

**PROPUESTA DE UN CONTROL DE INVENTARIOS PARA UNA
DISTRIBUIDORA Y COMERCIALIZADORA DE FRUTAS DEL VALLE DEL
CAUCA**

**ANGIE DAHIANA MEJÍA VARELA
JUAN SEBASTIAN ORTIZ VARELA**

**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
ZARZAL
2018**

**PROPUESTA DE UN CONTROL DE INVENTARIOS PARA UNA
DISTRIBUIDORA Y COMERCIALIZADORA DE FRUTAS DEL VALLE DEL
CAUCA**

**ANGIE DAHIANA MEJÍA VARELA - 201256527
JUAN SEBASTIAN ORTIZ VARELA - 201357552**

PROYECTO DE GRADO

**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
ZARZAL
2018**

Nota de aceptación:

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Zarzal, Valle del Cauca, marzo 16 de 2018

DEDICATORIA

En primer lugar, doy gracias a Dios por permitirme culminar esta etapa satisfactoriamente.

Gracias a todos y cada uno de mis seres queridos por el apoyo incondicional que me han brindado a lo largo de mi vida.

Gracias a cada uno de los maestros y compañeros con quienes tuve el privilegio de compartir.

Angie Dahiana Mejía Varela

TABLA DE CONTENIDO

1.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
1.1	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	16
1.2	SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA.....	16
2	JUSTIFICACIÓN	17
3	OBJETIVOS.....	20
4	MARCO DE REFERENCIA.....	21
4.1	ESTADO DEL ARTE.....	21
4.2	MARCO TEÓRICO	28
4.2.1	Inventario	28
4.2.2	Gestión de inventarios	28
4.2.3	Tipos de inventarios.....	28
4.2.4	Manejo de Inventarios.....	30
4.2.5	Costos de los inventarios.....	30
4.2.6	Clasificación ABC	31
4.2.7	Stock de seguridad	31
4.2.8	Logística	31
4.2.9	Factores esenciales de la logística	32
4.2.10	Requerimiento de Materiales (MRP)	32
4.2.11	Recepción de materiales	32
4.2.12	Almacenamiento.....	32
4.2.13	Diseño de un sistema de inventario.....	33
4.2.14	Propósitos de los inventarios.....	34
4.2.15	Demanda.....	34
4.3	MARCO CONCEPTUAL	34
4.3.1	Gestión de inventarios	35
4.3.2	Clasificación ABC	35
4.3.3	Clasificación ABC multicriterio:	36
4.3.4	Análisis de datos históricos y patrones de demanda	36
4.3.5	Sistemas de pronósticos.....	37
4.3.6	Sistemas de control de inventarios	38
4.3.7	Gestión de inventarios para productos perecederos	39
5	DIAGNÓSTICO SISTEMA ACTUAL	40
5.1	PORTAFOLIO DE PRODUCTOS	41

5.2	GENERALIDADES.....	41
5.2.1	FISIOLOGÍA DE LA FRUTA	42
5.2.2	TIPOS DE ALMACENAMIENTO	48
5.2.3	INSTALACIONES	50
5.3	SISTEMA DE INVENTARIO ACTUAL	50
5.3.1	Clasificación de los ítems	52
5.3.2	Análisis de consistencia.....	54
5.3.3	Pronósticos de demanda	55
6	EVALUACIÓN Y DEFINICIÓN DEL MODELO	65
6.1	Sistemas de control de inventarios	65
6.1.1	Modelo del tamaño económico de pedido (<i>Economic Order Quantity</i>) - EOQ 66	
6.2	Sistema continuo (s, Q).....	76
6.3	Sistema periódico (R, S)	81
7	RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DE LOS MODELOS	85
8	CONCLUSIONES	96

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Frutos climatéricos y no climatéricos.....	14
Tabla 2 Especies sensibles y productoras de etileno y olores.	15
Tabla 3 Control de inventarios y sistemas de pronósticos de acuerdo con la clasificación ABC.....	35
Tabla 4 Los sistemas de pronósticos y el patrón de demanda observado.	37
Tabla 5 Comparación entre los sistemas de revisión continua y los de revisión periódica.....	38
Tabla 6 Portafolio de productos de la empresa caso de estudio.....	41
Tabla 7 Ritmo respiratorio de algunas frutas tropicales.....	43
Tabla 8 Clasificación de frutas tropicales según su producción de etileno	45
Tabla 9 Condiciones de almacenamiento óptimo de frutas	47
Tabla 10 Matriz de comparación de los criterios.....	53
Tabla 11 Matriz normalizada.	53
Tabla 12 Resultados	54
Tabla 13 Coeficiente de consistencia.....	54
Tabla 14 Clasificación ABC Multicriterio	55
Tabla 15 Sistema de pronóstico Promedio Móvil	60
Tabla 16 Resultados de la aplicación de los pronósticos, parte I.	62
Tabla 17 Resultados de la aplicación de los pronósticos, parte II.	63
Tabla 18 Resultados de la aplicación de los pronósticos, parte III.	64
Tabla 19 Costos de ordenamiento	73
Tabla 20 Costos de mantenimiento	73
Tabla 21 Valor unitario de los ítems	74
Tabla 22 Sistema (S, Q) y Sistema (R, S).....	82
Tabla 23 Parámetros utilizados en el presente trabajo, parte I	85
Tabla 24 Parámetros utilizados en el presente trabajo, parte II	86
Tabla 25 Parámetros utilizados en el presente trabajo, parte III	86
Tabla 26 Resultados de los modelos aplicados, parte I	87
Tabla 27 Resultados de los modelos aplicados, parte II	88
Tabla 28 Resultados de los modelos aplicados, parte III	89
Tabla 29 Resumen costo total relevante de cada modelo y sugerencia de cual utilizar para cada ítem.....	90
Tabla 30 Resultados obtenidos en el escenario 1, aumento de la demanda.	92
Tabla 31 Resultados obtenidos en el escenario 2, disminución de la demanda.	94

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Distribución departamental del área (ha) sembrada de los cultivos de frutas.....	18
Ilustración 2 Diversos tipos de demanda.....	36
Ilustración 3 Nivel de ventas en el periodo de estudio.....	40
Ilustración 4 Comportamiento de los productos no climatéricos y climatéricos con relación a la velocidad de respiración.	46
Ilustración 5 Ambiente común de un sistema de pronósticos	57
Ilustración 6 Comportamiento de la demanda del Mango Tommy.....	59
Ilustración 7 Nivel de inventarios para determinar el tamaño óptimo del pedido	68
Ilustración 8 Costo total relevante en función del tamaño de pedido.	70
Ilustración 9 Sistema de control de inventario (S, Q)	77
Ilustración 10 Sistema de control de inventarios (R, S)	81
Ilustración 11 Variación de cada ítem con respecto al costo total relevante de cada modelo.....	91
Ilustración 12 Variación de cada ítem con respecto al costo total relevante de cada modelo, escenario 1.....	93
Ilustración 13 Variación de cada ítem con respecto al costo total relevante de cada modelo, escenario 2.....	95

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1 – Base de datos

ANEXO 2 – Tabla de costos

ANEXO 3 – Nivel de ventas

ANEXO 4 – Sistemas de pronósticos

ANEXO 5 – Escenario 1. Aumento de la demanda

ANEXO 6 – Escenario 2. Disminución de la demanda

ANEXO 7 – Resultados

INTRODUCCIÓN

En el modelo comercial en el que se encuentra la economía hoy en día, lograr que una empresa se mantenga en este modelo obteniendo la mayor cantidad de utilidades es de vital importancia y el sector hortofrutícola no es la excepción.

Según Ballou, R. (2004) “La logística gira en torno a crear valor: valor para los clientes y proveedores de la empresa, y valor para los accionistas de la empresa. El valor en la logística se expresa fundamentalmente en términos de tiempo y lugar.” “Una buena dirección logística visualiza cada actividad en la cadena de suministros como una contribución al proceso de añadir valor.” Ballou, R. (2004), esto muestra la importancia que tiene la administración de la cadena de suministros en las organizaciones, puesto que un manejo eficiente de esta puede evidenciar reducción en los costos asociados al mantenimiento de los inventarios.

“El manejo de los inventarios tiene un impacto significativo en la gestión administrativa, ya que afecta directamente a los estados financieros de la empresa, como son el balance general y el estado de pérdidas y ganancias.” Vidal, C. (2010), el sistema de control de inventarios es el proceso en el que se adoptan diversos procedimientos con los cuales se garantiza la minimización de los costos por exceso o faltantes de inventarios, “Siempre tenemos demasiado de lo que no se vende o consume, y muchos agotados de los productos que más rotan.” Vidal, C. (2010), debido a este desbalanceo los modelos de control de inventarios son de vital importancia para las organizaciones, es decir si el sistema de control de inventarios que se está utilizando no tiene mucha efectividad, esto se verá directamente relacionado en los ingresos de la organización, puesto que si se maneja un nivel de inventario muy bajo se tendría una reducción en los costos asociados al mantenimiento del inventario, pero se correría con el riesgo de no poder entregar materias primas, productos en proceso o productos terminados cuando el cliente lo solicite y tener la posibilidad de parar la producción o perder una venta potencial; afectando de manera negativa la credibilidad y la fidelidad de los clientes, generando un efecto negativo en la imagen de la empresa. En cambio, si se tiene un inventario demasiado alto se poseen costos de mantenimiento del inventario, impuestos, espacio utilizado (bodegas), entre otros, demasiados altos y esto repercute directamente en la utilidad de la empresa.

En un artículo publicado por el Fondo para el Financiamiento del Sector Agropecuario – FINAGRO, (2013). Menciona que:

El potencial productivo de Colombia es muy promisorio por la amplia disponibilidad de tierras con vocación agrícola, espacio para mejorar la productividad y el manejo postcosecha de los alimentos, oferta de recursos

naturales como agua y biodiversidad, condiciones climáticas tropicales que permiten la producción de alimentos durante todo el año.

Esta es una ventaja competitiva que se tiene en este país, pero se debe trabajar para que tanto productores, proveedores y distribuidores conozcan las herramientas y técnicas que ofrece el área de la gestión de inventarios.

En el sector hortofrutícola el problema de los inventarios se torna un poco más complejo, ya que además de las dificultades expresadas en el transcurso de este capítulo, también se consideran productos perecederos debido al corto ciclo de vida de éstos, los cuales se deben entregar lo más pronto posible, de lo contrario estos se podrían deteriorar generando costos de no calidad y bajos niveles de servicio al cliente.

Los problemas de calidad de los productos generan una penalización adicional en el mantenimiento del inventario, y, por tanto, un desafío importante en la gestión de inventarios con productos perecederos, es determinar una manera eficiente de mantener la disponibilidad de los artículos mientras que se evitan excesivas pérdidas por productos vencidos. Pérez y Torres, (2014).

Con base en lo anterior, el presente trabajo tiene como finalidad el diseño de un modelo de control de inventarios para una distribuidora y comercializadora de frutas del Valle del Cauca, para ello se realizará un diagnóstico del sistema de control actual del inventario para la empresa caso de estudio, posteriormente se realizará una clasificación ABC multicriterio de los ítems totales y una simulación de pronósticos de demanda de los ítems. Finalmente se definirá la política de control de inventario, haciendo un análisis comparativo de los costos y nivel de servicio generados por la propuesta y los del sistema actual.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A través de la historia, las empresas han desarrollado estrategias con el fin de responder a los cambios en la demanda de los clientes para generar ventajas competitivas que sean de difícil imitación, con dos enfoques: a) la generación de productos (bienes o servicios) y b) el desarrollo de sistemas de gestión. Las ventajas competitivas basadas en sistemas de gestión han sido: economías de escala, calidad y flexibilidad. Porter, M. (1999)

“En las últimas décadas ha tomado mayor relevancia la disponibilidad y la rapidez en la entrega, aquí comienza el interés en la logística.” Davis, (2006) y “la gestión en la cadena de suministro.” Chase, (2006).

“Las empresas en la actualidad también se enfrentan a un problema que consiste en un desfase existente entre la demanda de los consumidores y la producción o suministro de dichos productos.” Ballou, R. (2004). Al final un buen o mal manejo de este desfase puede significar una ventaja o desventaja en un mercado tan competitivo; las empresas a su vez deben evitar tener productos faltantes y ventas perdidas, ya que esto podría significar la liquidación de sus negocios; es por esto que se deben tomar todas las medidas necesarias para minimizar éstos efectos. Además, la obtención de utilidades reside en las ventas, sin embargo, si no se cuenta con material disponible para atenderlas, puede generar un deterioro en el nivel de servicio al cliente. Por lo tanto, “sin inventarios simplemente no hay ventas.” Camacho, (2008).

En Colombia es común encontrar que en las pequeñas y medianas empresas - PyMES las decisiones acerca del inventario se toman de manera intuitiva o basadas en la experiencia, lo cual genera ventas perdidas por poseer poco inventario “understock” o pérdida de la calidad del producto por tener más cantidad de los mismos en el inventario de la que el cliente está demandando “overstock”.

El área de gestión de inventarios para ítems perecederos en Colombia plantea desafíos para las PyMES en algunas ocasiones debido a que los recursos de estas son limitados y en otras debido al desconocimiento de las herramientas de esta área. Las empresas que trabajan con productos perecederos, sea comercializándolos y/o distribuyéndolos deben ser capaces de responder a la demanda de sus clientes brindando calidad tanto en el producto como en el servicio al cliente mismo.

Según Rivas, E. et al. (2005) “Los artículos que estas empresas manejan, representan un gran riesgo por el efecto negativo de las utilidades del período por el hecho de sufrir descomposición en sus ingredientes, teniendo como

consecuencia productos averiados por inadecuada manipulación, falta de conocimiento, de tecnología y por instalaciones inapropiadas; los deterioros pueden darse por no poseer un ambiente adecuado para el almacenamiento de los productos y los vencimientos ocurren por no lograr vender los productos a tiempo e incluso al ofertarlos.”

En un artículo publicado por Portafolio, se revelan las cifras de desperdicio de alimento en Colombia, el estudio fue realizado por el Departamento Nacional de Planeación - DNP, (2016), dice que “En Colombia la pérdida y desperdicio de alimentos asciende al 34% del total de comida disponible en el país. Es decir, de los 28,5 millones de toneladas de alimentos que se podrían consumir al año, se desperdician o se pierden 9,8 millones de toneladas.” Y “El caso más grave es el de las frutas y vegetales, pues por cada 10.434.327 toneladas disponibles al año, se pierden o desperdician 6.081.134 toneladas, lo que equivale al 58 por ciento.” DNP, (2016)

Las pérdidas de productos de este tipo son mayores cuando no se realiza un adecuado almacenamiento de los mismos, poniendo en riesgo tanto el capital de la empresa como la imagen de la misma frente a sus consumidores. Las empresas que trabajan con productos perecederos, en este caso frutas, utilizan estrategias que les permitan recuperar la inversión realizada o parte de ella, según Hervon A. et al (2017) “Una posible estrategia que los minoristas competidores podrían adoptar para alentar a los consumidores a comprar más al tiempo que reducen los desperdicios es ofrecerles descuentos ocasionales cada vez que los productos perecederos se acercan a su vencimiento.” Otra de las estrategias utilizadas por las empresas de este tipo, es la de revisar constantemente los productos y seleccionar los que están muy maduros con el propósito de realizar pulpas para jugos con estas frutas; con este tipo de estrategias buscan recuperar el valor de la inversión realizada, que se conoce como valor de salvamento.

Según Linh N.K. Duong et al. (2015) “un tercio de los productos alimenticios se desperdicia”. El problema aquí expuesto recibe mayor importancia teniendo en cuenta que Colombia es un país donde un porcentaje importante de sus ingresos y fuentes de trabajo provienen de actividades relacionadas al Agro, lo que se evidencia en un artículo recuperado de la revista Dinero (2018) dice que “De acuerdo con el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (Dane), durante el 2017 el Producto Interno Bruto del país fue de 1,8%, impulsado especialmente por los sectores agropecuario y de servicios financieros.”

Para las pequeñas y medianas empresas es importante reducir el número de pérdidas y desperdicios generados tanto en la comercialización como en la distribución de productos perecederos, por lo que se hace necesaria la implementación de herramientas que conlleven a un mejor manejo y utilización de estos.

De acuerdo con el estudio del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural-MADR, “Plan Frutícola Nacional” existen 333.118 hectáreas aptas para la siembra de frutales en el Valle del Cauca. Sin embargo, solamente se está usando el 4.66%.” Reyes, C. et al (2016). De aquí, se concluye que la actividad agrícola es relativamente baja comparada con la disponibilidad existente y gran parte de este problema se debe a que las personas no tienen una buena instrucción acerca de que políticas emplear para darles un manejo adecuado a estos productos.

La empresa caso de estudio se dedica a la comercialización de productos tanto perecederos como no perecederos, entre los productos que se comercializan están productos de aseo personal, productos para el aseo del hogar, granos, abarrotes, cárnicos, verduras y frutas, siendo el ultimo el motivo de este trabajo.

Algunas de las frutas que pertenecen al portafolio de productos de la empresa caso de estudio son guayaba, fresa, mora, lulo, cítricos tales como naranja, mandarina y limón, entre otras frutas que se muestran en el capítulo Diagnostico Sistema Actual.

Las frutas se clasifican en climatéricas y no climatéricas, Moreno, L. (2005) los define así: “antes de ser cosechados, algunos frutos alcanzan primero la madurez fisiológica y después la de consumo; en ese momento se cosechan. A estos productos los llamamos no climatéricos.” Y en cambio, “otros frutos pueden ser cosechados al alcanzar la madurez fisiológica sin haber alcanzado la madurez de consumo y a partir de este punto —o sea, al cosecharse— inician su proceso de madurez de consumo y finalmente el envejecimiento. A estos frutos los llamamos climatéricos.” Algunos ejemplos se muestran en la tabla 1.

Tabla 1 Frutos climatéricos y no climatéricos

FRUTOS CLIMATÉRICOS	FRUTOS NO CLIMATÉRICOS
Aguacate	Fresa
Banano	Limón
Guayaba	Mandarina
Lulo	Mora
Mango	Naranja
Manzana	Piña
Maracuyá	Tomate de árbol
Pera	

Fuente. CORPOICA, Adaptado de: Modulo manejo de cosecha y postcosecha de las frutas.

El ciclo de vida de los productos se puede alterar si no se dispone de buenas prácticas al almacenarlos, y para esto se debe conocer cuales frutas son emisoras de etileno y cuales son sensibles a este, y, cuales emiten olores y cuales son sensibles a ellos, con el fin de almacenar adecuadamente y no generar daños a las frutas. En la tabla 2 se observan algunos ejemplos del tema en mención.

Tabla 2 Especies sensibles y productoras de etileno y olores.

	PRODUTOR DE ETILENO	SENSIBLE AL ETILENO	PRODUTOR DE OLORES	SENSIBLE A OLORES
Guayaba	X	X		
Limón			x	
Mandarina		X		
Mango	X	X		
Manzana	X	X	x	X
Naranja		X	x	
Pera	X	X	x	x

Fuente. FAO 2003, Adaptado de: Manual Para la Preparación y Venta de Frutas y Hortalizas del campo al mercado.

Las temperaturas también influyen en la vida de los productos perecederos, debido a las propiedades intrínsecas de cada una, la temperatura de almacenamiento puede variar para cada fruta, con el fin de mantener por más tiempo las características de la misma.

La información brindada en este capítulo sirve para hacer notoria la fragilidad que tienen los productos perecederos debido a las características propias de ellos y deja en evidencia que el almacenamiento influye en el ciclo de vida del producto, de aquí surge la necesidad de buscar herramientas pertenecientes al área de la gestión de inventarios que se adecuen a las necesidades de las pequeñas y medianas empresas - PyMES. En el capítulo Diagnostico Sistema Actual se ampliará la información acerca de cuáles son los factores que inciden en la conservación o deterioro de los productos perecederos, caso puntual las frutas.

1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Con base en lo anterior, se genera la siguiente pregunta:

¿Cómo definir una política de control de inventario para una distribuidora y comercializadora de frutas del Valle del Cauca?

1.2 SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuáles son los aspectos que se tuvieron en cuenta en la empresa caso de estudio para incorporar una política de control de inventarios?

¿En qué costos incurrió la empresa caso de estudio al implementar una política de control de inventarios?

¿Qué impacto tuvo la implementación de una política de control de inventarios en la empresa caso de estudio? ¿Mejoro el nivel de servicio al cliente?

2 JUSTIFICACIÓN

“El control de inventarios es uno de los temas más complejos y apasionantes de la Logística y de la planeación y administración de la cadena de abastecimiento (Supply Chain Management, SCM). Es muy común escuchar a los administradores, gerentes y analistas de Logística afirmar que uno de los principales problemas a los que se deben enfrentar es la administración de los inventarios. Uno de los problemas típicos, es la existencia de excesos y de faltantes de inventarios: “Siempre se tiene demasiado de lo que no se vende o consume, y muchos agotados de los productos que más rotan.” Lo interesante de este problema es que ocurre prácticamente en cualquier empresa del sector industrial, comercial o de servicios, las cuales administran, de una u otra forma, materias primas, componentes, repuestos, insumos y/o productos terminados, productos y materias primas en proceso o en tránsito, manteniendo unidades en inventario en mayor o menor grado”. Vidal, (2010)

“El problema de cómo administrar el inventario de productos perecederos ha sido ampliamente investigado desde la década de 1970.” Adenso, B. et al. (2017)

En todas las organizaciones es importante contar con un sistema de control de inventarios que responda a sus necesidades, que evite los excesos de inventario que tiene la organización, que disminuya la cantidad de ventas perdidas por productos faltantes y que mejore el nivel de respuesta de la empresa y el nivel de servicio al cliente, todo esto con el fin de minimizar el costo total asociado a la administración y mantenimiento del inventario. En el caso de las distribuidoras y comercializadoras de productos hortofrutícolas no hay excepción, se puede decir que a este tipo de productos hay que prestarles especial atención debido a las características propias de estos.

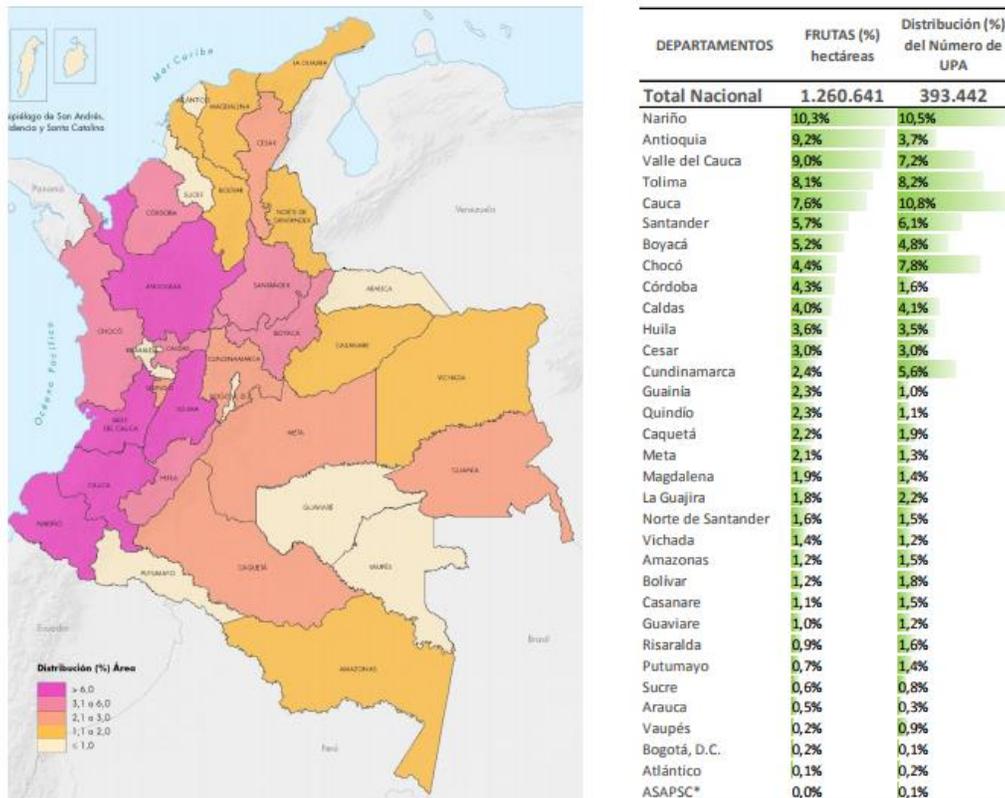
“Las empresas que manejan inventarios perecederos se ven en la necesidad de crear controles diferentes a los que se utilizan en las empresas de artículos no perecederos, ya que a pesar de la rotación de inventarios que se debe realizar se dan los problemas de tener productos que tienden a vencerse, descomponerse, deteriorarse o averiarse. Para estas empresas existe un alto riesgo de pérdidas, muchas veces por la flexibilidad o deficiencia en los controles al momento de la manipulación.” Rivas, E. et al. (2005)

Según las estadísticas recopiladas por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística “DANE” en el Tercer Censo Agropecuario en Colombia realizado en el año 2013 y cuyas estadísticas fueron publicadas en el año 2015, dice que “En los departamentos de Nariño, Antioquia, Valle del Cauca, Tolima, Cauca y Santander

se encontró el 49,9% del área con cultivos de frutas”. La distribución del área sembrada en cultivos de frutas por departamentos se relaciona en la ilustración 1 tomada de la página 33 de la misma publicación.

Ilustración 1 Distribución departamental del área (ha) sembrada de los cultivos de frutas.

Mapa 10. Distribución departamental del área (ha.) sembrada de los cultivos de frutas



Fuente: DANE-CNA 2014
 ASPYSC: Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina

Fuente. Tercer Censo Nacional Agropecuario, DANE, (2015).

“En el norte del Valle del Cauca no sólo predomina el cultivo de la caña de azúcar. También toman relevancia los cultivos de piña, cítricos, papaya, melón y el lulo. No en vano, de las 34.000 hectáreas sembradas con frutas en todo el Valle del Cauca, casi 14.830 se localizan en esta zona del departamento.” (Recuperado de: www.elpais.com.co, 2013). A pesar de que la región del Valle del Cauca es una región que posee un alto índice de tierras sembradas con caña de azúcar, aún se encuentra diversidad de cultivos frutícolas en este departamento.

