# ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE LITORAL

## Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

"Análisis Y Mejora del Sistema de Administración de Inventarios de una Empresa Agroindustrial"

## TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

## INGENIERO INDUSTRIAL

Presentada por:

**Gerardo Hernán Rivera Sánchez**

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2007

# A G R AD E C I M I E N T O

A Dios, a mis padres por toda su paciencia y apoyo durante estos años.

Al Ing. Jorge Abad, Director de Tesis, por su permanente guía, e invaluable ayuda.

# D E D I C A T O R I A

A MIS PADRES

A MIS HERMANAS

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

_____

Ing. Eduardo Rivadeneira P.
DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE

_____

Ing. Jorge Abad M.
DIRECTOR DE TESIS

_____

Ing. Marcos Buestán B.
VOCAL

_____

Ing. Denise Rodríguez Z.
VOCAL

# DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL"

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).

_____

Gerardo Hernán Rivera Sánchez

## RESUMEN

Una acertada apreciación sobre los inventarios es que son un mal necesario. Un inventario sobredimensionado generaría a la empresa problemas de costos excesivos, en tanto que faltantes de producto podría ser causa de bajos niveles de servicio y perdida de clientes. La tarea del administrador de inventarios es encontrar el nivel de stocks que cumpla con los niveles de servicio planteados por la organización al menor costo.

Un criterio de comparación muy usado para decidir el nivel de servicio en las empresas es el costo de oportunidad. El costo de oportunidad de tener una unidad adicional en stock es el costo de posesión de dicha unidad; por otro lado el costo de oportunidad de no tener una unidad disponible para la venta es el margen de contribución unitario. Dado que en las empresas fabricantes el margen de contribución unitario es significativamente más alto que el costo variable unitario, se acostumbra a tener preferencia hacia altos niveles de servicio, evitando desabastecimiento de productos y la consecuente perdida de ventas.

Esta tesis se desarrolla en una empresa agroindustrial dedicada a la elaboración y comercialización de pulpa de fruta congelada que en los últimos meses ha venido presentando un crecimiento significativo en sus ventas. Dicho crecimiento ha puesto en evidencia algunos problemas en el manejo de los inventarios, presumiblemente debido a la forma empírica de manejarlos.

El primer problema que se está presentado continuamente es el desabastecimiento, pese a que se hacen compras elevadas. El segundo problema es que se tienen excesos de stock en otros productos.

La presente tesis tiene como objetivo analizar los registros de la empresa de los últimos meses, para formular cambios apropiados en la administración del inventario que reduzcan los desabastecimientos y que minimicen los costos.

Con la información proporcionada por la empresa que comprende registros de ventas, compras y producción del último año de operaciones, se pretende encontrar el método de pronóstico de mejor ajuste para la demanda de cada producto. Seguidamente se hará un pronóstico de las ventas para el siguiente año de operaciones. Finalmente basados en la información de la demanda proyectada se propondrá un sistema de inventario para cada producto que defina la cantidad óptima de pedido y el punto de reorden.

Como resultado, este estudio entregará una comparación económica entre la forma empírica actual de manejar el inventario versus el método propuesto. Se espera que la comparación arroje un ahorro significativo que avale la viabilidad de la implantación del sistema propuesto.

# INDICE GENERAL

Pág.

RESUMEN…….....II

ÍNDICE GENERAL…….....III

ABREVIATURAS……IV

SIMBOLOGÍA…….....V

ÍNDICE DE FIGURAS……VI

ÍNDICE DE TABLAS …….. .VII

INTRODUCCIÓN……...1

CAPITULO 1

1. GENERALIDADES……..……...2

1.1. Antecedentes……..……2

1.2. Objetivos…….....4

1.3. Metodología de la Tesis…….…….....5

1.4. Estructura de la Tesis…….……7

CAPITULO 2

2. BREVE DESCRIPCION DE LA EMPRESA…….……10

2.1. Historia…….……10

2.2. Productos ……..……....14

2.3. Personal…….……..16

2.4. Los Clientes……..……....17

CAPITULO 3

3. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACION ACTUAL……..……19

3.1. Descripción del problema…..…….……19

3.2. Análisis del desabastecimiento de productos……..……21

3.3. Análisis del exceso de stock de productos…….……..26

3.4. Propuesta para la solución de problemas……....29

CAPITULO 4

4. CONCEPTOS BASICOS SOBRE INVENTARIOS…….....36

4.1. La Clasificación ABC……..…..36

4.2. Métodos de Pronósticos……..…...38

4.3. Los errores en los pronósticos……43

4.4. Los sistemas de inventarios……45

4.5. Decisión de Volumen……..……48

4.6. Decisión de Tiempo……..50

4.7. Selección del sistema de inventario adecuado……..…..53

CAPITULO 5

5. DISEÑO DEL SISTEMA DE ADMINISTRACION DE INVENTARIOS..55

5.1. Clasificación ABC…….……56

5.2. Pronóstico de Ventas……...57

5.3. Sistema de Inventarios……78

5.3.1. Modelo Lote Económico de Pedido con punto fijo de reorden……..……83

5.4. Comparación de método Actual Vs el método Propuesto……...103

CAPÍTULO 6

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES……..116

ANEXOS

BIBLIOGRAFÍA

# ABREVIATURAS

| | |
|---|---|
| CV | Coeficiente de Variación |
| EOQ | Economic Order Quantity |
| Kg. | Kilo |
| Lbs. | Libras |
| MAD | Desviación Media Absoluta |
| Ss | Stock de Seguridad |
| Tom.Arbol | Tomate de Árbol |
| Un. | Unidad |

