acomoda a cualquier tipo de distribución de probabilidad de los errores del pronóstico. Los modelos de pronósticos de demanda mostraron una predominancia en el método de combinación con constantes restringidas entre -1 y 1.

La gerencia de la empresa decidió que se estableciera un periodo de reorden y revisión del inventario para cada 7 días para mayor practicidad. A cada uno de los 179 ítems se les calcularon sus respectivas cantidades de pedido finales, que permitieran un nivel de servicio que en todos los casos es mayor al 90%, y que permitió mejorar las condiciones del manejo de las bodegas, logrando que la suma de todos los CTR resultantes de cada política de control de inventarios sea de \$12'616.674, lo que equivale al 18,15% del Costo de Almacenamiento Total, para unos ítems cuya influencia en los ingresos totales de la empresa son del 33,3%.

12 BIBLIOGRAFÍA

Ávila Torre, P. A.; (2009) Clasificación de inventario con métodos multicriterio. Tesis de pregrado. Universidad Autónoma de Nuevo León México, México.

Bhanu Priya, D., Trailokyanath, S., Hadibandhu, P., (2014) An Inventory Model for Deteriorating Items with Exponential Declining Demand and Time-Varying Holding Cost. Scientific Research. Estados Unidos.

Balakrishnan, N., (2012). Inventory Control Models. Managerial Decision Modeling with Spreadsheets. Tercera Edición. Estados Unidos. Pearson.

BALLOU, R. 1984. Logística: Administración de la cadena de suministro. México. Recuperado de: <https://sistemasfifolifo.wordpress.com/definiciones-y-conceptos/>

Brian T. Denton. Editor (2013). Handbook of Healthcare Operations Management. Vila-Parrish & Simmons. Managing Supply Critical to Patient Care: An Introduction to Hospital Inventory Management for Pharmaceuticals. (pp. 447 – 464). Estados Unidos.

Coloma Trujillo, L. A., y Rodríguez Zurita, D. M (2009) “Diseño de un sistema de control y gestión de inventario de producto terminado para una empresa productora de fertilizantes simples y compuestos”. Ecuador

Dash, B., Singh, T., Pattnayak, H. (2013). An Inventory Model for Deteriorating Items with Exponential Declining Demand and Time-Varying Holding Cost. Scientific Research. 7

Días Alzate, S., Vélez Becerra, L.M. (2013) Diseño de un sistema de control de inventario para una institución de formación pública colombiana. Trabajo de Pregrado. Universidad del Valle. Colombia.

D Chan, C. K., B. G. Kingsman & H. Wong (1999), “The value of combining forecasts in inventory management – a case study in banking,” European Journal of Operational Research, (pp.117, 199-210.)

Espinoza, H., (2008) Manual de Buenas Prácticas de Almacenamiento de Productos Farmacéuticos y Afines en Farmacias. Perú.

Fredrik Olsson (2014) Analysis of inventory policies for perishable items with fixed lead times and lifetimes. Estados Unidos.

Flores, B., Olson, D., Dorai V.K. (1992) Management of Multicriteria Inventory Classification. Mathl. Comput. Modelling Vol. 16, No. 12, pp. 71-82. Estados Unidos

Kappauf, J., Lauterbach, B., Koch, M. (2012). Logistic Core Operations with SAP, Inventory Management, Warehousing, Transportation, and Compliance Warehouse Logistics and Inventory Management. (pp. 99 - 213). Estados Unidos.

Lambis Pérez, W., Meléndez Bolaño, H., (2013) Análisis y diseño de un sistema de gestión de inventario para la farmacia de la fundación madre Herlinda Moisés, basado en una categorización multicriterio ABC/ven. Trabajo de Pregrado. Universidad de Cartagena. Colombia

Saaty, Thomas. How to make a decision: the analytic hierarchy process. University of Pittsburgh. 1994

Mitchell A. Millstein, Liu Yang, Haitao Li. (2012). Optimizing ABC inventory grouping decisions. ELSEVIER. Estados Unidos

Olsson, F., (2014). Analysis of inventory policies for perishable items with fixed lead times and lifetimes. Estados Unidos.

Osorio. Juan Carlos, Orejuela, Juan Pablo (2008). El proceso de análisis jerárquico (ahp) y la toma de decisiones multicriterio. Ejemplo de aplicación. Scientia et Technica. Universidad Tecnológica de Pereira.

Parada Gutiérrez, O., (2009) Un enfoque multicriterio para la toma de decisiones en la gestión de inventarios. Colombia.

Peng Zhou *, Liwei Fan (2006). Short Communication A note on multi-criteria ABC inventory classification using weighted linear optimization. European Journal of Operational Research. Singapore.

RAMIREZ, José. 2007 Fundamentos de Inventarios. Instituto Universitario de Tecnología "READIC". Maracaibo, Zulia. Recuperado de: <http://datateca.unad.edu.co/contenidos/332572/archivos-2013/2013-1/inventarioslecc-presaberes.pdf>.

Ramakrishnan Ramanathan (2004). ABC inventory classification with multiple-criteria using weighted linear optimization. Computers & Operations Research. Sultanate of Oman, Oman.

Rodríguez Pérez, M.J., Torres Saldaña, J.D (2014). "Implementación de un sistema de control interno en el inventario de mercaderías de la empresa famifarma s.a.c. y su efecto en las ventas año 2,014" Trabajo de pregrado. Universidad Antenor Orrego, Perú.

Saaty, Thomas. How to make a decision: the analytic hierarchy process. University of Pittsburgh. 1994.

Silver, David F. Pyke, Rein Peterson, Inventory Management and Production Planning and Scheduling (Gestión de inventario y planificación de producción), 3.a edición, John Wiley & Sons, 1998.

Sung, McDonald & Johnson (2015). Probabilistic forecasting with discrete choice models: Evaluating predictions with pseudo-coefficients of determination. ELSEVIER. Estados Unidos. 10

S. M. Hatefi., S. A. Torabi. (2015) A Common Weight Linear Optimization Approach for Multicriteria ABC Inventory Classification. Hindawi. Estados Unidos

Torabi, S.A., Hatefi, S.M., Saleck, B. (2012) Pay ABC inventory classification in the presence of both quantitative and qualitative criteria. Computers & Industrial Engineering. Estados Unidos.

Torra, V., Narukawa, Y., Miyamoto, S. (2005) Modeling Decisions for Artificial Intelligence. Oh, Honda & Ichihashi. Quantification of Multivariate Categorical Data Considering Clusters of Items and Individuals. (pp. 175 -182). Japón

Teunter, Ruud H., Babai, Zied. M, Syntetos, A.A., (2009) ABC Classification: Service Levels and Inventory Costs. PRODUCTION AND OPERATIONS MANAGEMENT. 10

Vidal Holguín, C. J., (2005). Fundamentos de Gestión de Inventarios. Colombia. Tercera Edición. Universidad del Valle – Facultad de Ingeniería

Wan Lung Ng (2006). Production, Manufacturing and Logistics A simple classifier for multiple criteria ABC analysis. European Journal of Operational Research. Kowloon Tong, Hong Kong.

Wertheimer, A. Daniels, C. (1989). Manual para la administración de farmacias hospitalarias. Organización mundial de la salud. Estados Unidos.

Wild, T. (1997). Best Practice in Inventory Management. New York, 226 p.