“El creciente número de artículos perecederos, junto con un entorno competitivo en la industria de abarrotes y canales de distribución, ha llevado a las empresas a reconsiderar sus actividades de cadena de suministro a fin de reducir costos y

mantener su rendimiento.” Kouki et al. (2016), a esto se le suma que “A medida que el bien perecedero se deteriora, su calidad, y por lo tanto su utilidad para los consumidores, disminuye a lo largo de su vida útil. Al final de su vida útil, el bien se echa a perder completamente y no tiene utilidad para los consumidores.” Dobson, G. et al. (2017)

La necesidad de las distribuidoras y comercializadoras de frutas del norte Vallecaucano de competir en el mercado actual, en el cual la calidad de los productos se ha convertido en un factor importante para el cliente, es decir por el cual se aceptan o se rechazan los productos, exige que se establezcan políticas de control de inventario que respondan a ésta necesidad.

“En muchos países, las pérdidas de alimentos ocurren en la venta al por menor de comestibles. Los desechos de abarrotes están compuestos principalmente por productos rápidamente perecederos con una vida útil de entre 3 y 5 días, como frutas frescas, vegetales, ensaladas, carne, pescado, productos lácteos y productos horneados. Kranert et al. (2012)”, tomado de Janssen L. et al. (2018)

Tanto en la empresa caso de estudio como en otras pequeñas y medianas empresas se desconocen las herramientas del área de gestión de inventarios y los beneficios que trae consigo la implementación de una política de inventario adecuada.

Con base en lo anterior, el presente proyecto tiene como finalidad diseñar un modelo de control de inventario para una distribuidora y comercializadora de frutas del Valle del Cauca que contribuya a minimizar los costos totales de inventario asociados a la operación y garantice un nivel adecuado de servicio al cliente. Además, éste modelo permite identificar la estacionalidad de los productos para contribuir a una mejor planeación y favorezca la identificación de artículos que tienen menor rotación y así permita optimizar el espacio en los lugares de almacenamiento.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Proponer un control de inventarios para una distribuidora y comercializadora de frutas del Valle del Cauca que contribuya a minimizar el costo total relevante asociado a la operación.

3.2 Objetivos específicos

- Realizar el diagnóstico del sistema de gestión y control actual del inventario para la empresa caso de estudio.
- Realizar la clasificación ABC multicriterio de los ítems perecederos totales de la empresa.
- Determinar el modelo de simulación de pronósticos de demanda de los ítems perecederos, de acuerdo con los resultados de la clasificación ABC multicriterio.
- Definir la política de control de inventario para ítems perecederos, haciendo un análisis comparativo de los costos y nivel de servicio generado por la propuesta y los del sistema actual.

4 MARCO DE REFERENCIA

En este capítulo se presentan tanto los elementos teóricos como los conceptuales enmarcados dentro del proyecto de investigación.

4.1 ESTADO DEL ARTE

Antes de iniciar con la revisión de la literatura se debe tener claridad acerca de lo que es un producto perecedero y que es un producto no perecedero.

Van Donselaar et al. (2005) “La principal diferencia entre productos perecederos y productos no perecederos es la "vida útil". La vida útil de un producto se mide en días, contados a partir del día en que se produce hasta que el producto se vuelve inaceptable para el consumo o se vuelve obsoleto.”

“Claramente, los productos perecederos son artículos con una vida útil corta y los productos no perecederos son artículos con una larga vida útil.” Van Donselaar et al. (2005)

En primer lugar, los productos perecederos son los que, por sus características, exigen condiciones especiales de conservación en sus periodos de almacenamiento y transporte; por otra parte, los productos no perecederos son aquellos que se pueden almacenar durante largos periodos de tiempo y a temperaturas más altas ya que no hay riesgo de deterioro, es decir no se dañan fácilmente.

Las investigaciones realizadas en torno a los sistemas de gestión y control de inventarios son considerables debido a la importancia que estos tienen en las organizaciones.

Para Montes Hernández et al (2005), los productos perecederos son parte importante del activo realizable de las empresas distribuidoras, ya que representa una gran parte del patrimonio de estas, por lo que debe ser salvaguardado para evitar pérdidas de capital. En la investigación refleja que las empresas distribuidoras de productos perecederos poseen controles internos, pero no tienen procedimientos establecidos para el área de inventarios, es por esta razón que se hace necesaria la elaboración de un manual que contenga estos procedimientos para verificar el cumplimiento fiel para el área en mención. La metodología utilizada es el método hipotético deductivo y las unidades del control interno de análisis fueron las áreas encargadas de los inventarios como son los departamentos de contabilidad, administración, compras y bodega, de las empresas que distribuyen productos perecederos y finalmente se elaboró un manual de procedimientos de control interno para el área de inventarios de productos perecederos basados en el enfoque COSO,

para establecer lineamientos para la verificación del cumplimiento y el logro de objetivos encaminados a disminuir las pérdidas ocasionadas por la inadecuada manipulación de los perecederos.

De este modo Contreras Juárez, A. et al. (2016). Realizan un estudio en el que determino que los alimentos perecederos requieren de un especial cuidado que asegure la prolongación de su vida útil, garantizando su disponibilidad a través del adecuado almacenamiento. La demanda de estos productos es constante a lo largo del tiempo. Por lo tanto, Los pronósticos son una herramienta que proporciona un estimado cuantitativo de la probabilidad de eventos futuros. La relevancia de incorporar pronósticos en la demanda de almacenamiento en productos perecederos dentro de la cadena de frío deriva de su importancia económica y social. Este caso de estudio presenta una empresa con tendencia de crecimiento dedicada al almacenamiento de productos perecederos e incorpora técnicas de pronósticos de series de tiempo, en el volumen de ingreso y egreso de los productos en una cámara frigorífica, con el fin de estimar el volumen de almacenamiento para prever los requerimientos de instalaciones adicionales, personal y materiales necesarios para la movilidad de los productos. Al final los resultados obtenidos mostraron que los egresos de unos productos determinados superaron los ingresos promedio en un 82.2%.

Por consiguiente, Van Donselaar et al. (2005), realizan una investigación que se centra en artículos perecederos en dos cadenas de supermercados holandesas con el fin de probar la inteligencia en los sistemas automatizados de pedido de tiendas (ASO), efectúan una clasificación de los ítems basados en la noción de que diferentes productos necesitan diferentes reglas de control de inventario. Debido a que los actuales sistemas automatizados de pedido de almacenes proporcionan poco apoyo para la toma de decisiones sobre productos perecederos, en este documento se dan sugerencias para mejorar estos sistemas y se realiza una revisión y comparación de la literatura de las políticas de control de inventario tanto de ítems no perecederos como perecederos, haciendo mayor énfasis en los últimos; los autores demostraron que los supermercados tienen diferentes grupos de productos, cada uno con características logísticas diferentes y por lo tanto necesitan diferentes reglas de control de inventario.

Respecto a los sistemas de control de inventarios para ítems perecederos se han realizado los siguientes estudios e investigaciones:

Ek Peng Chew et al. (2008). Estudian y plantean la determinación y relación que existe entre el precio y la asignación de inventario para un producto perecedero con una vida útil predeterminada. Haciendo la asimilación desde el enfoque utilizado en la industria aérea en el que la demanda de un producto es sensible a los precios asignados lo que les permite a las aerolíneas generar ingresos incrementales, ya

que estos precios asignados influirán en la demanda deberían considerarse variables de decisión. Para lo cual se describe el desarrollo de un modelo de programación dinámica de tiempo discreto para determinar el precio y la asignación de capacidad de inventario para un producto perecedero sin reposición, empleando una política de revisión periódica, la demanda esperada del producto es una función lineal del precio. Los resultados computacionales mostraron que los ingresos esperados de las heurísticas propuestas estaban muy cerca del máximo ingreso total del modelo, la diferencia entre el límite superior y el ingreso total máximo disminuyó cuando el nivel inicial del inventario aumentó. La asignación óptima del inventario y el precio óptimo en cada período se obtuvieron cuando el precio aumentó durante los dos primeros períodos y luego disminuyó.

Además, Olsson & Tydesjo (2009), en su trabajo “Problemas de inventario con artículos perecederos: tiempos de vida fijos y retrasos” suponen que la política de reposición es una política (S-1, S); en este caso específico significa que cada vez que una unidad perece o llega un cliente, se le ordena inmediatamente al proveedor. Dado que las unidades son monitoreadas continuamente. Se considera que la demanda que no se puede satisfacer pasa a ser pedido pendiente. Algunas características del modelo son que el plazo de reposición del proveedor externo es constante, que la duración del producto también es constante y que el envejecimiento del producto se da cuando se realiza el pedido. Los autores consideran tres casos diferentes en los que los requerimientos de servicio están representados por: 1. coste por unidad de servicio, 2. una restricción de nivel de servicio, 3. costos por unidad y unidad de tiempo. Casos 1 y 2 se resuelven exactamente, mientras que se desarrolla una aproximación para el caso 3. Se muestra cómo los resultados de un documento anterior suponiendo la pérdida de ventas se puede utilizar para resolver los problemas considerados. Los resultados se comparan con los resultados en un artículo relacionado considerando la política (Q, r).

Así mismo Andrian Nur Ramadhan et al. (2012). desarrollan un estudio en Roemah Keboen una empresa dedicada a la industria de restaurantes que debido a que el chef ejecutivo tiene la responsabilidad de determinar la cantidad de materiales ordenados y la programación de los pedidos de una manera subjetiva lo que generaba que el número de materiales desperdiciados fuera de un nivel muy alto. Por lo tanto, desarrollaron un estudio para encontrar una política adecuada para mejorar la gestión de inventario para Roemah Keboen basándose en una política de revisión periódica y una política de revisión continua. La mejor política seleccionada después de calcular el costo total de cada una; considerado también su costo de ventas obsoleto y perdido para así reducir el número de materiales del costo total que se gasta. Se utilizaron bases teóricas para analizar los datos, evaluar el problema, y dar las soluciones y recomendaciones a la empresa para resolver

sus problemas. Cabe resaltar que Andrian Nur Ramadhan et al. (2012) para resolver el problema, proponen que Roemah Keboen aplique una política de revisión periódica con muchos períodos de revisión y una política de revisión continua ya que se concluyó que el costo total de esta política es más barato que el del sistema existente. Con la política de revisión continua, Roemah Keboen puede reducir su costo hasta un 12%. También recomendaron determinar el costo, el tiempo para ordenar y actualizar las estadísticas de sus ventas para que la empresa se pueda anticipar de una mejor manera.

Como se ha visto los productos perecederos en general suelen tener una vida útil fija establecida por una fecha de uso o fecha de caducidad. A pesar de su tiempo de vida limitado, los pedidos en la práctica suelen basarse en el nivel de inventario independientemente de las edades de los productos que hay en este. Y así Rene Haijema. (2014) determinó que la gestión de los inventarios de estos productos puede mejorarse mediante la aplicación de políticas de ordenamiento, emisión y eliminación dependientes de la población, la cual se desarrolla un modelo de Programación Dinámica Estocástica (SDP) que optimiza al mismo tiempo la ordenación y la decisión de eliminación en las últimas cifras los porcentajes de escasez promediados son más altos bajo LIFO que bajo la emisión FIFO, pero la emisión de LIFO resulta en una duplicación de los residuos y la escasez son alrededor de 1,5 veces más altas. Por lo tanto, la emisión óptima (BON) reduce en gran medida los costos diarios medios: un 44,7% para el caso base y un 42,9% para todos los experimentos.

Normalmente para artículos perecederos consideran un sistema que opera bajo la política $(S-1, S)$ con ventas perdidas, demanda de Poisson, costos desactualizados, costos de compra y costos de mantenimiento del período. Pero Anwar Mahmoodi et al. (2014) en este estudio introducen una nueva política de control de inventario llamada $(1, T)$, en la que el intervalo de tiempo entre dos órdenes consecutivas y el valor del tamaño del pedido son constantes, para productos no perecederos. Dado que el análisis de la convexidad del modelo es extremadamente complicado, se presenta un algoritmo de búsqueda para obtener la solución óptima. Para los valores fijos de los parámetros del sistema, existe un valor fijo del plazo para el cual la política $(1, T)$ es mejor que la política $(S-1, S)$. Además, a medida que aumenta el tiempo de espera, esta superioridad es más pronunciada. Además, se observó que el $(1, T)$ es independiente del tiempo de avance.

Por otra parte, Duan et al. (2012), Presentan modelos de inventario para artículos perecederos con una tasa de demanda dependiente del nivel de inventario, también se estudian modelos con y sin atraso, en los primeros, se supone que la tasa de atraso depende del tiempo de espera y la cantidad de productos que ya se han acumulado simultáneamente, y, en el modelo sin atraso, se supone que el stock restante al final del ciclo de inventario se elimina con el valor de salvamento. Los

autores investigaron las condiciones necesarias y suficientes para la existencia y singularidad de la solución óptima de estos modelos. Los modelos en este documento se pueden aplicar para determinar la política de inventario óptima en situaciones tales como supermercados, panaderías, tiendas estacionarias y artículos de lujo que pueden exhibir las características aquí modeladas.

Pérez Mantilla F. (2014), lleva a cabo una revisión de las principales características estudiadas por la comunidad científica en el desarrollo de modelos matemáticos que buscan definir una política de inventario óptima para productos que se deterioran. De este modo, se referencian 390 artículos publicados a partir del año 2001 en revistas de gran impacto, teniendo en cuenta: el tipo de demanda y deterioro representado en los modelos matemáticos, el estudio de una política de precio óptima, la inclusión de faltantes y/o valor del dinero en el tiempo, el estudio de múltiples productos y/o dos o más eslabones de la cadena de suministro, y la utilización de parámetros o variables difusas. Es notoria la cantidad de modelos desarrollados asumiendo una demanda determinista en lugar de una demanda incierta. No obstante, un análisis más detallado sobre modelos de inventarios que incluyen una demanda determinista revela que las estrategias habituales de los sistemas empresariales para influenciar la demanda escasamente han sido incluidas. Ahora bien, una revisión de características distintivas en los sistemas de inventario, diferentes al de la demanda y del deterioro, revela que varias de estas se encuentran muy bien representadas en la actual literatura, mientras que otras han sido muy poco estudiadas; Sin embargo, aún hay oportunidades de investigación dentro de cada una de las características discutidas. Por ejemplo, aunque la inclusión de faltantes ha sido ampliamente abordada en modelos de inventario para productos perecederos, y se ha puesto considerable atención en estudios de sistemas con formación de colas, el supuesto de que los clientes durante los periodos de faltantes persisten en su requerimiento de una manera aleatoria introduce una alternativa natural para los modelos en donde los faltantes se consideran como ventas pérdidas o se satisfacen totalmente o parcialmente con la llegada de nuevos pedidos.

Además, los autores Linh N.K. Duong et al. (2015) determinaron que los productos perecederos representan un área vital en la industria minorista y en nuestra vida cotidiana. Sin embargo, la corta duración de los productos perecederos plantea desafíos como la gestión de inventario (por ejemplo, un tercio de los productos alimenticios se desperdicia). Por lo que los proveedores deben mantener el nivel de inventario en un punto de equilibrio para satisfacer la alta demanda y evitar el desperdicio de productos perecederos. Para lo cual se propone el uso de enfoque multi-métrico, incluyendo la tasa de desviación de la tarifa de pedido, el inventario promedio, la tasa de llenado, tiempo de entrega positivo, nivel de servicio al cliente, y cada artículo se trata por separado. El modelo propuesto apoya el análisis de las

relaciones entre los factores de entrada tales como vida, tiempo de sustitución para proporcionar una mejor comprensión de la gestión de inventarios en el modelo de múltiples escalas para productos perecederos y productos sustituibles. Ayuda a los gerentes a entender mejor el desempeño del sistema de inventario.

Kouki et al. (2015), consideran un sistema de control de inventario para ítems perecederos el cual opera bajo demanda estocástica, también consideraron que el tiempo de vida es constante al igual que el tiempo de entrega. Utilizaron la política de control de inventario de revisión continua (r, Q) , donde las demandas no satisfechas se convierten en ventas perdidas. Realizaron un análisis numérico para examinar el rendimiento del modelo propuesto y estudiar la sensibilidad a los cambios en los parámetros del sistema. Demostraron la idoneidad de las aproximaciones propuestas en comparación con los parámetros óptimos (r, Q) obtenidos por simulación y demostraron que la propuesta supera a otro procedimiento de aproximación de la literatura. El modelo propuesto contribuye a la literatura proporcionando un algoritmo simple y eficiente para calcular los parámetros (r, Q) que minimizan el costo total. Además, se puede utilizar en sistemas automatizados de pedido de tiendas.

Por su parte, Afshar-Nadjafi (2016), analiza un sistema de inventario de un solo período con un anuncio de venta de artículos perecederos. En esta configuración del problema, el producto perecedero tiene una fecha de vencimiento determinista y una demanda con un comportamiento probabilístico durante el período. El autor desarrolla dos modelos para obtener la cantidad óptima de pedido del producto y el momento óptimo para el anuncio de venta. El primer modelo considera un comportamiento estático dependiente del precio del cliente e independiente de la fecha de caducidad de los productos, mientras que en el segundo modelo se supone que la tasa de demanda de productos después del anuncio de venta es una función creciente de su vida útil restante. Con el fin de obtener una solución de forma cerrada, se consideraron dos casos especiales con respecto a la distribución de probabilidad de la demanda después del anuncio de venta. Los modelos propuestos fueron especializados para distribuciones uniformes y exponenciales, y se presentó un enfoque de solución para optimizarlos. La aplicación de los modelos propuestos en ejemplos numéricos mostró que los dos modelos propuestos resultan en un ingreso total promedio más alto que el modelo básico.

De otra manera en el trabajo de Kouki et al. (2016) consideran una política de revisión continua para coordinar la reposición de múltiples ítems perecederos con tiempo de vida aleatorios. El sistema es modelado como un proceso Markov, que permite derivar la expresión exacta del costo total esperado. Luego, se propone una solución heurística y se analiza el impacto que tienen los perecederos en el rendimiento del sistema. Los resultados obtenidos por los autores arrojan que primero es necesario coordinar las reposiciones de productos perecederos, en

particular para los artículos con una vida útil corta. Segundo, que se debe invertir en la mejora de las condiciones de almacenamiento de artículos perecederos con una vida útil corta da como resultado un mejor desempeño de la política de control de inventario considerada. Y por último que el costo total esperado de la política de orden de compra es siempre impulsado por artículos que tienen mayores tasas de demanda.

Finalmente, al entrar en cualquier tienda de comestibles, es común encontrar un pasillo lleno de decenas de productos repartidas en gran variedad de marcas, lo que lleva a pensar que, al parecer, hoy en día, los supermercados están saturando sus estantes con una gama cada vez mayor de productos en diferentes marcas, tamaños, colores, sabores y precios. Por lo tanto, Mehmet Önal et al. (2016). determinó que el hecho es que las empresas están siguiendo la ruta 'más es mejor' aumentando el número de alternativas que ofrecen dentro de sus marcas. La bandera amarilla aquí es que una cartera de productos más amplia generalmente aumenta los desafíos estratégicos que enfrentan los gerentes como lo son administración de espacio en estanterías, administración de inventario y precios; En un mercado competitivo, los precios de los bienes son un factor que afecta al proceso de toma de decisiones de un cliente. Generalmente, un precio reducido alienta a un cliente a comprar más. Las decisiones sobre el surtido de productos, la fijación de precios y la asignación de estantes son particularmente importantes cuando los artículos son perecederos, porque es más deseable tener mayores tasas de demanda de artículos perecederos por su corto ciclo de vida. Los autores desarrollaron un modelo de programación no lineal entera mixta para este problema. Luego proponen un algoritmo heurístico basado en la búsqueda Tabú. Validaron el enfoque propuesto a través de varios ejemplos numéricos, lo que demuestra que este enfoque es bastante eficaz para encontrar soluciones de buena calidad en un tiempo razonable. También realizaron un análisis de sensibilidad para determinar los efectos de las capacidades, las dependencias cruzadas y las vidas de anaquel en el surtido óptimo y el beneficio total.

Después de la revisión de la literatura que se hizo con el fin de direccionar la investigación hacia lo que se pretende hacer, se tomaran como referencia los siguientes artículos:

- Control de inventario de productos perecederos en supermercados, Van Donselaar et al. (2005).
- Decisiones conjuntas de asignación de inventario y fijación de precios para productos perecederos, Ek Peng Chew et al. (2008),
- Problemas de inventario con artículos perecederos: tiempos de vida fijos y retraso acumulado, Olsson & Tydesjo (2009).

Puesto que estos artículos han realizado aportes importantes al área de gestión y control de inventarios para artículos perecederos.

4.2 MARCO TEÓRICO

4.2.1 Inventario

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. Los inventarios comprenden, además de las materias primas, productos en proceso, productos terminados o mercancías, materiales, repuestos y accesorios para ser consumidos en la producción de bienes fabricados, empaques, envases e inventarios en tránsito.

4.2.2 Gestión de inventarios

La gestión de inventarios busca establecer relaciones duraderas con los proveedores para evitar el desabastecimiento y poder afrontar la demanda. Cabe mencionar que, así como se busca afrontar la variabilidad de la demanda la gestión de inventarios trata también de minimizar los costos. Esto se puede lograr mediante una rotación adecuada de las existencias usando la menor inversión posible.

4.2.3 Tipos de inventarios

Para llevar a cabo una adecuada gestión de los inventarios, y para poder aplicar métodos cuantitativos científicos en una gestión de inventarios. Se necesita conocer las características de los ítems almacenados. A continuación, se mencionará la clasificación que suelen ser útiles en la gestión de inventarios.

4.2.3.1 Por su grado de Transformación

- Inventarios de Materia prima

Toda empresa que su actividad es industrial, dispone de varios artículos y materiales conocidos como Materias Primas que al ser sometidas a procesos se

obtiene un artículo terminado o acabado. Por lo que podemos definir que la Materia Prima es aquel o aquellos artículos sometidos a un proceso de fabricación que al final se convertirá en un producto terminado.

- Inventarios de Producción en Proceso

Todo artículo o elementos que se utilizan en un proceso de producción se los define como Inventario de productos en proceso que tienen como característica que va aumentando su valor con cada proceso de transformación hasta convertirse en producto terminado.

- Inventarios de Productos Terminados

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

- Inventarios de Materiales y Suministros

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

Artículos de consumo que son destinados en la operación de la industria.

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

4.2.3.2 Por su Categoría Funcional

- Inventario de Ciclo o periódico

Este inventario es generalmente utilizado por empresas pequeñas y medianas, tiene como característica especial que para saber a una fecha determinada cual es el inventario, se debe hacer un conteo físico y valorarle.

- Inventario de Seguridad

La incertidumbre en la demanda u oferta de unidades hace que exista un inventario de seguridad que es almacenado en un sitio adecuado de la empresa. Generalmente los inventarios de seguridad de materias primas protegen contra la incertidumbre que pueden provocar los proveedores debido a factores como huelgas, vacaciones, unidades de mala calidad, entre otras. En lo relacionado a la

demanda sirven para prevenir faltantes provocadas por fluctuaciones inciertas de la demanda.

- Inventarios estacionales

Son inventarios utilizados para cubrir la demanda estacional y también se utilizan para suavizar el nivel de producción.

4.2.4 Manejo de Inventarios

Permitirá a la empresa prestar un mejor servicio a los clientes, tener un mayor control de inventario de las operaciones, mejorar la efectividad de la administración, y otras ventajas relacionadas con los costos y la calidad de la operación. Este manejo contable permitirá a la empresa mantener el control oportuno, así como también conocer al final del periodo contable un estado confiable de la situación económica de la empresa

4.2.5 Costos de los inventarios

- Costos de almacenamiento

Se refiere a todos los costos que se generan por almacenar los stocks como por ejemplo los costos de instalaciones de almacenamiento, los seguros, el transporte, las rupturas y los costos de oportunidad. Si se tienen costos de almacenamiento altos se debe de tener niveles de inventarios bajas y realizar un frecuente reabastecimiento para que no perjudique a la empresa.

- Costos de pedido

Se tiene que tener en cuenta que para la compra de un material se debe de emitir ciertas facturas, además transacciones para pagar al proveedor, revisar dichos artículos para luego entregarlos al almacén o área productiva. Es decir, se refiere a todos los costos administrativos que se tienen que tener en cuenta al momento de preparar el pedido o la orden de producción.

- Costos de ruptura de stock

Cuando se agota determinado producto en el almacén conlleva a que exista una pérdida de venta o un retraso en la orden de compra a este tipo de costo se le denomina costo de ruptura de stock.

4.2.6 Clasificación ABC

El ABC de los inventarios consiste en estructurar o clasificar los productos en tres categorías denominadas A, B y C; apoyándose en el principio según el cual, generalmente, los productos siguen una distribución parecida a la realizada por Pareto con las rentas de los individuos. Dicho argumento es: alrededor del 20% del número de artículos en stock representan cerca del 80% del valor total de ese inventario.

Artículos A:

De alto valor: aquellos artículos, cuyo valor representa entre el 70% al 80% del valor total del inventario. Estos constituyen por lo general del 15 al 20 % de los artículos.

Artículos B:

De valor medio: una gran cantidad en la parte media de la lista: usualmente, alrededor del 30% al 40 % cuyo valor total de inventario es casi despreciable, representando solo del 5 al 10 % del valor de los artículos.

Artículos C:

De bajo valor: la mayoría de los artículos, normalmente del 60 al 70 % del valor de los artículos.

4.2.7 Stock de seguridad

Es el volumen de existencias que tenemos en almacén por encima de lo que normalmente vamos a necesitar, para hacer frente a las fluctuaciones en exceso de demanda, y/o a retrasos imprevistos en la recepción de pedido.

4.2.8 Logística

Planificación, organización y control del conjunto de las actividades de movimiento y almacenamiento que facilitan el flujo de materiales y productos desde la fuente al consumo, para satisfacer la demanda al menor costo, incluidos los flujos de información y control.

4.2.9 Factores esenciales de la logística

- Estudio del coste asociado con el movimiento de los materiales y productos y el flujo de información desde los proveedores a través de la empresa hasta los clientes.
- Mejor competitividad debido a la mayor eficiencia en el flujo de materiales de información
- Cobertura de un mercado geográficamente más extenso.
- Incorporación de nuevas tecnologías en la mantenimiento, transporte y conservación de los productos.

4.2.10 Requerimiento de Materiales (MRP)

Sistema que ayuda a saber cuánto, cuándo y qué producto es necesitado, además toma en consideración la producción y el tiempo de entrega del producto hacia atrás, permitiendo así que exista en la empresa la planificación de las existencias y la planificación de la producción.

4.2.11 Recepción de materiales

Es un procedimiento de verificación de los materiales que reciben de los proveedores, en conformidad con los requisitos de compras establecidos en cuanto a cantidad, especificaciones y normas de calidad. La unidad de compras, verifica si las cantidades están correctas realiza junto con control de calidad, la inspección para comparar el material con las especificaciones determinadas en el pedido de compras. Esto se denomina inspección de calidad en la recepción de material.

4.2.12 Almacenamiento

Implica la identificación, ubicación o disposición, así como la custodia de todos los artículos del almacén, cumpliendo con los requisitos exigibles al material, para mantenerlo en condiciones adecuadas hasta el momento en que sea retirado para el uso. Las instalaciones, equipos y técnicas para el almacenamiento varían mucho según la naturaleza de los materiales que se va a manejar. Las características del material como tamaño, peso, durabilidad, tiempo en estantería y tamaño de los lotes son factores a tomar en cuenta para el diseño de un sistema de almacenamiento.

4.2.13 Diseño de un sistema de inventario

En función de estos objetivos los pasos generales a seguir para el diseño de un almacén que satisfaga estos objetivos los podemos reseñar como una cadena de actividades que buscan marcar la productividad del sistema general, tal como sigue a continuación:

- Ubicación en el almacén: El almacén debe ser ubicado de tal manera que los costos de movimientos de materiales sean mínimos hasta los usuarios.
- Elecciones de equipos de almacenamientos: Se refiere al tipo de equipo que se va a utilizar para la colocación de los materiales, tales como tarimas, plataformas, cajones, perchas, estantes, mesas, etc.
- Elección de equipos de traslado: Seleccionar tipo de equipo que se va a utilizar para el manejo, tales como: carretillas, elevadores, montacargas, etc. Esta decisión es una decisión de costos basada en la frecuencia de los movimientos y ciclicidad.
- Clasificación y catalogación: Es la identificación de los productos por grupo, subgrupo, clase, subclase, así como de las instalaciones y áreas en cuestión, con fines de registro y sistema localizador.
- Distribución de materiales en el almacén: Se refiere a la distribución de los bienes dentro del almacén de tal manera de facilitar su acceso. Esta distribución dependerá de la frecuencia de su uso, peso, tamaño, volumen.
- Diseñar el sistema de reposición, consistirá en la garantía que las demandas de productos sean cubiertas con oportunidad al menor costo posible. Es posible que se quiera ganar confiabilidad en el sistema aumentando los niveles de inventarios, pero necesariamente aumentará los costos asociados.
- Diseñar el sistema de calidad en el almacén.
- Observar normas de seguridad, orden y limpieza. El peso de materiales y equipos almacenados, disposición de pasillos, alturas de techo, temperatura e iluminación adecuada, no mezclar clases diferentes de productos.
- Separar e identificar materiales reservados para proyectos especiales, para devolución, en reclamos, etc.

4.2.14 Propósitos de los inventarios

Los inventarios representan uno de los activos más importante de una empresa y desempeñan múltiples funciones en el mercadeo, promoción, distribución y producción.

“La función primordial de los inventarios es que permiten desglosar o separar las actividades de producción, comercialización y distribución por esta razón se hace necesario establecer propósitos consistentes de la existencia de estos”. Dentro de los principales propósitos se encuentran los siguientes:

- Mantener las independencias de las operaciones. Si existe un suministro de materiales en un centro de trabajo, este centro tiene flexibilidad para operar.
- Satisfacer las variaciones en la demanda de productos.
- Permitir flexibilidad en los programas de producción.
- Proporcionar un margen de seguridad para variaciones en la entrega de materia primas.
- Aprovechar el tamaño económico de pedido.

4.2.15 Demanda

Para el estudio de los inventarios y la determinación de los sistemas de inventario para una determinada organización es necesario conocer el comportamiento de los artículos o bienes, pues de este comportamiento se definirá el tipo de modelo a aplicar para estimar los niveles de inventarios que desde el punto de vista económico son los óptimos. Desde el punto de vista del consumidor la demanda es la cantidad de bienes y servicios que los consumidores están dispuestos a comprar a los posibles precios del mercado.

4.3 MARCO CONCEPTUAL

Para realizar el diseño de un modelo de control de inventario que sea acorde a la empresa caso de estudio se debe realizar clasificación ABC multicriterio, análisis del comportamiento de la demanda teniendo en cuenta los datos históricos de las ventas, sistemas de pronósticos de la demanda y sistemas de control de inventario.

4.3.1 Gestión de inventarios

La gestión de inventarios es la administración de materias primas, producto en proceso o producto terminado para posteriormente ser comercializado por parte de la empresa.

“Los directores de operaciones de todo el mundo han reconocido ya hace tiempo que la gestión del inventario es crucial.” Jay Heizer y Barry Render (2008). Es por esto que las empresas deben buscar el equilibrio entre servicio al cliente y la inversión en el inventario.

4.3.2 Clasificación ABC

Este método permite clasificar los ítems de la empresa en categorías (A, B o C) en base al porcentaje de participación anual de cada ítem (valor de las ventas o la demanda) en el total de las ventas de la empresa.

“La clasificación ABC de ítems es una herramienta de gestión muy poderosa para la administración de los inventarios. El sistema de pronósticos, como herramienta fundamental para este control, debe por lo tanto estar alineado con dicha clasificación.” VIDAL (2010). En la tabla 3 se muestran las políticas y métodos de control que mejor se adaptan a cada una de las categorías de la clasificación ABC.

Tabla 3 Control de inventarios y sistemas de pronósticos de acuerdo con la clasificación ABC

CARACTERÍSTICAS	POLÍTICAS DE CONTROL	MÉTODOS DE CONTROL
<ul style="list-style-type: none"> • Ítems clase A (los más importantes) • Relativamente pocos ítems • El mayor porcentaje del volumen de ventas (en \$) 	<ul style="list-style-type: none"> • Control estricto con supervisión personal • Comunicación directa con la administración y los proveedores • Aproximación a <i>JIT</i> e inventario balanceado • Cubrimiento de existencias entre 1 y 4 semanas 	<ul style="list-style-type: none"> • Monitoreo frecuente o continuo • Registros precisos • Pronósticos con suavización exponencial doble • Políticas basadas en el nivel de servicio al cliente
<ul style="list-style-type: none"> • Ítems clase B • Ítems importantes • Volumen de ventas (en \$) considerable 	<ul style="list-style-type: none"> • Control clásico de inventarios • Administración por excepción • Cubrimiento de existencias entre 2 y 8 semanas 	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema de control computarizado clásico • Pronósticos con suavización exponencial simple • Reporte por excepciones
<ul style="list-style-type: none"> • Ítems clase C • Muchos ítems • Bajo volumen de ventas (en \$), pocos movimientos o ítems de muy bajo valor unitario 	<ul style="list-style-type: none"> • Supervisión mínima • Pedidos bajo orden • Tamaños de orden grandes • Políticas de cero o de alto inventario de seguridad • Cubrimiento de existencias entre 3 y 20 semanas 	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema de control simple • Promedio móvil (aceptar el pronóstico) • Evitar agotados y exceso de inventario • Larga frecuencia de órdenes • Sistema automático

Fuente. Vidal, C. J. (2010), Fundamentos de control y gestión de inventarios.

4.3.3 Clasificación ABC multicriterio:

La clasificación ABC multicriterio incluye dos o más criterios a los cuales se les asignan pesos o ponderaciones, esta clasificación es útil cuando se requiere diferenciar los ítems de una empresa de manera más efectiva.

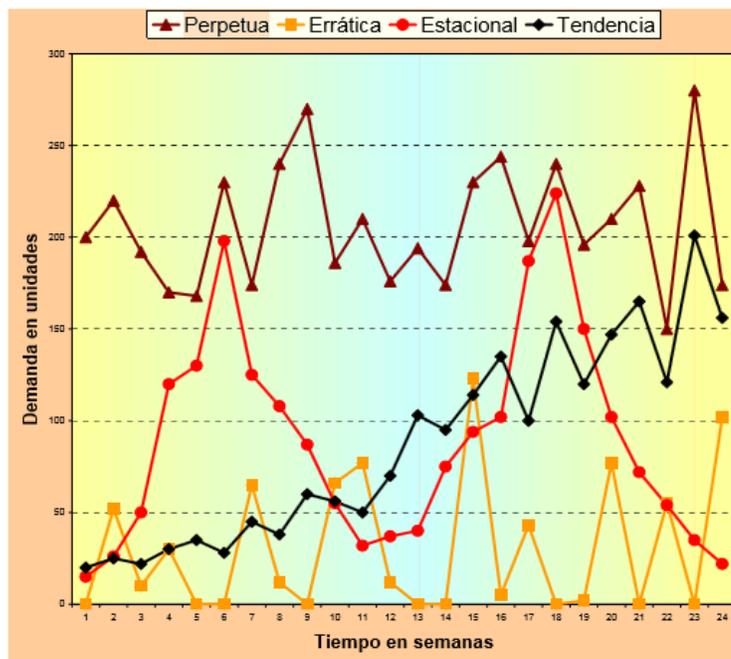
La selección de los criterios y la asignación de pesos es una etapa crítica en este proceso de clasificación. Una asignación incorrecta de los pesos puede hacer incluso que alguno de los criterios incluidos en el análisis no tenga ningún efecto en el resultado final. Castro et al., (2011)

4.3.4 Análisis de datos históricos y patrones de demanda

El análisis de los datos históricos mediante gráficos es fundamental para conocer el comportamiento o patrón que tiene la demanda, esto será de gran ayuda a la hora de elegir el método de pronósticos que se adecue más a esta.

En la siguiente figura se muestran los diversos tipos de demanda:

Ilustración 2 Diversos tipos de demanda.



Fuente. Vidal, C. J. (2010), Fundamentos de control y gestión de inventarios.

4.3.5 Sistemas de pronósticos

El análisis de los datos históricos y la identificación del patrón de la demanda de los ítems de las diferentes clases, son primordiales a la hora de elegir el sistema de pronóstico adecuado.

Según Vidal (2010) “los pronósticos de demanda siempre estarán errados.” Lo que es verdad debido a que mediante los pronósticos de demanda se anticipa el comportamiento que esta tendrá en el futuro. Después de la simulación de los pronósticos pertinentes se debe elegir aquel pronóstico que arroje el menor error.

En la tabla 4 se recomienda que sistemas de pronóstico utilizar de acuerdo al patrón de la demanda observado:

Tabla 4 Los sistemas de pronósticos y el patrón de demanda observado.

PATRÓN DE DEMANDA OBSERVADO	SISTEMA DE PRONÓSTICO RECOMENDADO
Perpetua, estable o uniforme	Promedio móvil o suavización exponencial simple
Con tendencia creciente o decreciente	Regresión lineal simple o suavización exponencial doble
Estacional o periódica	Modelos periódicos de Winters
Demandas altamente correlacionadas	Métodos integrados de promedios móviles auto-regresivos (ARIMA)
Errática (Por ejemplo, en ítems clase A de bajo movimiento)	Pronóstico combinado de tiempo entre la ocurrencia de demandas consecutivas y la magnitud de las transacciones individuales (Método de Croston y relacionados)

Fuente. Vidal, C. J. (2010), Fundamentos de control y gestión de inventarios.

4.3.5.1 Sistemas de pronósticos para demanda estacional

Algunos productos se caracterizan por tener demanda estacional o por temporadas, es decir la demanda de estos productos crece significativamente en ciertos periodos de tiempo, mientras que en los otros se comporta aproximadamente uniforme.

4.3.6 Sistemas de control de inventarios

Existen tres preguntas claves que se deben responder en cualquier sistema de control de inventario:

¿Con qué frecuencia debe revisarse el nivel de inventario?

¿Cuándo debe ordenarse?

¿Qué cantidad debe ordenarse en cada pedido?

Los sistemas de inventario clásicos que no consideran la antigüedad de los productos no son adecuados para productos perecederos, debido a que los sistemas de inventario perecederos requieren enfoques diferentes. Tekin, Gürler y Berk, (2001).

En la tabla 5 se exponen los tipos de sistemas de inventarios, se hace la comparación entre el sistema de revisión continua y el sistema de revisión periódica.

Tabla 5 Comparación entre los sistemas de revisión continua y los de revisión periódica

REVISIÓN CONTINUA	REVISIÓN PERIÓDICA
<ul style="list-style-type: none"> • Es muy difícil en la práctica coordinar diversos ítems en forma simultánea. 	<ul style="list-style-type: none"> • Permite coordinar diversos ítems en forma simultánea, lográndose así economías de escala significativas, por ejemplo cuando se le compran al mismo proveedor.
<ul style="list-style-type: none"> • La carga laboral es poco predecible, ya que no se sabe exactamente el instante en que debe ordenarse. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se puede predecir la carga laboral con anticipación a la realización de un pedido, ya que se sabe cuándo va a ocurrir.
<ul style="list-style-type: none"> • La revisión es más costosa que en el sistema periódico, especialmente para ítems de alto movimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> • La revisión es menos costosa que en la revisión continua, ya que en general es menos frecuente.
<ul style="list-style-type: none"> • Para ítems de bajo movimiento, el costo de revisión es muy bajo, pero el riesgo de información sobre pérdidas y daños es mayor. 	<ul style="list-style-type: none"> • Para ítems de bajo movimiento, el costo de revisión es muy alto, pero existe menos riesgo de falta de información sobre pérdidas y daños.
<ul style="list-style-type: none"> • 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). 	<ul style="list-style-type: none"> • 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, C. J. (2010), Fundamentos de control y gestión de inventarios.

4.3.7 Gestión de inventarios para productos perecederos

Según Vidal (2010), Un tema clave en el control de inventarios es el control de ítems perecederos, ya que pueden llegar a un alto grado de obsolescencia en tiempos relativamente cortos.

Esto representa un desafío para las distribuidoras y comercializadoras de productos hortofrutícolas debido a las condiciones especiales de almacenamiento y transporte que muchos de estos productos requieren para así conservarse en buen estado, es decir en el estado de calidad que el cliente demanda.

5 DIAGNÓSTICO SISTEMA ACTUAL

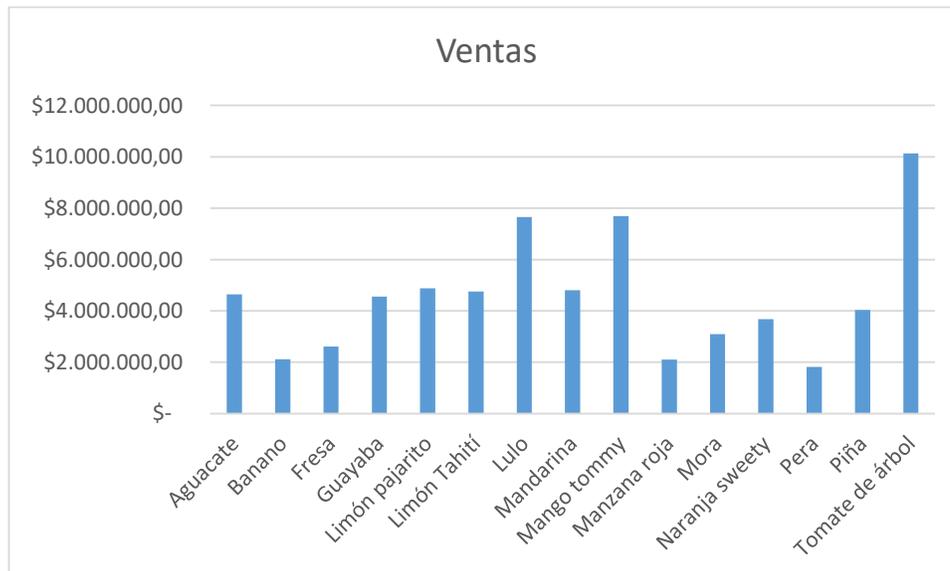
5.1 LA EMPRESA

La empresa objeto de estudio está ubicada en el municipio de La Victoria, Valle del Cauca, esta empresa centra su actividad comercial en la distribución y comercialización de bienes de consumo tales como granos, implementos de aseo tanto personal como para el hogar, cárnicos, verduras y frutas; siendo las frutas el motivo de esta investigación. La empresa inicio sus actividades siendo una pequeña tienda, la cual vendía sus productos a una reducida cantidad de clientes y con cantidades de productos limitadas, al pasar de los años se consolidó como uno de los supermercados más reconocidos en dicho municipio y desde entonces, año tras año ha ido ampliando el número de clientes y ha logrado conseguir la estabilidad con la que se le conoce hoy en día en el sector.

La participación de las frutas en el total de las ventas no es posible calcularla debido a cuestiones de privacidad de la empresa, puesto que el dueño solo autorizó la utilización de la información relacionada con las frutas. Esta es una limitación que nos impide ver el impacto de las frutas en las ventas totales del supermercado.

El nivel de ventas de las frutas se muestra en la ilustración 3, realizada con los datos de ventas suministrados por el dueño de la empresa.

Ilustración 3 Nivel de ventas en el periodo de estudio



Fuente. Los autores (2018)

Como se evidencia en la ilustración 3 los ítems perecederos que se estudian en este trabajo son 15, la información acerca de estos se amplía en el siguiente punto, Portafolio de productos.

5.1 PORTAFOLIO DE PRODUCTOS

En la empresa caso de estudio se comercializan frutas tales como se muestra en la Tabla 6:

Tabla 6 Portafolio de productos de la empresa caso de estudio.

PRODUCTOS			
Aguacate	Banano	Fresa	Guayaba
Limón Pajarito	Limón Tahití	Lulo	Mandarina
Mango Tommy	Manzana Roja	Mora	Naranja Sweety
Pera	Piña	Tomate de árbol	

Fuente. Los autores, 2018.

En las regiones de clima templado la mayor parte de la producción de frutas y hortalizas es estacional, a diferencia de las de clima tropical y subtropical, en donde el período de cultivo es más amplio y la cosecha se distribuye en el tiempo. (Manual Para la Preparación y Venta de Frutas y Hortalizas Del campo al mercado, FAO, 2003). “Las ventajas de Colombia son envidiables. El potencial productivo de este país es muy promisorio por la amplia disponibilidad de tierras con vocación agrícola, espacio para mejorar la productividad y el manejo postcosecha de los alimentos, oferta de recursos naturales como agua y biodiversidad, condiciones climáticas tropicales que permiten la producción de alimentos durante todo el año.” Fondo para el Financiamiento del Sector Agropecuario – FINAGRO (2013).

5.2 GENERALIDADES

En el almacenamiento de productos perecederos, en este caso frutas, se debe prestar especial atención a las propiedades intrínsecas de cada ítem, puesto que estas varían entre sí, lo que a su vez genera condiciones de almacenamiento diferentes en algunos casos.

En la empresa caso de estudio la revisión de los productos perecederos es realizada una vez al día cuando se cuenta con el tiempo disponible para hacerlo, la revisión diaria en ocasiones no se puede realizar debido a las otras actividades que se realizan día a día en el supermercado. La decisión de revisar diariamente las frutas se tomó en base a la experiencia, dado que “una fruta muy madura puede acelerar la maduración de las otras.” Dueño del supermercado caso de estudio, añade que

la revisión diaria tiene el propósito de detectar de manera oportuna las frutas que están en etapa de sobremaduración y retirarlas de las estanterías.

En este tipo de pequeñas y medianas empresas es usual encontrarse con promociones de este tipo de productos, con el fin de recuperar el valor de salvamento, otra de las actividades que realizan para esto, es la de preparar pulpas de frutas, sin embargo, la empresa caso de estudio presenta pérdida de dinero por productos que no son aptos para ninguna de las actividades mencionadas.

Lo que hace especial el almacenamiento de ítems perecederos es que las características propias de las frutas influyen en el mismo, a lo largo de este capítulo se mostraran cuáles son.

El objetivo según Rivas, E. et al. (2005) debe ser “Evitar que los productos sufran deterioros, averías o vencimientos por la inadecuada manipulación dentro de las instalaciones de las empresas distribuidoras.”

“Para dar un buen manejo a las frutas después de la cosecha, debe considerarse el hecho que estos productos son orgánicos o estructuras vivas y que no solo se encuentran vivas cuando se hallan unidas a la planta, sino que después de la cosecha, continúan estándolo y siguen desarrollando los sistemas fisiológicos que operaban durante su etapa de crecimiento en la planta, como son la respiración y la transpiración, principalmente.” Pinto M., Modulo manejo de cosecha y postcosecha de las frutas, CORPOICA.

5.2.1 FISIOLÓGÍA DE LA FRUTA

“Para muchos tipos de productos perecederos, la calidad evaluada por el consumidor disminuye gradualmente a medida que los artículos envejecen.” Gregory Dobson et al. (2017), y en las frutas se observa este tipo de comportamiento, puesto que el cliente prefiere frutas frescas, de apariencia saludable a frutas que tengan partes mallugadas.

Según Contreras Juárez A. et al. (2016) “Los alimentos perecederos requieren de un especial cuidado que asegure la prolongación de su vida útil, garantizando su disponibilidad a través del adecuado almacenamiento.”

El cambio de apariencia en estos productos se debe a que después de cosechadas, las frutas se exponen constantemente a cambios en sus propiedades estructurales, bioquímicas y a otra serie de fenómenos fisiológicos, que se deben tener en cuenta para alargar el ciclo de vida de las frutas postcosecha y durante el almacenamiento.

Por otro lado, Angón-Galván Pedro et al. (2006) asegura que “La cosecha de las frutas en el estado de madurez apropiado es un factor de primera importancia debido a que de él depende la duración en almacenamiento del fruto, así como la calidad del producto final y la aceptación por parte del consumidor.” Por lo que se evidencia que la gestión y control de inventario es solo un paso para la conservación de las frutas, en futuros trabajos se puede abordar la cadena de suministros de las frutas en todos los eslabones involucrados para garantizar que las características y el ciclo de vida de las frutas mejoren. Los mismos autores hablan acerca del concepto de la calidad en la actualidad y lo hacen citando otro artículo “El concepto de calidad ha ido evolucionando a lo largo del tiempo, al principio la percepción de la calidad era diferente según el interés particular de cada uno de los agentes que intervenían en el proceso de producción (productor, consumidor, comerciante). Sin embargo, cada vez hay más visión entre los sectores implicados ya que todos ellos tienden a acercar sus criterios hacia los que impone el consumidor, en los que el estado de madurez de la fruta juega un factor importante. Vallejo, (1990).”

Respiración

Las frutas al igual que todos los seres vivos necesitan suministro de energía continuamente, la respiración tiene como fin este suministro para así llevar a cabo los procesos metabólicos. Cabe mencionar que la respiración varía entre especies y entre el grado de maduración que presente la fruta.

“El proceso respiratorio ocurre a expensas de las sustancias de reserva (azúcares, almidones, etc.) las que son oxidadas, con el consiguiente consumo de oxígeno (O₂) y producción de dióxido de carbono (CO₂). Adicionalmente, la respiración genera calor (calor vital) que al ser liberado al medio que rodea a la fruta puede afectar al producto cosechado.” FAO (2007), en la tabla 7 precedentemente de la misma fuente, se muestra el ritmo respiratorio de algunas frutas tropicales.

Tabla 7 Ritmo respiratorio de algunas frutas tropicales

RITMO DE RESPIRACIÓN	RANGO DE RESPIRACIÓN A 5°C (mg CO ₂ /kg/h)	PRODUCTO
Bajo	5 – 10	Cítricos, Piña
Moderado	10 – 20	Mango
Alto	20 – 40	Aguacate

Fuente. FAO 2007, Adaptado de: Manual Para la Preparación y Venta de Frutas y Hortalizas del campo al mercado.

Transpiración

Las frutas antes y después de ser cosechadas pierden agua a través de la transpiración, esta pérdida se hace notoria en la textura marchita que adquiere la fruta a medida que el agua se evapora por los tejidos vivos de la misma.

“Es el proceso mediante el cual la fruta pierde agua en forma de vapor. Este es un proceso muy importante debido a que los frutos tienen unos altos contenidos de agua entre los 80 – 85%, y su pérdida se refleja en el marchitamiento.” Pinto M., Modulo manejo de cosecha y postcosecha de las frutas, CORPOICA.

Etileno

El etileno es un gas que las frutas producen naturalmente, sin embargo, es común en el comercio la utilización del etileno para inducir el estado de maduración en las frutas cosechadas. La aplicación externa de etileno origina deterioro, lo que conlleva a la reducción en el tiempo de vida de las frutas.

“El nivel de etileno en frutas aumenta con la madurez del producto, el daño físico, incidencia de enfermedades y temperaturas altas. El almacenamiento refrigerado y el uso de atmósferas con menos de 8% de O₂ y más de 2% de CO₂, contribuyen a mantener bajos niveles de etileno en el ambiente de postcosecha.” FAO (2007).

Es por esto que algunas personas la llaman hormona de la maduración, debido a que asocian la producción de este gas con la maduración de las frutas.

“El control de la maduración es muy importante, ya que de su eficacia depende la calidad del producto, la vida de anaquel, la cantidad de mermas y el éxito económico del negocio.” Tomado de Manual Técnico de Frutas y Verduras, recuperado de <http://abcdefrutasyverduras.com/descargas/Manual%20Tecnico%20Frutas%20y%20Verduras.pdf>

En el Modulo manejo de cosecha y postcosecha de las frutas dice que la “producción aumenta cuando la planta está bajo mucho estrés, cuando ha sido maltratada físicamente, o cuando sufre algún ataque por microorganismos.” Estos son algunos de los factores que aumentan la producción de etileno en las frutas.

En la tabla 8 se muestra la clasificación de algunas frutas tropicales según su producción de etileno.

Tabla 8 Clasificación de frutas tropicales según su producción de etileno

CLASE	ETILENO (ml/kg/h a 20°C)	PRODUCTO
Muy bajo	<0.1	Cítricos
Bajo	0.1 – 1.0	Piña
Moderado	1.0 – 10.0	Mango
Alto	10.0 – 100.0	Aguacate
Muy alto	>100.0	Maracuyá

Fuente. FAO 2007, Adaptado de: Manual Para la Preparación y Venta de Frutas y Hortalizas del campo al mercado.

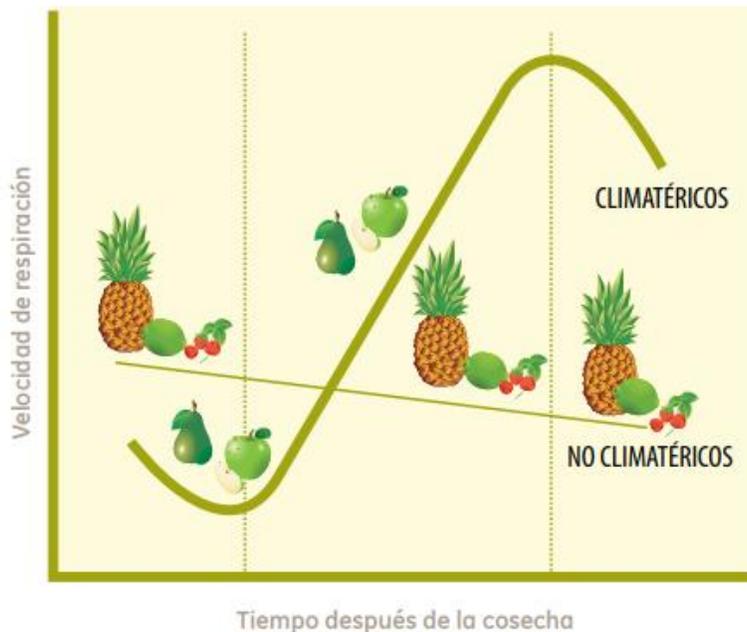
“El conocimiento de la producción o sensibilidad al etileno de los productos, nos permite manejar su presencia y lograr una mayor o menor vida de anaquel.” Tomado de Manual Técnico de Frutas y Verduras, recuperado de <http://abcdefrutasyverduras.com/descargas/Manual%20Tecnico%20Frutas%20y%20Verduras.pdf>

Comportamiento climatérico

Las frutas se clasifican en climatéricas y no climatéricas, en un documento publicado por la organización de las naciones unidas para la Agricultura y la alimentación “FAO” del 2007 dice que “Las frutas climatéricas incrementan marcadamente su ritmo respiratorio y producción de etileno durante la maduración organoléptica. De igual manera, los cambios asociados con esta etapa de desarrollo (color, sabor, aroma, textura) son rápidos, intensos y variados. Por el contrario, en las frutas no-climatéricas, los procesos de desarrollo y maduración organoléptica son continuos y graduales; manteniendo éstas, en todo momento, niveles bajos de respiración y de producción de etileno.”

En la ilustración 4 tomada de Manual Técnico de Frutas y Verduras, recuperado de <http://abcdefrutasyverduras.com/descargas/Manual%20Tecnico%20Frutas%20y%20Verduras.pdf> se muestra el comportamiento de los productos no climatéricos y climatéricos con relación a la velocidad de respiración. En el eje Y se tiene la velocidad con la relación al tiempo después de la cosecha y en el eje X representa el tiempo después de la cosecha.

Ilustración 4 Comportamiento de los productos no climatéricos y climatéricos con relación a la velocidad de respiración.



Fuente. Manual Técnico de Frutas y Verduras, recuperado de <http://abcdefrutasyverduras.com/descargas/Manual%20Tecnico%20Frutas%20y%20Verduras.pdf>

Húmeda relativa y temperatura

“La Húmeda Relativa puede influir en la pérdida de agua, el desarrollo de la descomposición, la incidencia y la gravedad de algunos trastornos fisiológicos y la uniformidad de la maduración de la fruta.” Y “La temperatura es el factor ambiental más importante que influye en el deterioro de los productos cosechados.” Kader A. A. (2013)

El ciclo de vida de las frutas se ve afectado por la temperatura que propicia la generación de etileno en las frutas climatéricas.

“Un adecuado control de temperatura es imprescindible para que los productos alimenticios perecederos maximicen su vida útil y que a su vez esto permita una adecuada comercialización de los mismos.” Contreras Juárez A. et al. (2016)

La tabla 9 muestra las condiciones de almacenamiento óptimo de frutas.

Manuel Domínguez et al. (2009) resumen las condiciones de conservación de las frutas y las temperaturas de transporte recomendadas para tiempos cortos entre uno y tres días, de los principales alimentos, en los siguientes:

- Frutos que producen etileno 2/4°C
- Frutos sensibles al etileno 2/4°C
- Cítricos 4/6°C
- Frutos y hortalizas sensibles al frío y al etileno 8/9°C
- Frutos y hortalizas sensibles al frío y no al etileno 8/9°C
- Frutos tropicales en general 10/12°C
- Frutos tropicales muy sensibles al frío 15°C

“La vida útil de una fruta o verdura después de la cosecha, depende en buena parte de la temperatura de manejo, que puede ser desde el preenfriado, almacén, transporte y exhibición.” tomado de Manual Técnico de Frutas y Verduras, recuperado de <http://abcdefrutasyverduras.com/descargas/Manual%20Tecnico%20Frutas%20y%20Verduras.pdf>

Tabla 9 Condiciones de almacenamiento óptimo de frutas

ESPECIE	TEMPERATURA (°C)	HUMEDAD RELATIVA (%)
Banana	13 – 15	90 – 95
Guayaba	5 – 10	90
Limón	10 – 13	85 – 90
Mandarina	4 – 7	90 – 95
Mango	13	90 – 95
Manzana	-1 – 4	90 – 95
Mora	- 0.5 - 0	90 – 95
Naranja	0 – 9	85 – 90
Pera	- 1.5 – 0.5	90 – 95
Tomate de árbol	3 -4	85 – 90

Fuente. FAO 2007, Adaptado de: Manual Para la Preparación y Venta de Frutas y Hortalizas del campo al mercado.

Maduración

“La vida de las frutas se divide en tres etapas fundamentales: crecimiento, maduración y senescencia, siendo la etapa más importante y compleja del desarrollo de la fruta, el proceso de maduración.” Angón-Galván Pedro et al. (2006).

El proceso de maduración puede dividirse en dos fases: la fase de maduración fisiológica y la de maduración organoléptica. Las cuales se definen en el artículo presentado por Angón-Galván Pedro et al. (2006) así:

- Maduración fisiológica: suele iniciarse antes de que termine el crecimiento celular y finaliza, más o menos, cuando el fruto tiene las semillas en disposición de producir nuevas plantas.
- Maduración organoléptica: hace referencia al proceso por el cual las frutas adquieren las características sensoriales que las define como comestibles. Por lo tanto, se trata de un proceso que transforma un tejido fisiológicamente maduro, pero no comestible en otro visual, olfatorio y gustativamente atractivo (Leopold y Kriedemann, 1975). Aunque el resultado difiere significativamente, la maduración organoléptica se puede completar tanto en la planta como una vez que la fruta ya se ha recolectado. En general, esta etapa es un proceso que comienza durante los últimos días de maduración fisiológica y que irreversiblemente conduce a la senescencia de la fruta.

La senescencia de la fruta Urbina Vallejo, V. (2010) la define como “la pérdida de cualidades organolépticas, degeneración de sabor y aroma, pérdida de consistencia – cambio de textura y jugosidad, aparición de manchas marrones, arrugado, etc.” Información recuperada de: <http://ocw.udl.cat/enginyeria-i-arquitectura/fructicultura/continguts-1/l-6/monografia-no-6-cap.-5.-maduracion-de-los-frutos>

5.2.2 TIPOS DE ALMACENAMIENTO

En la actualidad se encuentran diversos tipos de almacenamiento, que se adaptan según las necesidades de quienes almacenan.

El almacenamiento de productos perecederos varía dado a que con este se quiere mantener el producto con la calidad que exige el mercado. FAO (2003) define calidad de la siguiente manera, “La palabra «calidad» proviene del latín *qualitas*, que significa atributo, propiedad o naturaleza básica de un objeto. Sin embargo, en la actualidad y en sentido abstracto su significado es «grado de excelencia o superioridad» Kader, et al., (1985). Aceptando esta definición, se puede decir que un producto es de mejor calidad cuando es superior en uno o varios atributos que son valorados objetiva o subjetivamente.”

En un documento publicado por FAO (2003), se definen los sistemas de almacenamiento así:

Almacenamiento natural o a campo:

El almacenamiento a campo en pilas sobre paja o algún otro material que lo aisle de la humedad del suelo y cubierto con lonas, plásticos o paja es también un sistema muy difundido. Es muy común en aquellas especies que por ser muy voluminosas requieren instalaciones muy grandes para poder contenerlas.

Una variante es el almacenamiento a campo en bins (cajones de madera o plástico de 120x100 cm y diseñados para ser manipulados con montacargas), normalmente apilados de a dos y el superior protegido de la lluvia.

Ventilación natural:

Es la más simple de las estructuras de almacenamiento en la que se aprovecha el flujo natural del aire alrededor del producto eliminando, de esta manera, el calor y la humedad generada por la respiración. Se puede utilizar cualquier tipo de construcción que proteja del ambiente externo y que posea aberturas para permitir la circulación del aire. El producto es colocado en su interior a granel, en bolsas, cajas, cajones, bins, tarimas u otras estructuras auxiliares.

Para que este sistema funcione adecuadamente es necesario contar con sensores de humedad y temperatura dentro y fuera del almacenaje que permita automatizarlo pues las condiciones ambientales cambian diariamente e incluso dentro del mismo día.

Ventilación forzada:

Las oscilaciones naturales de la humedad y temperatura ambiente pueden ser aprovechadas mejor aún con la instalación de ventiladores que fuercen al aire a pasar a través del producto acelerando el intercambio gaseoso y térmico. Este sistema permite almacenar a granel en pilas de hasta 3 metros aprovechando mucho mejor el espacio dentro de la estructura de almacenamiento. El aire circula por debajo del piso forzado por un ventilador y pasa a través de la masa almacenada mediante aberturas o conductos perforados.

Refrigerado:

Una bodega refrigerada es una construcción relativamente hermética, aislada térmicamente del exterior y con un equipo de refrigeración capaz de extraer el calor generado por el producto para dispersarlo en el exterior. Debido al ritmo metabólico intenso de muchas frutas y hortalizas, el equipo debe tener una gran capacidad refrigerante para eliminar el calor respiratorio. Es necesario, además, que pueda controlarse precisamente la temperatura y la humedad relativa en el interior de la bodega. Las dimensiones dependen del volumen máximo a ser almacenado además del espacio suficiente para la manipulación mecánica y aquel necesario para que el aire frío llegue uniformemente a toda la masa almacenada. Por esta razón, no es inusual que solamente 75-80 por ciento de la superficie pueda ser ocupada. La altura de la cámara es función del producto y la forma en que va a ser dispuesto: unos 3 metros de altura son suficientes si va a ser estibado en forma manual, pero se requieren más de 6 metros si se almacena en tarimas (pallets) o bins.

5.2.3 INSTALACIONES

FAO (2003), la construcción de instalaciones para almacenaje debe estar proyectadas y construidas de forma que:

- Permitan un mantenimiento y una limpieza adecuados.
- Eviten el acceso y el anidamiento de plagas.
- Permitan proteger con eficacia los alimentos de la contaminación.
- Reduzcan al mínimo el deterioro de los frutos (por ejemplo: mediante el control de temperatura y la humedad).

5.3 SISTEMA DE INVENTARIO ACTUAL

El sistema actual se rige en gran parte a las ventas realizadas, no se tiene un control de los productos que se dejan de vender debido al deterioro de los mismos. Se encuentra que hay que realizar mejoras en el sistema, para así conseguir que la empresa crezca no solo en ventas sino también en reconocimiento por parte del sector. Aunque se contaba con la información necesaria para realizar los pronósticos de demanda, cabe resaltar que la información se encuentra de manera desorganizada, dificultando la recolección de los datos necesarios. No se evidencia información acerca de las ventas perdidas y de las pérdidas de productos.

“El costo de oportunidad de la pérdida de ventas debido al envejecimiento es esencial para el estudio de productos perecederos.” Gregory Dobson et al. (2017). Por lo que se supone que las pérdidas de producto son al menos de un 5% por producto y por pedido durante el tiempo de estudio de la empresa (52 semanas).

Las decisiones acerca del inventario de la empresa caso de estudio las toma el dueño de la misma, estas decisiones son basadas en la experiencia que ha adquirido a lo largo de los años. El dueño es quien decide que cantidad de producto y en qué momento se debe pedir, lo que genera un desbalanceo en el inventario, puesto que con las decisiones basadas en la experiencia se tiene mayor incertidumbre.

En la empresa objeto de estudio la recepción de los productos se realiza en una bodega, en la cual se almacena todo tipo de productos indiscriminadamente; es decir que durante la recepción de las frutas estas entran en contacto con productos no perecederos y otros perecederos tales como las verduras.

La recepción de las frutas normalmente se realiza una vez por semana, después de recibirlas, estas pasan a las estanterías del supermercado, cabe mencionar que los periodos de almacenamiento no son largos y que no se cuenta con la infraestructura adecuada para la recepción y el almacenamiento de las frutas.

El almacenamiento de las frutas en la empresa caso de estudio no tiene en cuenta los factores que se explicaron anteriormente en este capítulo, factores tales como cuales frutas son productoras de etileno y cuales son sensibles a este o cuales son productoras de olores y cuales son sensibles a estos, estos y otros factores se deben tener en cuenta a la hora de almacenar frutas, debido a las características propias de los productos las condiciones de almacenamiento pueden variar entre ellas.

Aunque en la empresa se procura revisar a diario los ítems perecederos, caso particular las frutas, las cuales se revisan y se seleccionan las que están muy maduras y se realizan promociones de las mismas o se realizan pulpas para jugos con estas, a pesar de esto la empresa presenta perdidas debido a que muchas veces la labor de revisión es dejada a un lado para poder cumplir con las otras actividades que se realizan en el supermercado.

“Un sistema de inventario es un conjunto de políticas y controles que supervisan los niveles de inventario y establece cuales son los niveles que debe mantenerse, cuando hay que ordenar un pedido y de qué tamaño deben hacerse.” Herrera Povich A. (2016)

Para elegir una política de control de inventario que se adecue a la empresa caso de estudio es importante dar respuesta a los siguientes interrogantes:

- ¿Con qué frecuencia debe revisarse el inventario del ítem?
- ¿Cuándo debe ordenarse el ítem?
- ¿Qué cantidad del ítem debe ordenarse en cada requisición?

A parte de dar respuesta a estos interrogantes, según Alvarado R. (2015) la política de inventario debe considerar los siguientes aspectos:

- Nivel de servicio deseado.
- Carácter perecedero de los inventarios u otros aspectos de calidad.
- Capacidad de producción vs demanda (revisión del histórico).
- Restricciones logísticas de aprovisionamiento si las hubiera (especialmente ligadas a oferta y al tiempo de espera “lead time”).
- Capacidad financiera de la empresa (presupuesto).
- El sistema de reaprovisionamiento usado y frecuencia de revisión de los inventarios.
- Tratamiento de materias obsoletas o rechazadas.

La adecuada implementación de un sistema de gestión y control de inventarios trae consigo beneficios para la empresa caso de estudio, tales como:

- Disminución de costos asociados al almacenar productos.
- Disminución de pérdidas de productos, por no cumplir con las condiciones de almacenamiento.
- Mejora el nivel de servicio al cliente.
- Aumenta el flujo de efectivo debido a que los productos van a rotar más y no se van a quedar en el inventario, causando pérdidas de dinero por no calidad del producto.
- Mejora la calidad y veracidad de la información por medio de la alimentación de información pertinente a una base de datos.

5.3.1 Clasificación de los ítems

En el mercado hortofrutícola hay diversos factores que generan repercusiones en el éxito de una empresa y realizando un adecuado control de estos se puede llevar a uno de los objetivos que estas presentan como lo es la generación de utilidad, es por esta razón que al momento de determinar dentro de un portafolio de mercado que presenta la empresa no se pueden guiar únicamente por un criterio; ya sea el valor de las frutas o importe. Hay que ahondar un poco más en cada factor que sea crítico para una compañía a fin de determinar el conjunto de ítems que realmente son los más importantes para la empresa; por lo anterior y en el caso del supermercado objeto de estudio se decidió realizar la aplicación del método

Analytic Hierarchy Process (AHP) para determinar las frutas que aportan más a sus objetivos como empresa y para de esta forma determinar cuáles ítems se les debería aplicar un método de pronósticos en particular dependiendo de esta clasificación. Para lo anterior se determinaron que estos criterios son: costo, demanda, calidad, días de obsolescencia, utilidad, variación del precio e importe.

Al realizar la socialización de los diferentes criterios con el dueño del supermercado se decidió contar únicamente con los siguientes criterios:

- **Utilidad:** Unidad monetaria que genera la comercialización de cada fruta.
- **Variación de los precios:** Debido a que el mercado hortofrutícola está sujeto a una gran variación de los precios de las frutas con el pasar del tiempo que se genera principalmente por la disponibilidad de estos y sus tiempos de cosecha se consideró que era un factor de gran importancia que se debía tener en cuenta.
- **Ventas:** es un factor de vital importancia cuando se habla de productos perecederos ya que por su condición exigen una rotación alta.

Posteriormente se procedió a realizar con los dirigentes y administradores del supermercado a que le dieran una ponderación o calificación a cada pareja de criterios para obtener la importancia de todos los criterios entre sí. Los resultados los podemos observar a continuación:

Tabla 10 Matriz de comparación de los criterios

MATRIZ DE PREFERENCIAS DE LAS ALTERNATIVAS			
	Utilidad	Variación Precio	Ventas
Utilidad	1	4	3
Variación Precio	1/4	1	1/2
Ventas	1/3	2	1
	1,58	7,00	4,50

Fuente. Los autores (2018)

Seguidamente se procedió a realizar la matriz normalizada que se obtiene a partir de dividir cada valor entre el total de su columna respectiva.

Tabla 11 Matriz normalizada.

MATRIZ NORMALIZADA			
	Utilidad	Variación Precio	Ventas
Utilidad	12/19	4/7	2/3
Variación Precio	3/19	1/7	1/9
Ventas	4/19	2/7	2/9

Fuente. Los autores (2018)

A continuación, se obtiene el vector de prioridad de cada criterio que se da a partir del promedio de cada criterio con respecto a si mismo los demás. Los resultados se pueden observar en la tabla 12.

Tabla 12 Resultados

Vector prioridad	
Utilidad	0,6232
Variación Precio	0,1373
Ventas	0,2395

Fuente. Los autores (2018)

De acuerdo a la tabla 12 el criterio más importante para las personas encuestadas dentro del supermercado es la utilidad con un 62,32%, seguido por las ventas con aproximadamente un 23,95% y por último la variación del precio con un 13,73%.

5.3.2 Análisis de consistencia

Para realizar una verificación de la consistencia de los valores subjetivos dados para cada pareja de criterios y determinar que las ponderaciones fueran consistentes entre ellas. Para esto se calculó el coeficiente de consistencia presentado en la tabla 13.

Tabla 13 Coeficiente de consistencia

			IND. CONSISTENCIA (IC)	IND. ALEATORIO (IA)	COEF. CONSISTENCIA (CC)
Utilidad	1,8908	3,0340			
Variación Precio	0,4128	3,0071	0,0092	0,6600	0,0139
Ventas	0,7218	3,0140			

Fuente. Los autores (2018)

Debido a que se están usando diferentes criterios los cuales presentan diferentes unidades de medidas como por ejemplo (Utilidad que esta medida en pesos, variación en el precio que viene dada por el porcentaje y finalmente la demanda cuya unidad de medida viene dada por unidades.) Por lo anterior se clasifican los

ítems individualmente por cada criterio y se normalizan los datos usando el 100% de cada ítem como el máximo valor y posteriormente se les asigna a los demás ítems un precio proporcional al mayor y siguiendo el procedimiento realizado por Partovi & Burton, (1993) el cual dice que una vez evaluado cada ítem en relación a cada criterio se obtiene una ponderación final que será la que determina en base a esos criterios que clasificación obtendrá cada ítem. Posteriormente se realiza la multiplicación de cada criterio normalizado con la prioridad del criterio asociado, para de esta manera calcular el porcentaje de utilización de cada ítem dentro del total.

Tabla 14 Clasificación ABC Multicriterio

item	Demanda promedio	utilidad promedio	variacion del precio	Demanda Normalizada	Utilidad Normalizada	Variacion del precio Normalizada	Peso totalponderado	% peso total	% acumulado	CLASIFICACION
lulo	64,35	837,50	56,25%	0,588152575	1	0,75	0,846615021	0,100612	0,10061162	A
mango tomy	61,85	812,50	28,26%	0,565301459	0,970149254	0,376811594	0,769715932	0,091473	0,19208456	
tomate de arbol	109,40	559,38	25,00%	1	0,667910448	0,333333333	0,714996446	0,08497	0,27705464	B
aguacate	22,65	788,46	50,00%	0,207066268	0,941446613	0,666666667	0,692369379	0,082281	0,35933573	
mandarina	46,71	677,78	47,22%	0,426964317	0,809286899	0,62962963	0,674386551	0,080144	0,43947974	
guayaba	70,04	487,50	47,62%	0,640182809	0,582089552	0,634920635	0,606234923	0,072045	0,51152461	
limon thaiti	71,54	438,89	58,33%	0,653893479	0,524046434	0,777777778	0,597392925	0,070994	0,58251871	C
limon pajarito	67,29	375,00	50,00%	0,615046581	0,447761194	0,666666667	0,526829229	0,062608	0,64512703	
fresa	20,38	507,69	60,00%	0,186324486	0,60619977	0,8	0,51392115	0,061074	0,70620135	
piña	71,06	339,29	50,00%	0,649499033	0,405117271	0,666666667	0,512304831	0,060882	0,76708359	
mora	36,19	481,25	46,67%	0,330813851	0,574626866	0,622222222	0,511765341	0,060818	0,82790171	
banano	48,65	287,50	64,29%	0,444717877	0,343283582	0,857142857	0,445673277	0,052964	0,88086547	
manzana roja	54,92	140,91	55,00%	0,502021445	0,168249661	0,733333333	0,344339267	0,040921	0,9217867	
pera	35,10	155,56	75,00%	0,320794516	0,185737977	1	0,340648706	0,040483	0,96226935	
naranja suiti	79,90	107,14	18,75%	0,730356829	0,12793177	0,25	0,317491534	0,037731	1	

Fuente: Los autores (2018)

5.3.3 Pronósticos de demanda

Es claro de que en todas las organizaciones sea cual sea su naturaleza hay un proceso de tomas de decisiones, estas pueden ser de leves a críticas, En general si se dan este tipo de decisiones operan en un margen de incertidumbre es de allí que nace la necesidad de hacer un pronóstico, en específico sobre las variables en las cuales se va a tomar la decisión. En el caso de la empresa caso de estudio la naturaleza del supermercado es la compra y comercialización de productos, por esta razón es muy importante hacer un acercamiento, conocer y de alguna forma tratar de adelantarse a esta para estar más preparada a posibles cambios en ella.

El problema para este planteamiento radica en lo descrito por Muñoz, (2014). “En este entorno, los dimensionamientos de las necesidades de almacenamiento futuro no están soportadas debidamente por datos y pronósticos precisos. Por el contrario, se suelen hacer simplificaciones basadas en supuestos y percepciones personales,

lo cual conlleva a un sobredimensionamiento o a quedarse cortos en el espacio al corto plazo y en consecuencia mayores gastos de operación”.

Sin embargo, si se tiene un control que cumpla con las condiciones mínimas de rastreo de dicha demanda, los pronósticos pueden ser una herramienta de gran ayuda para la toma de decisiones organizacional. Según Erossa, (2004) “el objetivo de un pronóstico es posibilitar las decisiones sobre el futuro y proporcionar una estimación del riesgo involucrado en la decisión” es por eso que “La importancia de un pronóstico deriva en que las imprecisiones no se pueden separar de la realidad, haciendo que todas las organizaciones operen en un ambiente de inseguridad. Por esto, para disminuir el riesgo en la toma de decisiones gerenciales u operacionales y poder modelar lo que pasará en el futuro, así como para matizar esa percepción de incertidumbre, es importante hacer uso de toda la información disponible actual y del pasado, y no solo basarse en supuestos, con el fin de evitar malas decisiones; también se debe considerar que los modelos de toma de decisiones se apegan a la realidad de la empresa y no a la del entorno, pues una creencia racional no necesariamente es una creencia verdadera” Arrendondo y Vázquez, (2013).

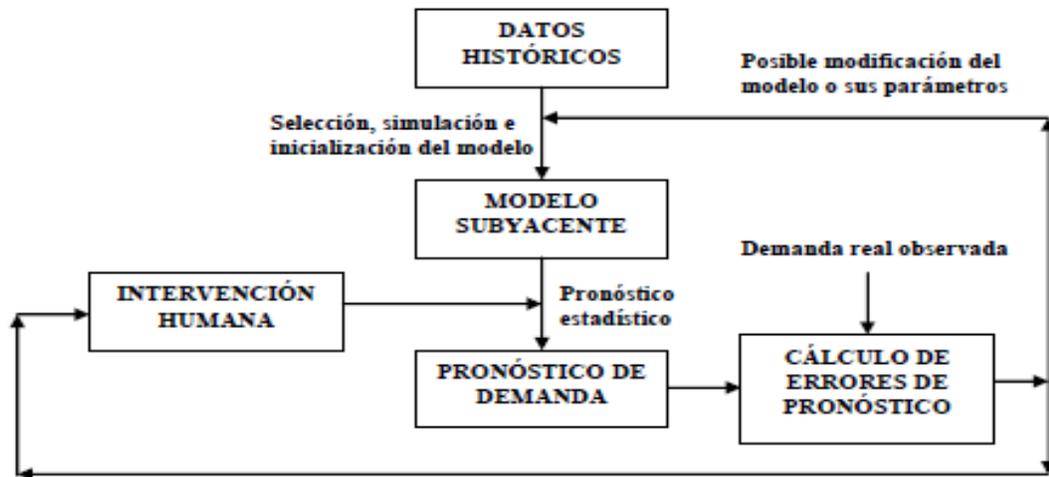
“La predicción de corto plazo es utilizada para planificar la operación del sistema, mientras que la predicción de largo plazo es usada habitualmente como un insumo en las decisiones de expansión en capacidad de generación y del sistema de distribución” Velázquez et al. (2009,).

Ahora bien, no solo basta con conocer los datos históricos de la demanda de una compañía en relación a un ítem, sino que se debe asegurar que el método de pronósticos sea el adecuado para cada caso en particular, “la consideración primordial en la elección de un método de pronóstico es que los resultados deben facilitar el proceso de la toma de decisiones de la organización” Hanke y Wichern, (2006), esto deriva principalmente del análisis que se haga del comportamiento de la demanda con respecto al tiempo y poder obtener una tendencia de esta, sea constante, estacional, creciente, decreciente, etc.

Fildes et al. (2006) expresan que los pronósticos son típicamente producidos por la combinación del juicio administrativo y técnicas cuantitativas, dentro de un sistema de soporte para pronósticos. En el artículo, los autores mencionan que a menudo no se da esta integración, con los consiguientes efectos negativos en la precisión del pronóstico e identifican factores para disminuir este efecto. Obsérvese dentro de este contexto la importancia de la medición y utilización de los errores de pronóstico, los cuales son la fuente de análisis para determinar la conveniencia del modelo utilizado”. Vidal, C. (2010)

Cuando se habla de pronosticar una variable en el futuro es lógico pensar que este pronóstico va a ocurrir tal cual como se planifico, lo que esto quiere decir es que a la hora de realizar un pronóstico siempre va a haber un error resultante, “Algunos trabajos recientes mencionan la necesidad de incluir en la relación entre el sistema de pronósticos y el sistema de control del inventario aspectos adicionales a las medidas tradicionales del error del pronóstico. Tiacci y Saetta, (2008).

Ilustración 5 Ambiente común de un sistema de pronósticos



Fuente. Vidal, C. (2010)

Un sistema de pronósticos está bajo la calificación o examen de criterio tales como su precisión, el costo de llevarlo, la utilidad de los resultados obtenidos y el error subyacente de este. Dichos errores dentro de los pronósticos son calculados en relación a los datos de la demanda real y los obtenidos mediante el uso del sistema que en general son arrojados por datos anteriores de esta demanda.

Los sistemas de pronósticos desarrollados en el presente trabajo son los siguientes:

5.3.3.1 Sistema de pronósticos de promedio móvil

Este método se utiliza cuando se le quiere asignar mayor importancia a los datos de la demanda que están más cercanos para obtener la previsión de los siguientes. En este orden de ideas cada pronóstico de la demanda sea el acumulado por la media aritmética de un número de puntos consecutivos, donde el número de puntos es escogido de manera tal que todos los efectos de estacionalidad o irregularidades sean eliminados.

$$x_t = \frac{x_{t1} + x_{t2} + x_{t3} \dots + x_{tn}}{n}$$

Calculo de los errores del sistema

Error del pronóstico $e_t = X_t - x_t$

Donde:

e_t = Error del pronóstico para el periodo t

X_t = Valor real de la demanda en el periodo t

x_t = Estimación del pronóstico de la demanda en el periodo t

Error cuadrático $|e_t| = |X_t - x_t|$

Error cuadrático $e^2_t = (X_t - x_t)^2$

Una medida del error del pronóstico frecuentemente utilizada en la industria es el error absoluto porcentual (*Absolute Percentage Error*), definido usualmente como

APE = $\frac{\text{Error absoluto}}{X_t}$ El error del pronóstico de la demanda en relación a la demanda real en el periodo t.

APE' = $\frac{\text{Error absoluto}}{x_t}$ El error del pronóstico de la demanda en relación al pronóstico en el periodo t.

Estos errores son calculados con base a un periodo único lo cual no resulta de mucha utilidad, ya que para la toma de decisiones sobre el error del sistema de inventarios usado se necesita saber la relación de este con los n periodos que lo componen y la forma de obtener estos datos se realiza un promedio de cada uno de estos errores, se denominan de la siguiente manera:

MAD Desviación absoluta de la media (*Mean Absolute Deviation*):

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^n |X_t - x_t|}{n}$$

ECM Error cuadrático medio (Mean Square Error):

$$ECM = \frac{\sum_{t=1}^n (X_t - x_t)^2}{n}$$

MAPE Desviación absoluta porcentual (*Absolute Percentage Error*):

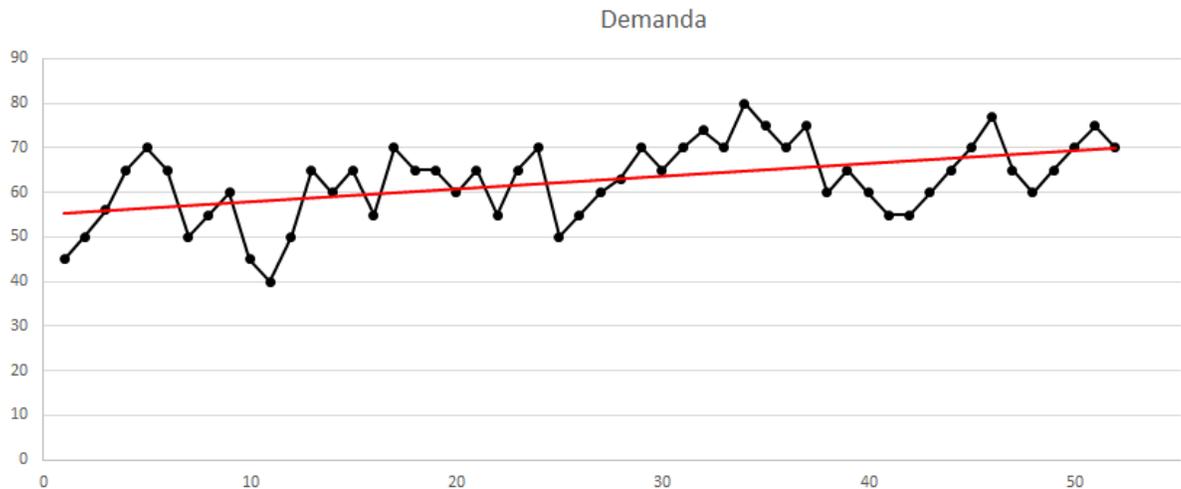
$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \left(\frac{\text{Error absoluto}}{X_t} \right)}{n}$$

$$MAPE' = \frac{\sum_{t=1}^n \left(\frac{\text{Error absoluto}}{x_t} \right)}{n}$$

Para mostrar el ejemplo de este y los siguientes sistemas se harán con base a la demanda del Mango Tommy, ya que como se pudo observar en la clasificación ABC multicriterio, es un ítem clase A dentro de los productos perecederos y por ende es considerado uno de los más importantes dentro de este grupo. Posteriormente se mostrarán los resultados y se indicarán los pasos seguidos para un periodo t.

Primero se procede a realizar un análisis del comportamiento de la demanda.

Ilustración 6 Comportamiento de la demanda del Mango Tommy



Fuente. Los autores, (2018)

En la ilustración 6 se puede observar que la demanda del mango tommy no tiene variaciones significativas, oscilando siempre entre datos de 40 y 80, la demanda de este presenta una leve tendencia creciente. Cabe destacar que el sistema de pronóstico será aplicado para cada ítem en un horizonte de 52 semanas.

Para realizar un estudio más detallado del comportamiento de la demanda se procede a realizar el análisis del coeficiente de variación.

$$cv = \frac{\text{desviacion de la demanda}}{\text{promedio de la demanda}} \quad cv = \frac{8,78175}{62,2692} = 0,14$$

Debido que el coeficiente de variación es menor a uno, es oportuno aplicar el sistema.

En la aplicación del sistema se tomó un N=14 con el objetivo de minimizar el impacto de alguna posible estacionalidad en la demanda.

$$x_{16} = \frac{45 + 50 + 56 + 65 + 70 + 65 + 50 + 55 + 60 + 45 + 40 + 50 + 65 + 60 + 65}{15}$$

$$x_{16} = 56,86$$

Debido a que la demanda en el periodo 16 es igual a 55, el error del pronóstico estará dado por:

$$e_{16} = 55 - 56,86$$

$$e_{16} = -1,86$$

$$\text{Error cuadrático } |e_t| = 1,86$$

$$\text{Error cuadrático } e^2_t = 1,86^2 = 3,45$$

$$APE = 1,86/55 = 3.38\%$$

$$APE = 1,86/55 = 3.27\%$$

Tabla 15 Sistema de pronóstico Promedio Móvil

Semana	Demanda							
1	45							
2	50							
3	56							
4	65							
5	70							
6	65							
7	50							
8	55							
9	60							
10	45							
11	40							
12	50							
13	65							
14	60	PRONOSTICO	ERROR	ERROR ABS	ERROR CUADRATICO	APE	APE'	
15	65	55,43	9,57	9,57	91,61	14,73%	17,27%	
16	55	56,86	-1,86	1,86	3,45	3,38%	3,27%	
17	70	57,21	12,79	12,79	163,47	18,27%	22,35%	
18	65	58,21	6,79	6,79	46,05	10,44%	11,66%	
19	65	58,21	6,79	6,79	46,05	10,44%	11,66%	
20	60	57,86	2,14	2,14	4,59	3,57%	3,70%	
21	65	57,50	7,50	7,50	56,25	11,54%	13,04%	
22	55	58,57	-3,57	3,57	12,76	6,49%	6,10%	
23	65	58,57	6,43	6,43	41,33	9,89%	10,98%	
24	70	58,93	11,07	11,07	122,58	15,82%	18,79%	
25	50	60,71	-10,71	10,71	114,80	21,43%	17,65%	
26	55	61,43	-6,43	6,43	41,33	11,69%	10,47%	
27	60	61,79	-1,79	1,79	3,19	2,98%	2,89%	
28	63	61,43	1,57	1,57	2,47	2,49%	2,56%	
29	70	61,64	8,36	8,36	69,84	11,94%	13,56%	
30	65	62,00	3,00	3,00	9,00	4,62%	4,84%	
31	70	62,71	7,29	7,29	53,08	10,41%	11,62%	
32	74	62,71	11,29	11,29	127,37	15,25%	18,00%	
33	70	63,36	6,64	6,64	44,13	9,49%	10,48%	
34	80	63,71	16,29	16,29	265,22	20,36%	25,56%	
35	75	65,14	9,86	9,86	97,16	13,14%	15,13%	
36	70	65,86	4,14	4,14	17,16	5,92%	6,29%	
37	75	66,93	8,07	8,07	65,15	10,76%	12,06%	
38	60	67,64	-7,64	7,64	58,41	12,74%	11,30%	
39	65	66,93	-1,93	1,93	3,72	2,97%	2,88%	
40	60	68,00	-8,00	8,00	64,00	13,33%	11,76%	
41	55	68,36	-13,36	13,36	178,41	24,29%	19,54%	
42	55	68,00	-13,00	13,00	169,00	23,64%	19,12%	
43	60	67,43	-7,43	7,43	55,18	12,38%	11,02%	
44	65	66,71	-1,71	1,71	2,94	2,64%	2,57%	
45	70	66,71	3,29	3,29	10,80	4,69%	4,93%	
46	77	66,71	10,29	10,29	105,80	13,36%	15,42%	
47	65	66,93	-1,93	1,93	3,72	2,97%	2,88%	
48	60	66,57	-6,57	6,57	43,18	10,95%	9,87%	
49	65	65,14	-0,14	0,14	0,02	0,22%	0,22%	
50	70	64,43	5,57	5,57	31,04	7,96%	8,65%	
51	75	64,43	10,57	10,57	111,76	14,10%	16,41%	
52	70	64,43	5,57	5,57	31,04	7,96%	8,65%	
		65,14		6,87	62,29	10,51%	10,92%	
				MAD	ECM	MAPE	MAPE'	

Fuente. Los autores, (2018)

5.3.3.2 Suavización exponencial simple

Debido a que el caso del promedio móvil no tiene en cuenta la estacionalidad ni variación en la demanda ya que le asigna el mismo peso a cada periodo hace que este factor se convierta en una desventaja ya que no le permite reaccionar rápidamente a un cambio producido en el patrón de la demanda. Este método contiene un mecanismo de autocorrección que ajusta los pronósticos en direcciones opuestas a errores pasados haciendo un frente importante al problema descrito anteriormente. Es un caso particular de promedios móviles ponderados de los valores actuales y anteriores en el cual estas ponderaciones disminuyen exponencialmente

$$s_T = \alpha x_t + (1 - \alpha)s_{T-1}$$

Dónde:

s_T = Pronostico realizado al final del periodo t

s_{T-1} =Pronostico anterior

x_t = Valor de la demanda real para el periodo de tiempo t

α = Constante de suavización a la cual se le da inicialmente un valor ente 0.01 y 0.30

5.3.3.3 Suavización exponencial doble

El sistema de pronósticos de suavización exponencial doble tiene en cuenta la posible tendencia (creciente o decreciente) de la demanda, ya que el modelo subyacente que considera es el siguiente:

$$x_t = b_1 + b_2t + E_t$$

Dónde:

x_t = Valor real de la demanda en el periodo t.

b_1 =Una constante que representa el componente constante de la demanda.

b_2 = Una constante que representa el componente tendencial de la demanda.

E_t = Una variable aleatoria normal con media cero y varianza $\sigma_t^2 >0$

Tabla 16 Resultados de la aplicación de los pronósticos, parte I.

Sistema de pronósticos	Datos	Aguacate	Banano	Fresa	Guayaba	Limón pajarito
Suavización exponencial doble	Cv	0,187257712	0,187257712	0,256318529	0,250000039	0,222002716
	MAD	3,529437671	3,529437671	4,987807747	7,899033728	8,245363949
	ECM	18,43413416	18,43413416	34,78429521	118,6900574	99,54233727
	MAPE	0,160467287	0,160467287	0,279942237	0,110009234	0,129726023
	MAPE`	0,152580835	0,152580835	0,243575032	0,098090851	0,12160736
Promedio móvil	MAD	3,385338346	9,708646617	4,567669173	10,69172932	9,770676692
	ECM	16,39513963	138,2820892	31,49167562	160,9323308	140,4927497
	MAPE	0,15462635	0,218721817	0,254197995	0,142747467	0,143250633
	MAPE`	0,145734431	0,191302596	0,228709853	0,160906015	0,15283999
Suavización exponencial simple	MAD	3,668351002	9,313193585	4,45703855	20,50776812	14,14357065
	ECM	18,20535566	122,4093433	31,4531201	491,904063	271,2688188
	MAPE	0,158175613	0,197073237	0,244910863	0,255684741	0,194031213
	MAPE`	0,167356238	0,196591747	0,225801198	0,356219561	0,232300282
Método a utilizar por cada ítem		promedio móvil	suavización exponencial doble	suavización exponencial simple	suavización exponencial doble	suavización exponencial doble

Fuente: Los autores, (2018)

Tabla 17 Resultados de la aplicación de los pronósticos, parte II.

Sistema de pronósticos	Datos	Limón Tahití	Lulo	Mandarina	Mango tommy	Manzana roja
Suavización exponencial doble	cv	0,14682865	0,110464163	0,172223336	0,151490211	0,208059301
	MAD	8,274185632	5,56710092	7,808716182	7,070967704	7,230504679
	ECM	97,28343469	45,68969939	84,57238189	71,89956035	99,96839567
	MAPE	0,119618348	0,086126803	0,177558652	0,115105676	0,14862633
	MAPE`	0,11703849	0,082408047	0,170236028	0,109603203	0,122500034
Promedio móvil	MAD	8,110902256	5,473684211	7,70112782	8,107142857	8,114661654
	ECM	90,86667562	45,02712137	78,62070354	84,39755639	121,304377
	MAPE	0,115565322	0,08501684	0,177265682	0,127634175	0,161423793
	MAPE`	0,114987	0,080458742	0,164640242	0,131148924	0,141635678
Suavización exponencial simple	MAD	8,049679336	5,829751005	7,362059382	8,681601189	9,99522809
	ECM	89,38070474	45,23111138	71,90078561	106,1836615	149,2012475
	MAPE	0,115505183	0,087769674	0,170617459	0,129520785	0,177268114
	MAPE`	0,113280975	0,088321077	0,156369922	0,150477909	0,194985629
Método a utilizar por cada ítem		suavización exponencial simple	promedio móvil	suavización exponencial simple	suavización exponencial doble	suavización exponencial doble

Fuente: Los autores, (2018)

Tabla 18 Resultados de la aplicación de los pronósticos, parte III.

Sistema de pronósticos	Datos	Mora	Naranja sweety	Pera	Piña	Tomate de árbol
Suavización exponencial doble	cv	0,143835055	0,135795803	0,171355079	0,179173276	0,255190586
	MAD	4,140991139	9,954823808	4,820405498	9,823687962	20,65183282
	ECM	26,34726998	139,4580685	35,7976387	149,5095077	629,075887
	MAPE	0,116244014	0,128716959	0,13531868	0,139606587	0,221572705
	MAPE`	0,119604931	0,122907012	0,132788122	0,137390192	0,206468233
Promedio móvil	MAD	4,347744361	9,186090226	4,890977444	9,812030075	20,67105263
	ECM	29,11399033	121,9579753	37,35767991	151,9334049	602,1650107
	MAPE	0,123582824	0,119040304	0,133495743	0,13910338	0,223450869
	MAPE`	0,121458038	0,113330045	0,142248116	0,137699352	0,199483061
Suavización exponencial simple	MAD	4,434069578	8,938395317	5,338886382	9,200823778	20,54468259
	ECM	27,45662591	126,7881496	43,87598511	135,0355848	700,1781076
	MAPE	0,129360916	0,114181442	0,140787333	0,126420994	0,244966722
	MAPE`	0,120430918	0,112341828	0,161798161	0,132905404	0,178248798
Método a utilizar por cada ítem		suavización exponencial doble	suavización exponencial simple	suavización exponencial doble	suavización exponencial simple	suavización exponencial simple

Fuente: Los autores, (2018)

6 EVALUACIÓN Y DEFINICIÓN DEL MODELO

6.1 Sistemas de control de inventarios

Debido a la complejidad resultante de tener y administrar un inventario se la ha prestado especial importancia a estos, ya que como se ha mencionado anteriormente una buena administración de estos puede ser vital para alcanzar los objetivos organizacionales de las compañías, pero aun estas ideologías no son del todo aceptadas por las pequeñas y medianas empresas, puesto que en la práctica se puede evidenciar que este tipo de empresas aun realizan el control del inventario de forma empírica, factor que es crítico debido a que una mala administración de estos puede llegar a causar pérdidas potenciales y en algunos casos la quiebra de la empresa.

Teniendo en cuenta que en el supermercado caso de estudio una cantidad importante de sus ingresos provienen por la administración de productos perecederos este factor se convierte aún más crítico. Es por esto que habiendo realizado un estudio minucioso del comportamiento de la demanda de cada ítem y realizando su respectivo pronóstico, se debe proseguir con determinar un modelo de control de inventarios para cada uno de los ítems, a fin de deducir y determinar cuáles son los puntos de pedido óptimos a pedir, cuando pedir y con qué frecuencia hacerlo.

Para dar respuesta a los incisos anteriores en el presente trabajo se dará a estudio a los sistemas de control de inventarios EOQ, Sistema continuo (S, Q) y al sistema de revisión periódica (R, S). Se estudiarán cada uno de los supuestos y criterios que rigen cada uno de estos modelos, y, al mismo tiempo las ventajas y desventajas de cada uno, así como el modelo como tal siguiendo la analogía mostrada por Vidal, C. (2010).

Los problemas de control de inventarios se pueden clasificar de acuerdo con las características de la demanda y de los tiempos de reposición (*Lead Times*). Tanto la demanda como los tiempos de reposición pueden ser determinísticos o aleatorios. La demanda se puede clasificar en: Demanda constante y conocida, demanda determinística (variable pero conocida) y demanda probabilística o aleatoria. Vidal, C. (2010).

6.1.1 Modelo del tamaño económico de pedido (*Economic Order Quantity*) - EOQ

Según A.G. Lagodimos K. Skouri et al. (2017) “El modelo EOQ sin duda constituye la piedra angular de la investigación de inventario. Harris (1913) no solo propuso un modelo simple y elegante, sino que implícitamente introdujo un marco (conjunto de supuestos fundamentales) para modelar y analizar las políticas de inventario. Esto, al que nos referimos aquí como el marco de tiempo continuo, a pesar de resultar particularmente popular, no es en absoluto único. Las políticas de revisión periódica se analizan con mayor frecuencia bajo un enfoque alternativo, denominado marco de tiempo discreto, cuyos orígenes se pueden rastrear en el trabajo fundamental de Arrow, et al (1951).”

Este sistema de control de inventario asume que siempre se debe hacer una cantidad de pedido igual en cada periodo de tiempo; debido a que todos los parámetros son estacionarios, lo que quiere decir que no varían significativamente en el tiempo y que solo se consideren pequeñas tasas de inflación. Del mismo modo en este sistema se asume un patrón de demanda es constante y conocido con certeza en el tiempo, que el nivel de reposición es igual a cero o a un valor constante conocido y que cada orden es completada al momento en que es solicitada. Por lo anterior se concluye que en este sistema lo mejor es ordenar cuando el inventario disponible alcance el nivel de cero.

Otros supuestos del sistema son los siguientes:

- Cada ítem se trata de forma independiente con relación a otros.
- No se consideran faltantes, no se producen órdenes pendientes ni ventas perdidas.
- No se consideran descuentos de compras

“El tema del EOQ no deja de ser investigado. Por ejemplo, Pentico y Drake (2009) presentan una nueva metodología para modelar el EOQ con órdenes pendientes parciales. Otro tema que ha sido muy estudiado es el efecto que tiene considerar o ignorar el valor del dinero en el tiempo en la metodología tradicional del EOQ. Algunos autores han sostenido que las diferencias entre la metodología tradicional en la fórmula del EOQ y la que utiliza el Valor Presente Neto (VPN) son muy pequeñas, incluso para algunos casos extremos [Hadley (1964), Silver et al. (1998)]. Otros investigadores han encontrado casos en los que se producen diferencias significativas [Park y Son (1989), Haneveld y Teunter (1998), Sun y Queyranne (2002)]. Más recientemente, Smith y Martínez-Flores (2007) encontraron que pueden existir diferencias significativas entre la metodología tradicional y la que considera el VPN en cuanto a los costos y a las políticas de inventario. Los autores diferencian los casos en los cuales se incluyen o no se incluyen los costos de oportunidad en la tasa r y sugieren explícitamente la utilización del VPN en los casos

de modelos de inventarios y producción con períodos de tiempo discretos y costos de alistamiento. En otro artículo reciente, Eksioglu (2009) analiza una extensión del problema clásico del EOQ, en el cual hay múltiples proveedores y múltiples modos de transporte disponibles. El problema incluye, por lo tanto, el instante en que debe ordenarse, la selección de modos de transporte y el tamaño de orden por cada modo seleccionado. Otra referencia interesante es la de Darwish (2008) quien integra las decisiones de transporte y compra en modelos continuos de control de inventarios.” Vidal, C. J. (2010)

6.1.1.1 Costo total relevante

Es la asociación de todos los costos asociados a la administración de los inventarios, ya sean por la generación de una orden, el costo de manipulación, faltantes, etc. En función de la cantidad de pedido.

En la literatura desarrollada por Vidal, C. (2001):

Se utiliza el concepto del Costo Total Relevante (CTR) para diseñar la estructura de la función objetivo. Este costo puede incluir los siguientes componentes:

- Costos de compra o producción
- Costos de ordenamiento, preparación o 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 ó backorders);
- Costos de control del sistema;
- Otros costos posibles (administrativos o de planeación de producción).

Los dos últimos costos generalmente no son relevantes para el caso del control del inventario de ítems individuales considerados aquí. De igual manera, el costo de faltantes de inventario no será incluido en el análisis inicial, de acuerdo con las suposiciones establecidas anteriormente.

A continuación, se muestra la definición de algunos de los costos que se mencionaron:

Costos de compra o producción

Este costo está relacionado al precio de adquisición o producción de un producto por parte de la empresa.

Costos de ordenamiento, preparación o alistamiento

Estos costos están relacionados a la logística que conlleva ordenar o despachar determinado producto, ejemplo de estos costos es la preparación de órdenes de compra y envíos de las mismas. Inicia al ordenar, preparar o alistar determinado producto.

Costos de mantenimiento de inventarios

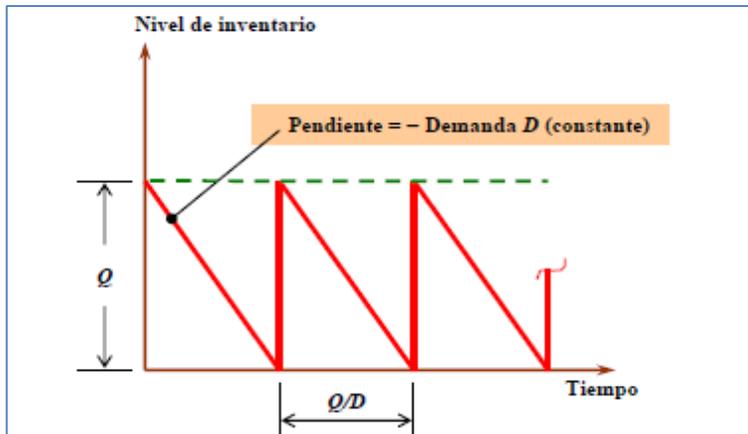
Son los costos gastos en que incurre la empresa al mantener inventarios, ejemplo de ello son el costo que se debe pagar por la obsolescencia de un producto.

Al mantener inventarios se generan una serie de gastos por parte de la empresa, un ejemplo es el alquiler de bodegas para el almacenamiento de materias primas o producto terminado.

Costos de faltantes de inventario

Son los costos en los que incurre la empresa por no satisfacer la demanda, muchas veces no satisfacer un pedido trae como consecuencia la pérdida de clientes.

Ilustración 7 Nivel de inventarios para determinar el tamaño óptimo del pedido



Fuente. Fundamentos de control y gestión de inventarios, Vidal, C. (2010).

El sistema de inventarios EOQ tiene en cuenta los siguientes parámetros:

A= Costo de alistamiento u ordenamiento [\$/orden].

D= tasa de la demanda del ítem [unidades/periodo de evaluación].

r= el costo de mantener el inventario [%/ periodo de evaluación].

v= valor unitario del ítem [\$/unidad].

Variable de decisión:

Q= Tamaño óptimo de la orden [Unidades]

Función objetivo:

CTR (Q)= Costo total relevante en relación al tamaño del pedido Q [\$/periodo de evaluación]

Esta función objetivo se deriva de la función del costo de mantenimiento del inventario Ivr:

$$CTR = \frac{AD}{Q} + Ivr + Dv$$

El inventario promedio I entre un tiempo $t = t_1$ y un tiempo $t = t_2$ donde $t_2 > t_1$ se define como:

$$A = \pi r^2 I = \frac{\int_{t_1}^{t_2} I(t) dt}{\int_{t_1}^{t_2} dt} = \frac{\int_{t_1}^{t_2} I(t) dt}{t_2 - t_1}$$

Donde $I(t)$ representa la función del inventario con respecto del tiempo. De esta forma se tiene el área bajo la curva del inventario contra el tiempo, dividida entre el tiempo correspondiente. El inventario promedio es igual a la semisuma del inventario inicial y el inventario final (para un solo ítem es lo mismo considerar dichos inventarios en \$ ó en unidades). Esta forma de cálculo sólo es válida cuando la función de inventario contra tiempo es lineal; si este no es el caso, puede haber grandes diferencias.

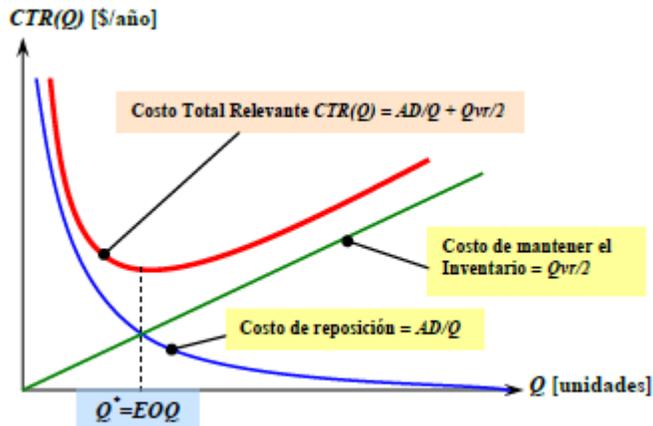
El tiempo transcurrido entre $t_1 = 0$ y $t_2 = Q/D$ es igual a Q/D forman el área de un triángulo. Por lo tanto, se deduce fácilmente que el inventario promedio aquí es igual a $Q/2$. Como aquí la función de inventario contra tiempo es lineal, este resultado coincide con la semisuma de los inventarios inicial y final: $(Q + 0) / 2 = Q/2$. Así, el costo total relevante viene dado por: $D Q / 2$

$$CTR = \frac{AD}{Q} + \frac{Q}{2} vr$$

El término AD/Q representa el costo anual de ordenamiento o reposición, bien sea de ordenamiento o de alistamiento, mientras que el término $Qvr/2$ es el costo anual de mantenimiento del inventario. Fácilmente se puede encontrar el tamaño económico de pedido EOQ derivando la función de costo con respecto de Q e igualando a cero, obteniéndose:

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

Ilustración 8 Costo total relevante en función del tamaño de pedido.



Fuente. Fundamentos de control y gestión de inventarios, Vidal, C. (2010).

Las decisiones de fijación de precios y las tasas de demanda dependientes del precio han sido consideradas en la literatura de control de inventario por muchos investigadores en las últimas décadas. Whiting, (1955) presentó el primer modelo que incorpora la demanda dependiente del precio dentro del modelo EOQ tradicional. Arcelus y Srinivasan, (1987) estudiaron posteriormente un modelo EOQ determinista en el que la demanda dependía del precio, con el objetivo de caracterizar una política óptima de fijación de precios y reabastecimiento. Z.Melis Teksan et al. (2016)

Eliminando el supuesto en el que el valor unitario del ítem es fijo y teniendo ahora en cuenta un descuento que depende de la cantidad de pedido Q , considera la situación en la cual se obtienen descuentos cuando la cantidad de pedido aumenta o los descuentos sobre todas las unidades. Pueden existir descuentos sucesivos incrementales, a medida que el tamaño del pedido se hace mayor.

En el caso en el cual, si el tamaño del pedido es mayor que cero y menor que un valor de quiebre Q_1 , el valor de cada ítem es v_0 . Si el tamaño del pedido es de Q_1 unidades o más, el valor de cada ítem es $v_1 = v_0(1 - d)$, donde d es la tasa de descuento ($0 < d < 1$). Simbólicamente esto se expresa como:

$$V = \begin{cases} v_0, & \text{si } 0 \leq Q < Q_1 \\ v_{1=(1-d)}, & Q \geq Q_1 \end{cases}$$

Aquí el producto Dv es fundamental para la ecuación del CTR , ya que v depende de Q . Así, el costo total relevante puede escribirse como:

$$CTR = \frac{AD}{Q} + \frac{Qv_0r}{2} + Dv_0 \quad \text{Para } 0 \leq Q < Q_1$$

$$CTR = \frac{AD}{Q} + \frac{Qv_0(1-d)r}{2} + Dv_0(1-d) \quad \text{Para } 0 \leq Q < Q_1.$$

Así se aplica el descuento d tanto al costo de mantenimiento del inventario como al costo de compra. Algunos autores sostienen, como elemento de discusión, que en el costo de mantenimiento del inventario el valor del producto no debería afectarse con el descuento porque de todas formas el verdadero valor del producto es v_0 , sólo que se está adquiriendo a un valor menor $v_0(1-d)$. De una u otra forma, es posible analizar cada caso, aunque en este caso de estudio se tomará el descuento para ambos términos.

Para ahondar un poco más en la complejidad se estudiarán sistemas de control de inventarios en los que se tenga una demanda conocida y variable en el tiempo para que de esta forma se elimine este supuesto, aunque la demanda continúa siendo determinística. Otro de los supuestos que se eliminan es el hecho de que la reposición no se presenta instantáneamente, sino que ocurre progresivamente, de acuerdo con una rata de reposición o de producción constante, p . De esta manera se presenta una situación mucho más real.

Uno de los principales problemas cuando la demanda varía significativamente con el tiempo es el hecho de que ya no puede considerarse como óptima una *cantidad constante de pedido*. Dicha cantidad puede variar significativamente entre pedidos y debe ser determinada cada vez que una orden va a ser procesada.

Normalmente, en este tipo de situaciones se habla de un período u *horizonte de planeación* determinado, el cual puede ser de un año dividido en 12 meses, o de un semestre dividido en semanas.

- La rata de demanda D_j debe ser satisfecha en el período j ($j = 1, 2, \dots, N$), donde el horizonte de planeación concluye al final del período N . En general, esta demanda puede variar de un período a otro, pero se considera determinística.
- Se asume que los pedidos llegan al comienzo de los períodos donde ellos son requeridos. Si existe un tiempo de reposición para la llegada de los pedidos, este se considera determinístico y sería útil para motivos de planeación de cuándo colocar el pedido, pero no se incluirá explícitamente en el análisis.
- No se consideran descuentos por cantidad pedida.
- Los factores de costo no varían significativamente con el tiempo. Particularmente, se asume que la tasa de inflación permanece baja.
- Se considera cada ítem en forma independiente de otros ítems.
- No se consideran faltantes de inventario o demanda no servida, pues la demanda se conoce anticipadamente.

- La cantidad solicitada en cada pedido es despachada en forma total y no es recibida por lotes o en forma gradual.
- Por facilidad, se considera que el costo de mantener el inventario se carga sobre el inventario al final de cada período. Sin embargo, se puede demostrar que la consideración de utilizar el inventario promedio, o sea la semisuma del inventario inicial y el inventario final de cada período, coincide con el análisis de fin de período.

Se debe estudiar especialmente el patrón de la demanda que tiene cada ítem para eso se debe obtener el coeficiente de variación que es igual al de la desviación de la demanda dividido entre el promedio de esta, y se le aplica un segundo indicador definido por Silver et al. (1998) llamado el coeficiente de variabilidad V_c el cual viene dado por:

$$V_c = \frac{\text{Varianza de la demanda por periodo}}{\text{Cuadrado de la demanda por periodo}}$$

Para mejorar la situación descrita para el EOQ, se plantea que para la utilización de Q se haga con base en la demanda promedio del horizonte de planeación.

Redondeando el EOQ a un número entero de períodos

Este método es una variación de los dos métodos relacionados con el EOQ expuestos anteriormente. Se conoce también con el nombre de *cantidad de orden periódica*. En este caso, la cantidad económica de pedido, EOQ, se expresa en unidades de tiempo, de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$T_{EOQ} = \frac{EOQ}{D} = \sqrt{\frac{2AD}{Dvr}}$$

Siguiendo con el ejemplo para el caso del mango tommy se tienen los siguientes datos:

Tabla 19 Costos de ordenamiento

Costos de ordenamiento.		
Costo de transporte	\$104.500,00	[\$/mes]
Costo de revisión almacenamiento y embalaje	\$450.400,00	[\$/mes]
Salarios	\$98.600,00	[\$/mes]
Costo de Ordenamiento total	\$653.500,00	[\$/mes]

Fuente. Los autores (2018)

Debido a que en este análisis se evaluarán los puntos de pedido y costos derivados de cada ítem de manera individual, el costo de ordenamiento unitario sería $A = 15950$

Tabla 20 Costos de mantenimiento

Tabla de costos de mantenimiento r		
	\$/mes	\$/año
Costo de almacenamiento y manejo	\$781.242	\$9.374.904
Costo de espacio	\$1.466.667	\$17.600.000
Costo total	\$2.247.909	\$26.974.904
Total del inventario de verduras	\$6.698.380	80.380.560
Total del inventario de frutas	\$5.716.358	\$68.596.294
Total inventario	\$12.414.738	\$148.976.854
Tasa r	18,107%	18,107%

Fuente. Los autores (2018)

La demanda promedio del mango tommy por semana es $D \cong 62$ kg.

Por la compra de 14 kg se realiza un descuento del 5%.

Tabla 21 Valor unitario de los ítems

Ítem	Valor unitario de los ítems
Aguacate	\$ 3.946
Banano	\$ 838
Fresa	\$ 2.469
Guayaba	\$ 1.250
Limón pajarito	\$ 1.394
Limón Tahití	\$ 1.278
Lulo	\$ 2.213
Mandarina	\$ 1.978
Mango tommy	\$ 2.394
Manzana roja	\$ 736
Mora	\$ 1.647
Naranja sweety	\$ 886
Pera	\$ 994
Piña	\$ 1.093
Tomate de árbol	\$ 1.781

Fuente. Los autores (2018)

De la tabla anterior tenemos que el precio unitario para el mango tommy es $v=2394$

El primer paso es aplicar el EOQ sin considerar el descuento:

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

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 * (15950) * (62)}{2394 * 18.107\%}}$$

$$EOQ = 68 \text{ Kg}$$

Ahora calculamos el EOQ con descuentos:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2AD}{v_i r}}$$

Recordemos que $v_i = v_0(1 - d)$.

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 * (15950) * (62)}{2394 * 18.107\% * 0.95}}$$

$$EOQ = 69 \text{ Kg}$$

De los resultados obtenidos podemos concluir que debido a que el punto de pedido optimo teniendo en cuenta el descuento, es mayor a el punto de descuento Q= 14 Kg, por lo tanto, calculamos el costo total relevante para este punto:

$$CTR = \frac{AD}{Q} + \frac{Qv_o(1-d)r}{2} + Dv_o(1 - d)$$

$$CTR = \frac{15,950*62}{69} + \frac{69(1-15\%)18.107\%*2,394}{2} + 62 * 2,394(1 - 5\%) = 177.708$$

Ahora para temas de análisis se realiza a determinar el costo total relevante sin descuentos y para el punto de quiebre Q=14:

$$CTR = \frac{15,950*62}{14} + \frac{14(2,394)18.107\%}{2} + 62 * 2,394 = 214,525$$

Como se puede observar el costo total con menor cantidad asociada es en el que se tienen en cuenta los descuentos. En ese orden de ideas lo más sensato sería hacer un pedido por Q=69 Kg.

Control de inventarios con demanda aleatoria

Un factor que juega un papel muy importante para la sensibilización y finalmente éxito de un sistema de control de inventarios es tener en cuenta el *costo de faltantes de inventario* o *stockout*, como comúnmente se le conoce en inglés. Los siguientes sistemas de control de inventario estudiados en el presente trabajo poseen demanda probabilística. Se concentra la atención en aquellos casos en los cuales la *demanda promedio* permanece aproximadamente constante a lo largo del tiempo. Al mismo tiempo se introduce un concepto nuevo que es el *Inventario de Seguridad (Safety Stock)*, el cual protege contra las posibles fluctuaciones de la demanda y de los tiempos de reposición. Además, se definirá el concepto de servicio al cliente y diversas formas de tratar los costos de faltante de inventario, los cuales han demostrado ser muy difíciles de estimar.

6.2 Sistema continuo (s, Q)

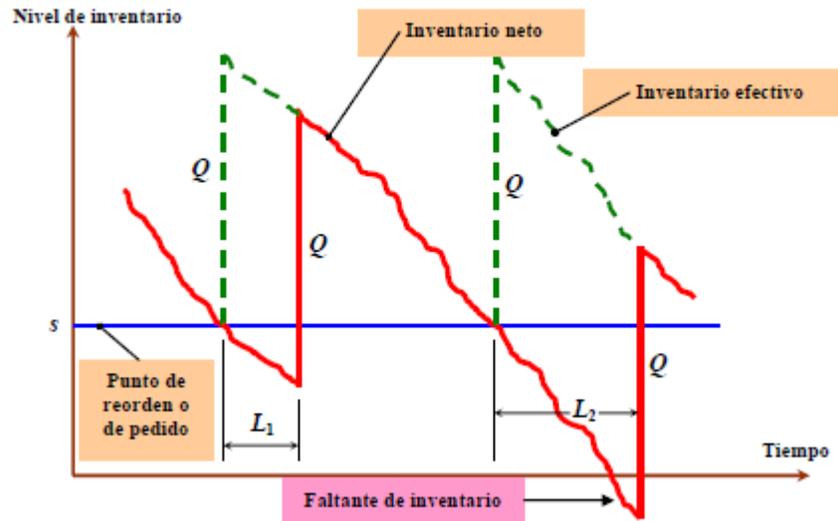
En este sistema, cada vez que el inventario efectivo es igual o menor al punto de reorden s , se ordena una cantidad fija Q . Se denomina también el —sistema de los dos cajonesll (*two-bin system*), ya que se puede implementar físicamente teniendo dos cajones para el almacenamiento de un ítem. La demanda se satisface normalmente del primer cajón, hasta que se agota. Tan pronto sea necesario abrir el segundo cajón, el cual contiene tantas unidades como el punto de reorden s lo indique, se emite una orden por la cantidad fija Q establecida. Cuando llega la orden, el segundo cajón se llena de nuevo con las unidades equivalentes al punto de reorden s , y el resto de deposita en el primer cajón, iniciándose otro ciclo. Nótese que este sistema funciona adecuadamente siempre y cuando no exista más de un pedido de reposición pendiente en cualquier instante de tiempo. Obviamente, el sistema puede utilizarse ajustando la cantidad a pedir, Q , hasta que ésta sea considerablemente mayor que la demanda promedio durante el tiempo de reposición.

Las ventajas de este sistema son las siguientes:

- Es muy fácil de comprender, especialmente en la forma de dos cajones descrita anteriormente.
- La cantidad fija a ordenar Q minimiza posibles errores en el pedido y facilita la administración de los mismos.

Su principal desventaja ocurre cuando algunas transacciones individuales son de considerable magnitud. Así, es posible que la cantidad a ordenar Q no incremente el inventario efectivo por encima del punto de reorden s y un segundo pedido o más sean necesarios. En estos casos, sin embargo, se pueden ordenar múltiplos enteros de Q hasta que el nivel de inventario efectivo sea superior al punto de reorden s . La utilización del concepto de inventario efectivo es clave para el correcto funcionamiento de este sistema de control.

Ilustración 9 Sistema de control de inventario (S, Q)



Fuente. Fundamentos de control y gestión de inventarios, Vidal, C. (2010).

Supuestos básicos del sistema:

- La demanda varía ligeramente en el tiempo, por ende, se considera estacionaria
- La demanda no es considerada errática y ocurre en incrementos unitarios. Los pedidos se realizan cuando el inventario efectivo es igual al punto de reorden S .
- Los pedidos llegan en el mismo orden en que fueron pedidos, es decir con un tiempo de reposición L constante.
- Los costos unitarios de faltante de inventario son tan altos que en un procedimiento práctico el nivel promedio de órdenes pendientes (para el cliente) es muy pequeño comparado con el nivel promedio del inventario a la mano.
- Los errores de pronóstico tienen una distribución normal sin sesgo, con una desviación estándar L sobre un tiempo de reposición igual a L . Obviamente, la desviación estándar L no se conoce con certeza, y, por lo tanto, se utiliza su valor estimado, el cual es proporcionado por el sistema de pronósticos mediante la conocida expresión. Se ha demostrado empíricamente y con modelos de simulación que el uso del valor estimado produce buenos resultados en la mayoría de los casos prácticos.
- Se asume que el tamaño del pedido Q ha sido predeterminado y es independiente del punto de reorden s . Esto ha demostrado ser muy útil en la práctica, especialmente para el caso de los ítems clase B. Una forma de determinarlo es utilizar el EOQ. Esto significa que la única variable a determinar

es el punto de reorden s. En el Capítulo 7 este supuesto será eliminado, pues Q será también definida como una variable de decisión.

Notación:

D = Rata de demanda, en unidades/año.

$Gz(k)$ = Función especial de la distribución normal unitaria $N(0, 1)$.

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

k = Factor de seguridad.

L = Tiempo de reposición.

$pz(k)$ = Probabilidad de que la normal unitaria $z \sim N(0, 1)$ tome un valor mayor o igual que k .

$$pz(k) = \int_k^{\infty} (z - k) \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-z^2/2} dz$$

Q = Tamaño del pedido, en unidades.

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

s = Punto de reorden, en unidades.

IS = Inventario de seguridad, en unidades.

v = Valor unitario del ítem, en \$/unidad.

x_L = Estimación de la demanda esperada sobre el tiempo de reposición L , en unidades. $L \hat{x}$

σ_L = Estimación de la desviación estándar de los errores de los pronósticos sobre el tiempo de reposición L , en unidades.

Metodología para determinar el punto de reorden S :

$$S = x_L + IS = x_L + k \sigma_L = x_L + k \sigma_1 \sqrt{L}$$

El inventario de seguridad $IS = k \sigma_L = k \sigma_1 \sqrt{L}$ para un sistema continuo (s, Q):

$$\sigma_1 \sqrt{\frac{\pi}{2}} * MAD = 1.253 * MAD \quad \sigma_1 = \sqrt{ECM}$$

Costo Total Relevante (CTR) =

Costo anual de ordenamiento

+ Costo anual de mantenimiento del inventario basado en el inventario promedio

+ Costo anual de los faltantes.

El *costo anual de ordenamiento* viene dado por la ya conocida ecuación AD/Q . En el caso de demanda probabilística, el costo anual de mantenimiento del inventario contiene el inventario cíclico promedio $Q/2$ y el inventario de seguridad, cuya suma constituye el inventario promedio, y puede expresarse como:

Costo de mantenimiento del inventario = $I_{vr} = (Q/2 + k \sigma_L)vr$

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

$$CTR_1 = \frac{AD}{Q} + \left(\frac{Q}{2} + k \sigma_L\right)vr + \frac{D}{Q}\beta_1pz(k)$$

El costo de faltantes puede explicarse de la siguiente forma. Ya que D/Q es el valor esperado del número de ciclos o de veces que se pide en un año, $(D/Q) * pz(k) * \beta_1$ representa el valor esperado del número de ciclos en el año en los cuales se presentan faltantes, ya que es la probabilidad de que dichos faltantes ocurran en cada ciclo de reposición. Finalmente, al multiplicar por el costo B_1 en el que se incurre por cada ocasión de faltante, representa entonces el costo esperado de faltantes por año.

$$CTR_2 = \frac{AD}{Q} + \left(\frac{Q}{2} + k \sigma_L\right)vr + \frac{D}{Q}(\beta_2v)\sigma_L Gz(k)$$

Ejemplo, se tienen en cuenta los datos mostrados anteriormente en el modelo del EOQ.

Primero se calcula el valor del económico del pedido (EOQ). En el modelo anterior se determinó que este es $Q= 68$ Kg

Posteriormente se debe calcular la desviación estándar de los errores del pronóstico sobre el tiempo del pronóstico.

El tiempo de reposición en semanas es $L= 1$

$$\sigma_L = \sigma_1\sqrt{L} = 9,36\sqrt{1} = 9,3$$

Se calcula el factor de seguridad, k que es igual a la probabilidad de no ocurrencia de faltantes. Que se calcula como el complemento de P_1 :

$$P_z(k) = 1 - P_1$$

$$P_z(k) = 1 - 0.1$$

Por lo tanto, al consultar en la tabla normalizada encontramos que el valor de k para este resultado es k=1.28.

Se procede a encontrar el tiempo de reposición s de la siguiente manera.

$$S = x_L + IS = x_L + k \sigma_L$$

Para aplicar la formula anterior se debe encontrar el valor de la demanda durante el tiempo de reposición.

$$x_L = dL = 62 * 1 = 62 \text{ Kg}$$

Por lo tanto.

$$S = 62 + 1.28 * 9,3 \cong 74$$

Por lo tanto, la política de control de inventario para el caso del mango Tommy seria ordinar 68Kg una vez que el inventario efectivo se reduzca a s=74 Kg.

Función especial de la distribución normal unitaria $G_z(k)$ para un factor de seguridad igual a 1.28 sería igual a 0.047498

$$P_2 = 1 - \frac{\sigma_L G_z(k)}{Q} = \frac{9.3 * 0,047498}{68} = 0,993$$

Lo que nos muestra que el 99.34% de kilogramos demandados serian satisfechos con el inventario a la mano.

El costo total relevante para este caso está dado por:

$$\begin{aligned} \text{CTR}_2 &= \frac{15950 * 62}{68} + \left(\frac{68}{2} + 1.28 * 9.3 \right) 2394 * 18,11 + \frac{62}{68} 0,09 * 2394 * 9.30,047498 \\ &= 34535,46 \end{aligned}$$

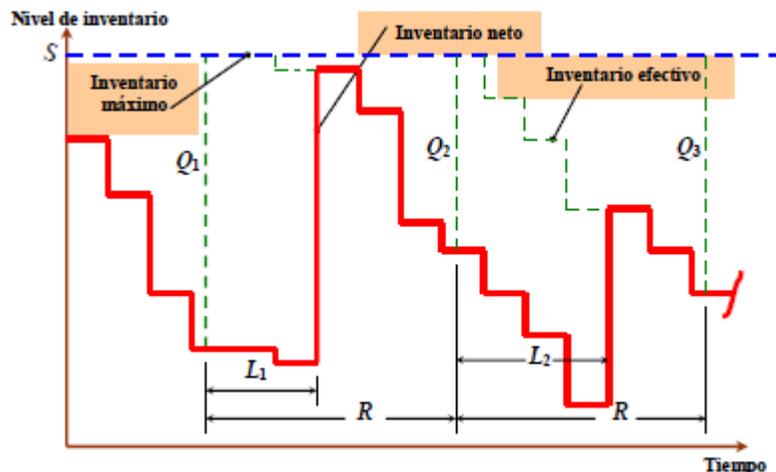
Por lo anterior la política de control de inventarios (s, Q) para el mango Tommy quedaría de revisar el inventario cada semana y ordenar una cantidad de 68 Kg cada vez que el inventario efectivo se reduzca a 74 Kg. Consiguiendo así un nivel de servicio del 99.34%. Con un costo total relevante de 34.535,46 pesos.

6.3 Sistema periódico (R, S)

Este sistema se conoce también como el sistema del ciclo de reposición y se encuentra a menudo en organizaciones que no utilizan control sistematizado de los inventarios. Aquí, cada R unidades de tiempo se revisa el inventario efectivo, y se ordena una cantidad tal que este inventario suba al valor máximo S .

La principal ventaja de este método es la de permitir el control coordinado de diversos ítems relacionados entre sí, bien sea por ser proporcionados por el mismo proveedor, por compartir un mismo sistema de transporte, por ser producidos en la misma línea de manufactura, o por cualquier otra razón que permita obtener economías de escala en la adquisición o producción del pedido. Igualmente, el nivel máximo de inventario S puede ser ajustado fácilmente si el patrón de demanda tiende a cambiar con el tiempo. Su principal desventaja es que, para un mismo nivel de servicio al cliente, este sistema presenta costos de mantenimiento del inventario mayores que aquéllos de los sistemas continuos, ya que el nivel de inventario de seguridad requerido es mayor. Esto se da porque entre un período de revisión y otro, no se tiene información acerca del inventario efectivo, pudiendo caer éste a niveles indeseables si no se tiene el inventario de seguridad adecuado y, por lo tanto, éste debe cubrir fluctuaciones de demanda para un tiempo igual al período de revisión R más el tiempo de reposición L ($R + L$).

Ilustración 10 Sistema de control de inventarios (R, S)



Fuente. Fundamentos de control y gestión de inventarios, Vidal, C. (2010).

De acuerdo con Silver et al. (1998), no es necesario el desarrollo de nuevas reglas de decisión en este caso, ya que existe una estrecha relación entre el sistema

(R, S) y el sistema (s, Q). Simplemente, en todas las expresiones anteriormente presentadas, se deben hacer las siguientes sustituciones:

Tabla 22 Sistema (S, Q) y Sistema (R, S)

<u>Sistema (s, Q)</u>	<u>Sistema (R, S)</u>
s	S
Q	DR
L	$R + L$

Fuente: Vidal, C. (2010)

Este sistema también opera bajo ciertos supuestos, a saber:

- La rata de demanda promedio varía poco en el tiempo.
- La probabilidad de tener demanda igual a cero entre revisiones sucesivas del inventario es muy pequeña; por lo tanto, se asume que cada vez que se revisa el inventario, se ordena un pedido. En realidad, no hay problema en que no ocurra demanda alguna entre dos revisiones del inventario. Simplemente, no se ordena y se espera hasta la revisión siguiente. Esto ocurre muy a menudo en un sistema de control de inventarios de medicamentos que hemos implementado en una cadena de droguerías.
- El tiempo de reposición se asume constante.
- Los costos unitarios de faltante de inventario son tan altos que el nivel promedio de órdenes pendientes (para el cliente) es muy pequeño comparado con el nivel promedio del inventario a la mano. Esto es equivalente a decir que estos sistemas son adecuados para niveles de servicio altos, lo cual es lo deseado en la práctica.
- Los errores de pronóstico tienen una distribución normal sin sesgo, con una desviación estándar sobre el intervalo de revisión más el tiempo de reposición, $R + L$. Obviamente, la desviación estándar no se conoce con certeza, y, por lo tanto, se utiliza su valor estimado, lo cual se hace a través del valor de suministrado por el sistema de pronósticos.
- El valor de R es pre-determinado.
- Los costos de control del sistema no dependen de la magnitud de S .

A' = Costo fijo de ordenamiento incrementado en el costo de revisión del inventario, en \$/pedido

R = Intervalo de revisión pre-especificado (o calculado con base en el EOQ), en unidades de tiempo.

El intervalo de revisión se calcula a partir de la cantidad optima de pedido sobre la demanda redondeada a un valor lógico.

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

S = Nivel máximo de inventario hasta el cual se ordena, en unidades.

$$S = x_{R+L} + K\sigma_{R+L}$$

X_{R+L} = Demanda pronosticada sobre un intervalo de tiempo igual a $R + L$.

$$x_{R+L} = d(R + L)$$

σ_{R+L} = Desviación estándar estimada de los errores de pronósticos sobre un intervalo igual a $R + L$.

$$7\sigma_{R+L} = \sigma_1\sqrt{R + L}$$

$$CTR_2 = \frac{A'}{R} + \left(\frac{QR}{2} + k\sigma_{R+L}\right)vr + \frac{1}{R}(\beta_2v)\sigma_{R+L}Gz(k)$$

Debido a que el tamaño de pedido es variable el indicador $Gz(k)$ esta dado por:

$$Gz(k) = \frac{DR}{\sigma_{R+L}} (1 - P_2)$$

El nuevo costo para de ordenamiento teniendo en cuenta la revisión del inventario estaría dado por:

$$A' = 18.250$$

$$R = \sqrt{\frac{2A'}{Dvr}} = \sqrt{\frac{2 * 18250}{62 * 2394 * 18.11}} = 1,165 \cong 1 \text{ vez por semana}$$

Se procede a calcular la desviación estándar de los errores de pronóstico sobre el tiempo de reposición más el intervalo de revisión calculado anteriormente de la siguiente manera:

$$\sigma_{R+L} = 9,3\sqrt{2} = 13,24$$

Demanda pronosticada sobre el tiempo R+L:

$$x_{R+L} = d(R + L) = 62(2) = 124$$

$$Gz(k) = \frac{DR}{\sigma_{R+L}} (1 - P_2) = Gz(k) = \frac{62 * 1}{13,24} (1 - 0.96) = 0,18735$$

De la distribución normal para un $Gz(k) = 0,18735$ k es igual a 0,54

Con los datos calculados anteriormente es posible calcular el nivel máximo de inventario:

$$S = x_{R+L} + K\sigma_{R+L} = 124 + * 0,54 * 13,24 \cong 131 \text{ Kg}$$

El costo total relevante para este sistema vendría dado por:

$$CTR_2 = \frac{A'}{R} + \left(\frac{QR}{2} + k \sigma_{R+L} \right) vr + \frac{1}{R} (\beta_2 v) \sigma_{R+L} Gz(k)$$

$$\begin{aligned} CTR_2 &= \frac{18250}{R1} + \left(\frac{62}{2} + 0,54 * 13,24 \right) 2394 * 18.1\% + \frac{1}{1} (0,09 * 2394) 13,24 * 0,18735 \\ &= 35143,93 \end{aligned}$$

Por lo anterior la política de control de inventarios (R, S) para el mango Tommy quedaría de revisar el inventario cada semana y ordenar una cantidad de 131 Kg menos el inventario efectivo que haya en este momento. Consiguiendo así un nivel de servicio del 96%. Con un costo total relevante de 35.143,93 pesos.

7 RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DE LOS MODELOS

Debido a que en el supermercado caso de estudio se maneja un volumen relativamente bajo de productos perecederos, lo cuales son objeto de estudio en el presente trabajo se procede a realizar la aplicación de cada uno de los modelos presentados anteriormente a cada ítem; para este propósito se emplearon parámetros para cada producto, los cuales se muestran en la tabla 20:

Tabla 23 Parámetros utilizados en el presente trabajo, parte I

Ítem	AGUACATE	BANANO	FRESA	GUAYABA	LIMÓN PAJARITO
Demanda promedio	32	69	28	99	95
Q descuento	14	29	12	42	40
desviación de la demanda	6,081522593	16,50114261	7,457471175	24,40466878	22,05227404
valor unitario (v)	\$ 3.946	\$ 838	\$ 2.469	\$ 1.250	\$ 1.394
descuentos	5%	8%	7%	9%	6%
P1	0,933	0,97	0,973	0,975	0,96564
B2	0,063	0,04	0,063	0,075	0,09564
P2	0,942	0,956	0,979	0,948	0,976
K	1,5	1,48	2	2,1	1,84
pzk tabla	0,029307	0,031	0,008	0,008	0,0129
Krs	0,4200	0,4600	0,9600	0,3800	1,0500

Fuente. Los autores, (2018)

Tabla 24 Parámetros utilizados en el presente trabajo, parte II

Ítem	LIMÓN TAHITÍ	LULO	MANDARINA	MANGO TOMMY	MANZANA ROJA
Demanda promedio	101	92	66	62	78
Q descuento	43	40	28	14	33
desviación de la demanda	15,39508599	10,81161531	11,04174173	9,3691	16,19762705
valor unitario (v)	\$ 1.278	\$ 2.213	\$ 1.978	\$ 2.394	\$ 736
descuentos	10%	10%	5%	5%	8%
P1	0,924	0,945	0,951	0,9	0,923
B2	0,054	0,075	0,081	0,06	0,053
P2	0,949	0,966	0,956	0,96	0,964
K	1,43	1,6	1,65	1,28	1,42
pzk tabla	0,034312	0,023242	0,020637	0,047498	0,035083
Krs	0,3700	0,4400	0,5600	0,5400	0,4900

Fuente. Los autores, (2018)

Tabla 25 Parámetros utilizados en el presente trabajo, parte III

Ítem	MORA	NARANJA SWEETY	PERA	PIÑA	TOMATE DE ÁRBOL
Demanda promedio	50	112	49	99	154
Q descuento	22	48	21	43	65
desviación de la demanda	7,801167875	14,61650289	8,592040057	16,87510684	39,21290073
valor unitario (v)	\$ 1.647	\$ 886	\$ 994	\$ 1.093	\$ 1.781
descuentos	6%	8%	6%	6%	6%
P1	0,935	0,956	0,944	0,963	0,933
B2	0,065	0,086	0,074	0,093	0,063
P2	0,944	0,976	0,943	0,935	0,938
K	1,51	1,7	1,59	1,78	1,5
pzk tabla	0,028645	0,018288	0,023796	0,01501	0,029307
Krs	0,5500	0,4800	0,1300	0,1300	0,5900

Fuente. Los autores, (2018)

Tabla 26 Resultados de los modelos aplicados, parte I

MODELO EOQ	AGUACATE	BANANO	FRESA	GUAYABA	LIMÓN PAJARITO
D	23	49	20	70	67
% descuento	0,05	0,08	0,07	0,09	0,06
EOQ(V ₀)=	41	60	38	72	70
EOQ(V)=	42	63	40	75	72
CTR[EOQ(V ₀)]=	\$72.895,83	\$143.336,27	\$64.510,13	\$198.692,13	\$190.836,14
CTR[EOQ(Q)]=	\$81.395,12	\$140.654,16	\$73.530,56	\$187.364,97	\$185.639,82
q descuento	14	29	12	42	40
MODELO (S, Q)					
Demanda promedio	23	49	20	70	67
desviación estándar de la demanda	4,242107391	11,72041058	5,224954625	17,50961813	14,9382212
v(valor unitario)	\$3.946,15	\$837,50	\$2.469,23	\$1.250,00	\$1.393,75
p1	0,933	0,97	0,973	0,975	0,96564
b2	0,063	0,04	0,063	0,075	0,09564
p(z)k	\$0,03	\$0,03	\$0,01	0,008266	0,0129
K	1,5	1,48	2	2,1	1,84
EOQ=	32	102	38	99	92
σ_L =	4,24	11,72	5,23	17,51	14,94
XL=	23	49	20	70	67
s=	29,36	66,35	30,45	106,77	94,49
p2=	0,996120249	0,996459499	0,998825549	0,998542844	0,997906025
CTR2=	\$27.465,36	\$18.032,34	\$21.565,25	\$30.813,40	\$30.179,93
MODELO (R, S)					
Demanda promedio	23	49	20	70	67
desviación estándar de la demanda	4,242107391	11,72041058	5,224954625	17,50961813	14,9382212
v(valor unitario)	\$3.946,15	\$837,50	\$2.469,23	\$1.250,00	\$1.393,75
b1	0,063	0,04	0,063	0,075	0,09564
p2	0,942	0,956	0,979	0,948	0,976
K	0,42	0,46	0,96	0,38	1,05
R=	1	2	2	2	1
σ_{R+L} =	\$6,00	\$20,30	\$9,05	30,32754822	21,12583501
XR+L=	46	147	60	210	134
Gz(K)=	0,222361284	0,212410166	0,09281884	0,240045781	0,076115335
S=	48,51968324	156,3381594	68,6878914	221,5244683	156,1821268
CTR2=	\$28.599,12	\$18.043,98	\$22.016,79	\$27.918,29	\$32.516,64

Fuente. Los autores, (2018)

Tabla 27 Resultados de los modelos aplicados, parte II

MODELO EOQ	LIMÓN TAHITÍ	LULO	MANDARINA	MANGO TOMMY	MANZANA ROJA
D	72	67	47	62	55
% descuento	0,1	0,1	0,05	0,05	0,08
EOQ(Vo)=	73	70	59	67,54696846	64
EOQ(V)=	77	74	60	69,30172739	66
CTR[EOQ(Vo)]=	\$203.921,45	\$190.836,14	\$138.011,51	\$177.708,37	\$159.247,95
CTR[EOQ(Q)]=	\$190.226,05	\$178.877,12	\$139.430,62	\$214.524,97	\$154.299,98
q descuento	43	40	28	14	33
MODELO (S, Q)					
Demanda promedio	72	67	47	62	55
desviación estándar de la demanda	10,50389571	7,352239786	8,044816961	9,369086873	11,42725698
v(valor unitario)	\$1.277,78	\$2.212,50	\$1.977,78	\$2.393,75	\$736,36
p1	0,924	0,945	0,951	0,9	0,923
b2	0,054	0,075	0,081	0,06	0,053
p(z)k	0,034312	0,023242	0,020637	0,047498	0,035083
K	1,43	1,6	1,65	1,28	1,42
EOQ=	100	73	65	67,55049562	115
σ_L =	10,5	7,35	8,04	\$9,37	11,43
XL=	72	67	47	62	55
s=	87,02	78,76	60,27	\$73,99	71,23
p2=	0,996382687	0,997660488	0,997434153	0,993412145	0,996505135
CTR2=	\$26.545,47	\$34.000,28	\$27.944,57	\$34.535,46	\$17.465,90
MODELO (R, S)					
Demanda promedio	72	67	47	62	55
desviación estándar de la demanda	10,50389571	7,352239786	8,044816961	9,369086873	11,42725698
v(valor unitario)	\$1.277,78	\$2.212,50	\$1.977,78	\$2.393,75	\$736,36
b1	0,054	0,075	0,081	0,06	0,053
p2	0,949	0,966	0,956	0,96	0,964
K	0,37	0,44	0,56	0,54	0,49
R=	1	1	1	1	2
σ_{R+L} =	14,85475177	10,39763722	11,37708925	13,24988972	19,79258968
XR+L=	144	134	94	124	165
Gz(K)=	0,247193629	0,219088236	0,181768812	0,187171369	0,20007488
S=	149,4962582	138,5749604	100,37117	131,1549405	174,6983689
CTR2=	\$28.104,26	\$33.881,50	\$29.278,66	\$35.143,93	\$17.828,68

Fuente. Los autores, (2018)

Tabla 28 Resultados de los modelos aplicados, parte III

MODELO EOQ	MORA	NARANJA SWEETY	PERA	PIÑA	TOMATE DE ÁRBOL
D	36	80	35	71	109
% descuento	0,06	0,08	0,06	0,06	0,06
EOQ(Vo)=	51	77	51	72	90
EOQ(V)=	53	80	52	75	92
CTR[EOQ(Vo)]=	\$108.495,66	\$224.780,26	\$105.789,60	\$201.307,57	\$299.769,43
CTR[EOQ(Q)]=	\$111.595,16	\$212.353,01	\$109.624,40	\$194.872,27	\$285.279,03
q descuento	22	48	21	43	65
MODELO (S, Q)					
Demanda promedio	36	80	35	71	109
desviación estándar de la demanda	5,205722573	10,85060695	6,013904201	12,73163955	27,91883166
v(valor unitario)	\$1.646,88	\$885,71	\$994,44	\$1.092,86	\$1.781,25
p1	0,935	0,956	0,944	0,963	0,933
b2	0,065	0,086	0,074	0,093	0,063
p(z)k	0,028645	0,018288	0,023796	0,01501	0,029307
K	1,51	1,7	1,59	1,78	1,5
EOQ=	62	126	79	107	104
σ_L =	5,21	10,85	6,01	12,73	27,92
XL=	36	80	35	71	109
s=	43,86	98,45	44,56	93,66	150,88
p2=	0,99759709	0,998426927	0,998182629	0,998213734	0,992119646
CTR2=	\$20.858,81	\$23.198,51	\$15.905,34	\$25.667,85	\$47.091,81
MODELO (R, S)					
Demanda promedio	36	80	35	71	109
desviación estándar de la demanda	5,205722573	10,85060695	6,013904201	12,73163955	27,91883166
v(valor unitario)	\$1.646,88	\$885,71	\$994,44	\$1.092,86	\$1.781,25
b1	0,065	0,086	0,074	0,093	0,063
p2	0,944	0,976	0,943	0,935	0,938
K	0,55	0,48	0,13	0,13	0,59
R=	2	2	2	2	1
σ_{R+L} =	9,016575987	18,79380253	10,41638763	22,05184656	39,48319038
XR+L=	108	240	105	213	218
Gz(K)=	0,447176401	0,204322675	0,383050261	0,418559052	0,171161447
S=	112,9591168	249,0210252	106,3541304	215,8667401	241,2950823
CTR2=	\$21.554,84	\$23.548,04	\$15.817,85	\$24.211,11	\$44.099,70

Fuente. Los autores, (2018)

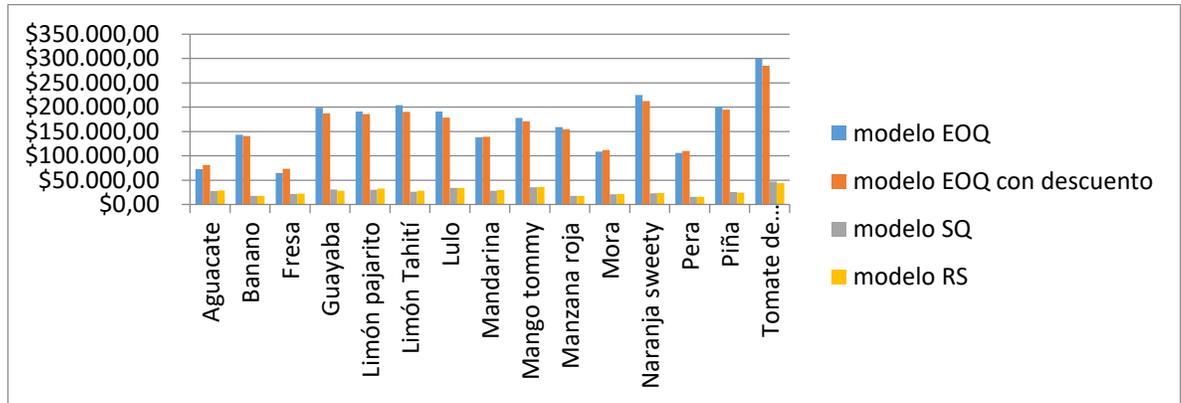
Al observar los resultados de la aplicación de los modelos se puede observar que el método del EOQ con y sin descuentos presenta los mayores costos totales relevantes. En este orden de ideas nos muestra que no es la mejor opción para aplicarla en el análisis de los productos perecederos. Esto claro sin tener en cuentas sus limitaciones debido a la cantidad de supuestos que presenta. Debido a esto la decisión sobre qué modelo usar para cada ítem en particular quedaría dada por los sistemas (R, S) Y (s, Q), que a su vez ya son más completos debido a que algunos de los supuestos asumidos en el EOQ se van eliminando. Estos resultados se pueden evidenciar de manera más clara en la tabla 24:

Tabla 29 Resumen costo total relevante de cada modelo y sugerencia de cual utilizar para cada ítem.

ÍTEM	AGUACATE	BANANO	FRESA	GUAYABA	LIMÓN PAJARITO
modelo EOQ	72895,83	143336,27	64510,13	198692,13	190836,14
modelo EOQ con descuento	81395,12	140654,16	73530,56	187364,97	185639,82
MODELO (S, Q)	27465,36	18032,34	21565,25	30813,4	30179,93
MODELO (R, S)	28599,12	18043,98	22016,79	27918,29	32516,64
MODELOS A USAR	MODELO (S, Q)	MODELO (S, Q)	MODELO (S, Q)	MODELO (R, S)	MODELO (S, Q)
ÍTEM	LIMÓN TAHITÍ	LULO	MANDARINA	MANGO TOMMY	MANZANA ROJA
modelo EOQ	203921,45	190836,14	138011,51	\$177.708,37	159247,95
modelo EOQ con descuento	190226,05	178877,12	139430,62	\$214.524,97	154299,98
MODELO (S, Q)	26545,47	34000,28	27944,57	\$34.535,46	17465,9
MODELO (R, S)	28104,26	33881,5	29278,66	\$36.203,18	17828,68
MODELOS A USAR	MODELO (S, Q)	MODELO (R, S)	MODELO (S, Q)	MODELO (S, Q)	MODELO (S, Q)
ÍTEM	MORA	NARANJA SWEETY	PERA	PIÑA	TOMATE DE ÁRBOL
modelo EOQ	108495,66	224780,26	105789,6	201307,57	299769,43
modelo EOQ con descuento	111595,16	212353,01	109624,4	194872,27	285279,03
MODELO (S, Q)	20858,81	23198,51	15905,34	25667,85	47091,81
MODELO (R, S)	21554,84	23548,04	15817,85	24211,11	44099,7
MODELOS A USAR	MODELO (S, Q)	MODELO (S, Q)	MODELO (R, S)	MODELO (R, S)	MODELO (R, S)

Fuente. Los autores, (2018)

Ilustración 11 Variación de cada ítem con respecto al costo total relevante de cada modelo.



Fuente. Los autores, (2018)

El 66,67% de los ítems presentaron un menor costo total relevante con la implementación del modelo continuo (s, Q) y solo el 33,33% con el modelo periódico (R, S).

A modo de análisis se presentan los escenarios en los cuales se puede ver inmerso el supermercado caso de estudio debido a la fluctuación del precio, posibles cambios políticos y oportunidades de expansión en los cuales les serviría con base para tomar las acciones y decisiones pertinentes; estos escenarios serían los siguientes:

El primer escenario que se trabaja es el aumento de la demanda por ítem. Se supone que la demanda por ítem aumenta entre un 30 y un 70 %.

En la tabla 25 se muestran los resultados obtenidos para este escenario.

Tabla 30 Resultados obtenidos en el escenario 1, aumento de la demanda.

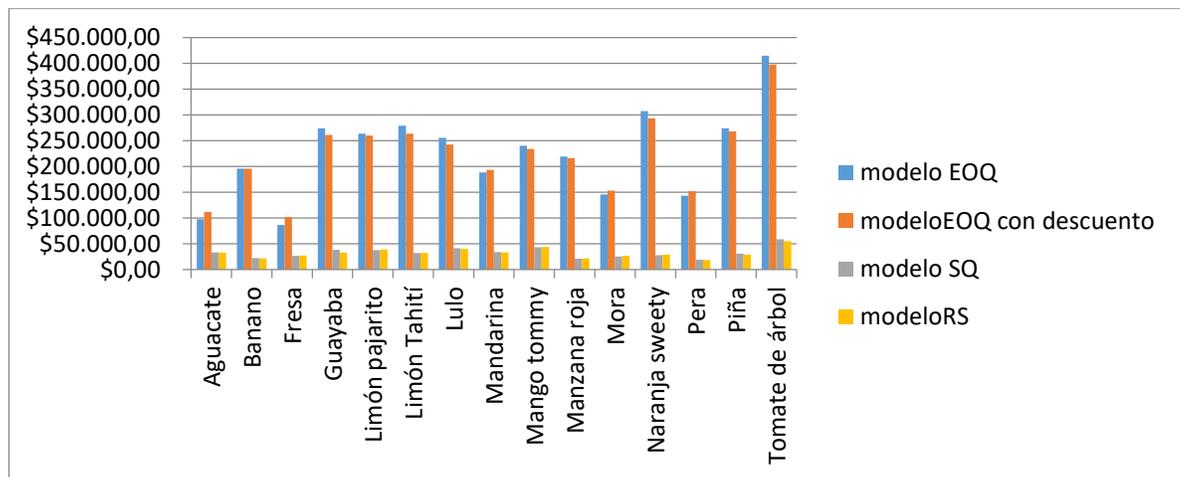
ÍTEM	AGUACATE	BANANO	FRESA	GUAYABA	LIMÓN PAJARITO
demanda	32	69	28	99	95
desviación estándar	6,081522593	16,50114261	7,457471175	24,40466878	22,05227404
CTR modelo EOQ	97643,64	196075,1	86709,04	274005,71	263674,53
CTR modelo EOQ con descuento	112117,4	195703,76	101975,25	261555,72	259814,9
CTR modelo SQ	33562,9	21983,04	26658,51	38351,28	37927,88
CTR modelo RS	32724,94	21684,01	27279,47	32904,77	38805,3
MODELOS A UTILIZAR	MODELO (R, S)	MODELO (R, S)	MODELO (S, Q)	MODELO (R, S)	MODELO (S, Q)
ÍTEM	LIMÓN TAHITÍ	LULO	MANDARINA	MANGO TOMMY	MANZANA ROJA
demanda	101	92	66	86	78
desviación estándar	15,39508599	10,81161531	11,04174173	13,97147493	16,19762705
CTR modelo EOQ	279165,57	255915,66	188214,13	240368,97	219573,88
CTR modelo EOQ con descuento	263466,42	242710,87	193465,53	233864,11	216073,69
CTR modelo SQ	32427,56	41263,88	34014,58	43573,43	21293,64
CTR modelo RS	32153,29	39892,63	33664,66	43595,35	21467,46
MODELOS A UTILIZAR	MODELO (R, S)	MODELO (R, S)	MODELO (R, S)	MODELO (S, Q)	MODELO (S, Q)
ÍTEM	MORA	NARANJA SWEETY	PERA	PIÑA	TOMATE DE ÁRBOL
demanda	50	112	49	99	154
desviación estándar	7,801167875	14,61650289	8,592040057	16,87510684	39,21290073
CTR modelo EOQ	145994,55	307482,07	143336,27	274005,71	414822,74
CTR modelo EOQ con descuento	153250,2	293465,7	151762,77	268268,4	397587,53
CTR modelo SQ	25338,03	27937,5	19244,5	30962,92	58937,33
CTR modelo RS	26550,87	29027,02	18501,99	29313,22	54709,14
MODELOS A UTILIZAR	MODELO (S, Q)	MODELO (S, Q)	MODELO (R, S)	MODELO (R, S)	MODELO (R, S)

Fuente. Los autores, (2018)

Si en un futuro se llegara a presentar un incremento importante en la demanda, el modelo continuo (s, Q) y periódico (R, S) siguen siendo los acertados para la

implementación dentro del supermercado, ya que presenta los menores costos totales relevantes. El 60% de los ítems presentaron un menor costo total relevante con la implementación del modelo continuo (s, Q) y el 40% con el modelo periódico (R, S).

Ilustración 12 Variación de cada ítem con respecto al costo total relevante de cada modelo, escenario 1.



Fuente. Los autores, (2018)

El segundo escenario que se trabaja es la disminución de la demanda por ítem. Se supone que la demanda por ítem disminuye entre un 5 y un 20%.

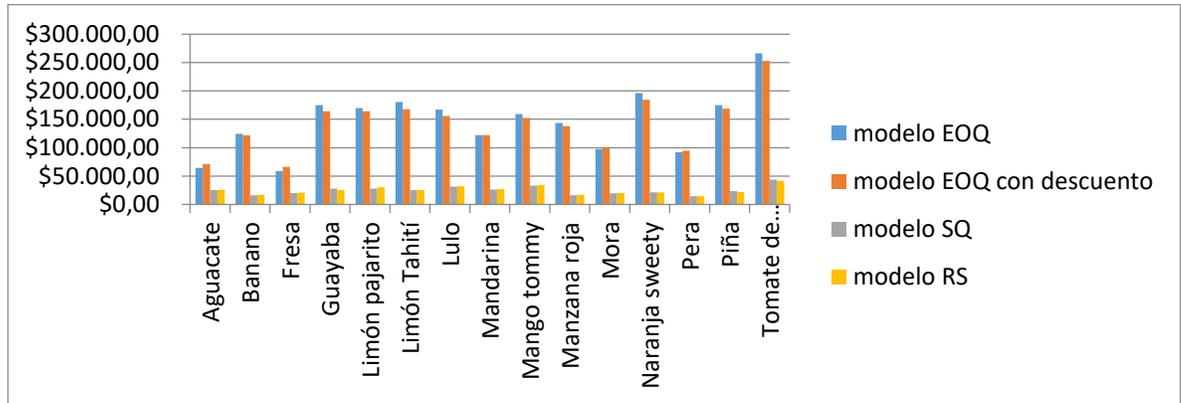
En la tabla 26 se muestran los resultados obtenidos para este escenario.

Tabla 31 Resultados obtenidos en el escenario 2, disminución de la demanda.

ÍTEM	AGUACATE	BANANO	FRESA	GUAYABA	LIMÓN PAJARITO
Demanda promedio	20	42	18	61	59
Desviación estándar de la demanda	3,759502791	10,27662271	4,676406556	15,03002274	13,62590028
modelo EOQ	64510,13	124647,35	58868,73	175077,27	169809,19
modelo EOQ con descuento	71154,37	121386,8	66419,39	164340,25	164446,94
MODELO (S, Q)	25398,85	16565,13	20207,47	28137,99	28137,25
MODELO (R, S)	25658,13	16797,7	20708,24	25467,99	30457,2
MODELO A USAR	MODELO (S, Q)	MODELO (S, Q)	MODELO (S, Q)	MODELO (R, S)	MODELO (S, Q)
ÍTEM	LIMÓN TAHITÍ	LULO	MANDARINA	MANGO TOMMY	MANZANA ROJA
Demanda promedio	63	58	41	55	49
Desviación estándar de la demanda	10,49446813	6,20258789	8,022663035	8,428454106	10,46885419
modelo EOQ	180337,55	167172,09	121964,72	159247,95	143336,27
modelo EOQ con descuento	167496,27	155896,97	122366,96	152223,72	138185,1
MODELO (S, Q)	25052,33	31221,6	26400,63	33052,2	16425,07
MODELO (R, S)	25478,91	31741,35	26883,49	34229,35	16911,8
MODELO A USAR	MODELO (S, Q)				
ÍTEM	MORA	NARANJA SWEETY	PERA	PIÑA	TOMATE DE ÁRBOL
Demanda promedio	32	69	30	61	96
Desviación estándar de la demanda	5,201374688	9,590306664	5,644676078	11,25717469	25,69363532
modelo EOQ	97643,64	196075,1	92187,67	175077,27	266258,79
modelo EOQ con descuento	99693,72	184470,52	94574,98	168659,37	252834,35
MODELO (S, Q)	19797,97	21410,92	14747,23	23598,74	43941,73
MODELO (R, S)	20336,82	21595,76	14576,28	22100,51	41313,96
MODELO A USAR	MODELO (S, Q)	MODELO (S, Q)	MODELO (R, S)	MODELO (R, S)	MODELO (R, S)

Fuente. Los autores, (2018)

Ilustración 13 Variación de cada ítem con respecto al costo total relevante de cada modelo, escenario 2.



Fuente. Los autores, (2018)

En caso de que la demanda sufra una disminución de entre 5 y 20% la distribución de cada ítem dentro de los modelos estudiados en el presente trabajo muestra que el 73,33% de los ítems presentaron un menor costo total relevante con la implementación del modelo continuo (s, Q) y el 26,67% con el modelo periódico (R, S).

8 CONCLUSIONES

La empresa caso de estudio dedica parte de sus actividades a la comercialización de frutas, el portafolio de productos cuenta con 15 ítems, los cuales son: aguacate, banano, fresa, guayaba, limón pajarito, limón Tahití, lulo, mandarina, mango Tommy, manzana roja, mora, naranja Sweety, pera, piña y tomate de árbol.

Los criterios utilizados en la clasificación ABC multicriterio fueron: Utilidad, Variación de los precios y ventas, la ponderación de cada ítem fue realizada mediante la valoración de los dirigentes y administradores del supermercado donde se llevó a cabo el proyecto, reportando unos valores de 62,32%, 13,73% y 23,95% para los criterios de utilidad, variación de los precios y ventas, respectivamente. Sobre la clasificación ABC multicriterio se concluye que los ítems pertenecientes a la clase A son el lulo y el mango Tommy, siendo este último, el ítem que se expuso como ejemplo en el presente trabajo.

La simulación de pronósticos se realizó utilizando tres sistemas de pronósticos, los cuales son, el sistema de pronóstico de promedio móvil, suavización exponencial simple y suavización exponencial doble. Se realizó el análisis del comportamiento de la demanda de cada ítem y se aplicó a cada uno de los ítems los sistemas de pronósticos mencionados para un horizonte de 52 semanas.

De manera análoga a los sistemas de pronósticos, los cuales se implementaron para cada fruta, se determinaron modelos de control de inventarios para cada uno de los ítems pertenecientes al portafolio de frutas del supermercado y se emplearon parámetros para cada producto, como demanda promedio, cantidad de descuento, desviación de la demanda, valor unitario, descuentos, P1, B2, P2, K, pzk tabla, Krs. Se emplearon los siguientes sistemas de modelos de inventario: modelo del tamaño económico de pedido – EOQ sin y con descuento, el sistema de revisión continua (s, Q) y el sistema de revisión periódica (R, S).

Mediante el análisis comparativo de los costos y nivel de servicio asociados a cada uno de los modelos de inventario, se concluye que los sistemas de control de inventario que mejor se adecuan a las características de los productos perecederos estudiados en este trabajo son el sistema de revisión continua (s, Q) y el sistema de revisión periódica (R, S), los cuales, en el ejemplo del Mango Tommy proporcionan un costo total relevante – CTR de \$34.535,46 y \$35.143,93 respectivamente. El nivel de servicio generado por el sistema (s, Q) es del 99.34% y el generado por el sistema (R, S) es del 96%. Al comparar los dos modelos, es preciso comentar que, la cantidad a ordenar por el sistema (s, Q) es 68 Kg cada vez que el inventario efectivo se reduzca a 74 Kg, y la cantidad a ordenar por el sistema (R, S) es de 131 Kg menos el inventario efectivo que haya en el momento de ordenar; el periodo de revisión sugerido para cada uno de los modelos es de una semana.

Con el fin de brindar información pertinente sobre sucesos que se pueden dar dentro del mercado hortofrutícola y a oportunidades de inversión futura, se plantearon dos escenarios posibles, el primero con aumento de la demanda entre un 30% y un 70% y el segundo con disminución de la misma entre un 5% y un 20%, para el ejemplo del mango Tommy, se observa que, en el primer escenario planteado, el CTR del sistema (s, Q) es de \$43.573,43 y de \$43.595,35 para el sistema (R, S). En el segundo escenario planteado, los costos total relevantes son de \$33.052,2 y \$34.229,35 para los sistemas (s, Q) y (R, S) respectivamente. De lo cual se concluye que sea cual sea el comportamiento de la demanda de las frutas, los métodos sugeridos a utilizar serían el sistema (R, S) y sistema (s, Q), esto debido a que son los que representan el menor costo total relevante,

Las recomendaciones de futuros estudios a realizar a partir de este trabajo pueden ser planteados desde cada una de las etapas que constituyen la propuesta del sistema de inventario. Ya que los métodos de pronóstico utilizados en este trabajo fueron todos basados en series de tiempo, se sugiere la utilización de técnicas de regresión estadística para el pronóstico de la demanda, de este modo se podrían capturar relaciones entre la demanda y algunos factores externos como la edad, periodo del año e incluso factores climáticos que constantemente están relacionados con la demanda de estos productos. Respecto a la clasificación ABC, se pueden utilizar otros criterios relacionados a la relevancia del producto como durabilidad, almacenabilidad y costo unitario. Los sistemas de control de inventarios a estudiar en el futuro pueden ser extendidos a modelos como el News Vendor Problem (o variaciones de este), modelos híbridos y modelos multi-periodo en los cuales sea posible tomar mejores decisiones no solo en un periodo de tiempo, sino en un periodo de planeación adecuado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Vidal Holguín, C. J. (2010). Fundamentos de control y gestión de inventarios. Colombia. Universidad del Valle – Facultad de Ingeniería.

Pérez, F y Torres, F. (2014). Modelos de inventarios con productos perecederos: revisión de literatura. En: Ingeniería, Vol. 19, No. 2, pp. 9-40.

BALLOU, R. H; (2004). Logística. Administración de la cadena de suministro. México. Quinta edición.

de la Garza Mora, R. La importancia de la cadena de suministro y su administración. Recuperado de: <http://www.tuposgradour.com/Portals/0/La-importancia-de-la-cadena-de-suministro.pdf>

Chaaben Kouki, M. Zied Babai, Zied Jemai, Stefan Minner. (2016). A coordinated multi-item inventory system for perishables with random lifetime.

Yongrui Duan, Guiping Li, Jame M. Tien, Jiazhen Huo. (2011). Inventory models for perishable items with inventory level dependent demand rate.

Fredrik Olsson, Patrik Tydesjo. (2009). Inventory problem with perishable items: fixed lifetimes and backlogging.

K. H van Donselaar, J. Peters, A. de Jong, R.A.C.M. Broekmeulen (2015). Analysis and forecasting of demand during promotion for perishable items.

Chaaben Kouki, Zied Jemai, Stefan Minner (2015). A lost sales (r,Q) inventory control model for perishables with fixed lifetime and lead time.

K. van Donselaar, T. van Woensel, R. Broekmeulen, J. Fransoo (2005). Inventory control of perishable in supermarkets.

Karin G.J. Pauls-Worm, Elegius M.T. Hendrix, Alejandro G. Alcoba, René Haijema (2015). Order quantities for perishable inventory control with non-situational demand and a fill rate constraint.

Behrouz Afshar-Nadjafi (2016). The influence of sale announcement on the optimal policy of an inventory system with perishable items.

Código alimentario español, Recuperado de: https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-1967-16485

Arias M. Las dificultades y oportunidades que enfrentan los cultivos de fruta del norte del Valle (2013). Recuperado de: www.elpais.com.co

Montes Hernández, L.; Rivas Núñez, E. & Mena Navarro, P. (2005). Gestión de inventarios: Control interno para productos perecederos. Licenciatura tesis, Universidad de El Salvador.

Contreras Juárez A., Atziry Zuñiga C., Martínez Flores J. & Sánchez Partida D. (2016). Análisis de series de tiempo en el pronóstico de la demanda de almacenamiento de productos perecederos.

Ek Peng Chew, Chulung Lee y Rujing Liu (2008). Joint inventory allocation and pricing decisions for perishable products.

Andrian Nur Ramadhan, Togar M. Simatupang (2012). Determining Inventory Management Policy for Perishable Materials in Roemah Keboen Restaurant.

Karin G.J. Pauls-Worm, Eligius M.T. Hendrix, Alejandro G. Alcoba & René Haijema (2015). Order quantities for perishable inventory control with non-stationary demand and a fill rate constraint.

Linh N.K. Duong, Lincoln C. Wood & William Y.C. Wang (2015). A Multi-criteria Inventory Management System for Perishable & Substitutable Products.

Anwar Mahmoodi, Alireza Haji & Rasoul Haji (2014). One for one period policy for perishable inventory.

Mehmet Önal, Arda Yenipazarli, O. & Erhun Kundakcioglu (2016). A mathematical model for perishable products with price- and displayed-stock-dependent demand

Haijema Rene (2014). Optimal ordering, issuance and disposal policies for inventory management of perishable products.

Gobernación del Valle del Cauca, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural - MADR, Fondo Nacional de Fomento Hortofrutícola – FNFH, Asociación Hortofrutícola de Colombia - Asohofrucol, Sociedad de Agricultores y Ganaderos del Valle del Cauca SAG, (2016). Plan Frutícola Nacional Valle del Cauca.

Montes Hernández, L.; Rivas Núñez, E. y Mena Navarro, P. (2005). Gestión de inventarios: Control interno para productos perecederos.

Lagodimos A. G. et al. (2017). The discrete-time EOQ model: Solution and implications.

Castro, C. Vélez, M., & Castro, J. (2011). Clasificación ABC multicriterio: tipos de criterios y efectos en la asignación de pesos. Iteckne, 8(2), 163-170.

Chen, Y. (2006). Multiple criteria decision analysis: classification problems and solutions [thesis doctoral]. University of Waterloo: Canada.

- Flores, B.E. & Whybark, D.C. (1986). Multiple criteria ABC analysis. *International Journal of Operations and Production Management*. 6(3), 38-46.
- Flores, B.E. & Whybark, D.C. (1987). Implementing multiple criteria ABC analysis. *Journal of Operations Management*. 7(1), 79-84.
- Rezaeia, J., & Dowlatshahib, S. (2010). A rule-bases multi-criteria approach to inventory classification. *International Journal of Production Research*, 48(23), 7107-7126.
- Flores, B.E., Olson, D.L., & Dorai, V.K. (1992). Management of multicriteria inventory classification. *Mathematical and Computer Modeling*, 16(12), 71-82.
- Jeddou, M. B. (2013). An improvement of two multi-criteria inventory classification models. *IOSR Journal of Business and Management*, 11(6), 21-27.
- Wan Lung, Ng. (2007). A simple classifier for multiple criteria ABC analysis. *European Journal of Operational Research* Vol. 177(1), 344-353.
- Ballou, R.H. (1999). *Business Logistics Management: Planning, Organizing, and Controlling the Supply Chain*, 4^a Edición, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey. [Edición en inglés del texto de Ballou]
- Bravo, J.J., Toro H., & Osorio J.C. (2007). Administración de recursos de distribución: Indicadores para la priorización en transporte. *Studios Gerenciales*, 23, 101-118.
- Adenso-Diaz B., Lozano S. & Palacio A. (2016). Effects of dynamic pricing of perishable products on revenue and waste.
- Zeynep Sargut F. & Gül I. (2017). Dynamic economic lot size model with perishable inventory and capacity constraints.
- Herbon A & Ceder A. (2017). Monitoring perishable inventory using quality status and predicting automatic devices under various stochastic environmental scenarios.
- Aslani A. Allah A. & Zanoni S. (2017). An EOQ model with partial backordering with regard to random yield: two strategies to improve mean and variance of the yield.
- Janssen L., Sauer J., Claus T. & Nehls U. (2018). Development and simulation analysis of a new perishable inventory model with a closing days constraint under non-stationary stochastic demand.
- Olsson F. & Tydesjö P. (2009). Inventory problems with perishable items: Fixed lifetimes and backlogging.

- Dobson G., Pinker E. & Yildiz O. (2016). An EOQ model for perishable goods with age-dependent demand rate.
- Ketzenberg M., Gaukler G. & Salin V. (2017). Expiration dates and order quantities for perishables.
- K. van Donselaar, T van Woensel, R. Broekmeulen & J. Fransoo (2005). Inventory control of perishables in supermarkets.
- Ek Peng Chew, Chulung Lee & Rujing Liu (2008). Joint inventory allocation and pricing decisions for perishable products.
- Kara A. & Dogan I. (2017). Reinforcement learning approaches for specifying ordering policies of perishable inventory systems.
- Catillo A., Vall P., Garrido-Baserba M., Comas J. & Poch M. (2016). Selection of industrial (food, drink and milk sector) wastewater treatment technologies: A multi-criteria assessment.
- Devarajan D. & Jayamohan M. S. (2015). Stock control in a chemical firm: combined FSN and XYZ analysis.
- Abbou R., Jacques J., Hajer L., Berna K. & Farraa B. (2017). On inventory control for perishable inventory systems subject to uncertainties ion customer demands.
- Perfetti del Corral M. & Prada Lombo C. F. (2014). DANE, Tercer censo Nacional agropecuario, novena entrega de resultados.
- Khouja M. (1999). The single-period (news-vendor) problem: literature review and suggestions for future research.
- Castro Zuluaga C. A., Velez Gallego M. C. & Castro Urrego J. A. (2011) Clasificación ABC multicriterio: Tipos de criterios y efectos en la asignación de pesos.
- Kader A. A. (2013). Postharvest technology of horticultural crops – an overview from farm to fork.
- Errasti A., Chackelson C. & Poler R. (2011). An expert system for stock replenishment improvement: a case study.
- Diaz Pacheco R. A., Acosta Rios M. F. & Bravo Bastidas J. J. (2015). Clasificación ABC multicriterio para medicamentos en una clínica de la ciudad de Cali: aplicación de técnicas.
- Errasti A., Chackelson C. & Santos J. (2010). Sistema experto de mejora de la gestión de inventarios soportado en métodos de previsión de demanda: Estudio de caso.

Parada Guitierrez O. (2009). Un enfoque multicriterio para la toma de decisiones en la gestion de inventarios.

Arbolda J. & Castillo J. A. (2016). Modelo integrado de clasificacion ABC multicriterio, aplicado en el area de picking de un centro de distribucion de repuestos.

Gomez Espin J. M. (2004) Estrategias de innovacion en el sector hortofruticola español y en las empresas encargadas de la logistica y transporte de estos productos perecederos.

Gutierrez V. & Vidal C. J. (2008) Modelos de gestion de inventarios en cadenas de abastecimiento: Revision de la literatura.

Perez Mantilla F. A. & Torres F. (2014). Modelos de inventarios con productos perecederos: revision de la literatura.

Arias Velazquez C. J. & Toledo Hevia J. (2007). FAO, Manual de manejo postcosecha de frutas tropicales (papaya, piña, platano, citricos).

Nieto Montealegre Y. P., Aplicacion de diferentes modelos para determinar el stock de seguridad optimo en una empresa distribuidora.

Gobernación del Valle del Cauca, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural - MADR, Fondo Nacional de Fomento Hortofrutícola – FNFH, Asociación Hortofrutícola de Colombia - Asohofrucol, Sociedad de Agricultores y Ganaderos del Valle del Cauca SAG, (2006). Plan Frutícola Nacional Valle del Cauca.

Herrera Pavis A. R, (2006). Sistemas de inventarios, capitulo 3. Marco teorico.

Benavides Salazar D. Yangana Payan I. C. (2012). Sistematizacion de metodologias para el analisis de sistemas de inventarios de dos escalones aplicada a una cadena de supermercados de la ciudad de Cali.

Cortes Hurtado B. E. & Morales Bejarano L. V. (2012). Diseño de un sistema de control de inventarios de repuestos en una empresa manufacturera de la ciudad de Cali.

Cedillo-Campos M. G. & Cedillo-Campos H. O. (2015). Waverisk method: security risk level classification of stock keeping units in a warehouse.

Campuzano Bolarin, F., Lario E., Cruz F. & Ros McDonnell, L. (2006). Consecuencias del efecto Bullwhip según distintas estrategias de gestión de la cadena de suministro: modelacion y simulacion.

Ramirez Padilla, D. N. (2008). Contabilidad administrativa, octava edición.

Causado Rodriguez E. (2015). Modelo de inventarios para control economico de pedidos en empresa comercializadora de alimentos.

Jay Heizer y Barry Render. (2008). Dirección de la producción y de operaciones. Decisiones tácticas, 8.^a edición.

Dianelys Nogueira Rivera, Reynos Hernandez Maden, Alberto Medina Leon & Lazaro Quintana Tapanes (2008). Procesos internos y dimension financiera del control de gestion.

Angon-Galvan Pedro, Santos-Sanchez Norma Francenia & Hernandez-Carlos Guillermo (2006). Ensayos, indices para la determinacion de las condiciones optimas de maduracion de un fruto.

Zegers S. C. (2016). Analysis and improvement of a process in a hospital organisation, Towards an improvement of the direct inventory process of Reinier de Graaf Gasthuis.

Willmer Escobar, John; Linfati, Rodrigo & Adarme Jaimes, Wilson. (2017). Gestión de Inventarios para distribuidores de productos perecederos Ingeniería y Desarrollo, vol. 35, núm. 1, pp. 219-239

Silver E. A., Pyke D. F. & Peterson, R. (1998). Inventory management and production planning and scheduling.

Morena, L. F., Grupo PM, Manual técnico de frutas y verduras.

Martin Christopher.(2011). Logistics & supply chain management.Cuarta edicion.

Toro Benítez, L. A. & Bastidas Guzmán V. E. (2011). Metodología para el control y 8la gestión de inventarios en una empresa minorista de electrodomésticos.

Velásquez Contreras A. (2003). Revista escuela de administración de negocios, Modelo de gestión de operaciones para pymes innovadoras.

Gutiérrez-González E., Hurtado-Ortiz M. F., Panteleeva O. V. & González-Navarrete C. (2013). Aplicación de un modelo de inventario con revisión periódica para la fabricación de transformadores de distribución.

Steven Nahmias, (1977). On Ordering Perishable Inventory when Both Demand and Lifetime are Random.

Lee J. Krajewski, Larry P. Ritzman & Manoj K. Malhotra. (2013). Operations Management processes and supply chains, tenth edition.

Diaz-Batista J. A. & Perez-Armayor D. (2012). Optimizacion de os niveles de inventario en una cadena de suministro.

- Castañeda C., Martínez J. D. & Puerta N. (2016). Departamento Nacional de Planeación, Pérdida y desperdicio de alimentos en Colombia, Estudio de la Dirección de Seguimiento y Evaluación de Políticas Públicas. Recuperado de: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/Publicaciones/P%C3%A9rdida%20y%20desperdicio%20de%20alimentos%20en%20colombia.pdf>
- Castellanos De Echeverría A. L. (2012). "Diseño de un sistema logístico de planificación de inventarios para aprovisionamiento en empresas de distribución del sector de productos de consumo masivo"
- Chapman, Stephen N. (2006). Planificación y control de la producción.
- Domínguez M., García C. y Arias J. M. (2009). Recomendaciones para la conservación y transporte de alimentos perecederos. Recuperado de: www.grupodominguezinstitutodelfrio.es
- Vidal C. J., Londoño Ortega, J. C., & Contreras Rengifo, F. (2004). Aplicación de Modelos de Inventarios en una Cadena de Abastecimiento de Productos de Consumo Masivo con una Bodega y N Puntos de Venta.
- Rodríguez Barrera, S. L. (2016). La Administración de Inventarios, Un punto clave y estratégico para la optimización de los Inventarios, en la empresa AQC.
- Gutierrez V. & Jaramillo D. P. (2009). Reseña del software disponible en Colombia para la gestión de inventarios en cadenas de abastecimiento.
- Vilcarrómero Ruiz, R. La Gestión en la producción.
- Alvarado Reyes, R. A. (2015). "Propuesta de mejora del sistema de inventario de la empresa acruzza c.a. en la ciudad de Guayaquil"
- Perez-Vergara I., Cifuentes-Laguna, A. M., Vasquez-García, C. & Marcela-Ocampo, D. (2013). Un modelo de gestión de inventarios para una empresa de productos alimenticios.
- Perez Mantilla, F. A. & Torres F. (2014). Modelos de inventarios con productos perecederos: revisión de literatura.
- Pavee Siriruk (2012). The Optimal Ordering Policy for a Perishable Inventory System.
- Kouki et al. (2016). Un sistema coordinado de inventario de artículos múltiples para productos perecederos con una vida útil aleatoria.
- Gregory Dobson et al. (2017). Un modelo EOQ para productos perecederos con una tasa de demanda dependiente de la edad.

Contreras Juárez A. et al. (2016). Análisis de series de tiempo en el pronóstico de la demanda de almacenamiento de productos perecederos.

Espinoza O. (2011). La administración eficiente de los inventarios. Recuperado de: <http://inventariosautores.blogspot.com.co/2013/02/control-de-inventarios-segun-autores.html>

Ramírez, D.N., (2008). Contabilidad Administrativa. México: Mc Graw Hill.

Fondo para el Financiamiento del Sector Agropecuario - FINAGRO. (2013). El momento del agro. Recuperado de: <https://www.finagro.com.co/noticias/el-momento-del-agro>

López Camelo A. F. (2003). Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación, Manual Para la Preparación y Venta de Frutas y Hortalizas Del campo al mercado, Recuperado de: <http://www.fao.org/docrep/006/Y4893S/y4893s06.htm>

Universidad Industrial de Santander (2008). Guía de almacenamiento seco, refrigerado y congelado, Recuperado de: https://www.uis.edu.co/intranet/calidad/documentos/bienestar_estudiantil/guias/GB E.27.pdf

Portafolio, (2016). Desperdicio de verduras y frutas subió 16% en 30 años. Recuperado de: <http://www.portafolio.co/economia/gobierno/desperdicio-verduras-frutas-subio-16-30-anos-493779>

Frutos climatéricos, (2011). Recuperado de: <http://www.tecnicoagricola.es/frutos-climatericos/>

El nuevo Diario. (2018). Alargar la vida de los alimentos frescos hasta la mesa, Recuperado de: <https://www.elnuevodiario.com.ni/actualidad/455495-alargar-vida-alimentos-frescos-mesa/>

Vianchá Sánchez Z. H. (2014). Modelos y configuraciones de cadenas de suministro en productos perecederos.

El tiempo, (2017). El agro saca la cara por la economía del país. Recuperado de: <http://www.eltiempo.com/economia/sectores/situacion-del-agro-en-colombia-96246>

Portafolio, (2017). Sector agropecuario durante el 2016 y perspectivas para el 2017. Recuperado de: <http://www.portafolio.co/opinion/luis-arango-nieto/sector-agropecuario-durante-el-2016-y-perspectivas-para-el-2017-coyuntura-24-de-marzo-de-2017-504396>

Agro Cadenas de Frutas y Verduras, (2016). Federación de Agro Cadenas de Frutas y Verduras de Colombia – FEDEFRUVER. Recuperado de: <https://fedefruver.blogspot.com.co/>

Dinero, (2018). Crecimiento del PIB de Colombia fue de 1,8% en el 2017. Recuperado de: <http://www.dinero.com/economia/articulo/pib-colombia-2017/255503>

Angón-Galván Pedro et al. (2006) Índices para la determinación de las condiciones óptimas de maduración de un fruto.

Urbina Vallejo, Valero (2010). Maduración de los frutos. Recuperado de: <http://ocw.udl.cat/enginyeria-i-arquitectura/fructicultura/continguts-1/l-6/monografia-no-6-cap.-5.-maduracion-de-los-frutos>

Díaz Pacheco R. et al. (2015). Clasificación ABC multicriterio para medicamentos en una clínica de la ciudad de Cali: aplicación de técnicas.

Ketzenberg M. et al. (2018). Fechas de caducidad y cantidades de pedido para productos perecederos.