# SIMBOLOGÍA

| | |
|---|---|
| Q | Cantidad Óptima de Pedido. |
| α | Constante Alfa de reacción ante desabastecimientos |
| β | Constante Beta de atenuación de la tendencia |
| H | Costo anual de mantenimiento de una unidad de producto. |
| P | Costo de producción unitaria. |
| S | Costo por poner una orden. |
| D | Demanda Anual del producto. |
| $\overline{d}.$ | Demanda diaria promedio |
| $\sigma_{dL}$ | Desviación estándar de la demanda diaria durante el tiempo de entrega. |
| Z | Número de desviaciones estándar para una probabilidad especifica de servicio. |
| n | Número de quincenas a ser promediadas |

R Punto de reorden en unidades

%Tc Tasa de Corte anual

L Tiempo de Reaprovisionamiento en días. (Lead Time)

# INDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura 1.1. Metodología de la Tesis…….6

Figura 2.1. Presentación Final del Producto……14

Figura 3.1. Diagrama Causa efecto del desabastecimiento de productos..22 Figura 3.2. Diagrama Causa efecto de exceso de stock de productos….. 27

Figura 3.3. Cadena de Valor de la Compañía……..30

Figura 4.1. Comparación entre los sistemas de inventarios Q y P……...47

Figura 5.1. Promedio Móvil de dos Quincenas pulpa de Mora……..60

Figura 5.2. Promedio Móvil de tres Quincenas pulpa de Mora…….....60

Figura 5.3. Promedio Móvil de seis Quincenas pulpa de Mora...……..61

Figura 5.4. Suavizamiento exponencial simple pulpa de Mora…….62

Figura 5.5. Doble suavizamiento exponencial pulpa de Mora……..…..63

Figura 5.6. Pronostico para la quincena 21 de pulpa de Mora……..64

Figura 5.7. Pronostico para la quincena 21 de pulpa de Frutilla……...67

Figura 5.8. Pronostico para la quincena 21 de pulpa de Coco……..69

Figura 5.9. Pronostico para la quincena 21 de pulpa Guanábana……...70

Figura 5.10. Pronostico para la quincena 21 de pulpa de Maracuya..... 72

Figura 5.11. Pronostico para la quincena 21 de pulpa de Mango……..74

Figura 5.12. Pronostico para la quincena 21 de pulpa de Tom. Arbol……...75

Figura 5.13. Pronostico para la quincena 21 de pulpa de Naranjilla…….…77

Figura 5.14. Test de Normalidad de las demandas de productos……..87

# INDICE DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Sabores y Presentaciones……....16

Tabla 2. Colaboradores de la Empresa…….....17

Tabla 3. Ejemplo de la Clasificación ABC…….…...….39

Tabla 4. Diferencias entre cantidad fija de pedido y periodo

de tiempo fijo…….…..…54

Tabla 5. Clasificación ABC de los productos terminados de la empresa……..……..57

Tabla 6. Resumen de los métodos de pronóstico para pulpa de mora….64

Tabla 7. Resumen de los métodos de pronóstico para pulpa de Frutilla..66

Tabla 8. Resumen de los métodos de pronóstico para pulpa de Coco.....68

Tabla 9. Resumen de los métodos de pronóstico para pulpa de Guanábana……...……...……...70

Tabla 10. Resumen de los métodos de pronóstico para pulpa de Maracuya……..71

Tabla 11. Resumen de los métodos de pronóstico para pulpa de Mango..73

Tabla 12. Resumen de los métodos de pronóstico para pulpa de Tomate de Arbol……...……..75

Tabla 13. Resumen de los métodos de pronóstico para pulpa de Naranjilla……...76

Tabla 14. Método de Pronóstico de mejor ajuste para la demanda de los productos Tipo A……..…….……..78

Tabla 15. Coeficientes de Variación……..…82

Tabla 16. Resumen de los Test de Normalidad……...87

Tabla 17. Demanda Anual de productos tipo A…….……..90

Tabla 18. Costos anual de gestionar producto terminado y materias Primas…….…….…….91

Tabla 19. Costo de Mantenimiento de productos tipo A…….....…..93

Tabla 20. Demanda diaria promedio de los productos tipo A…….…..94

Tabla 21. Tiempo de Reaprovisionamiento de productos tipo A…….....95

Tabla 22. Demanda diaria durante el tiempo de reaprovisionamiento para productos tipo A……..96

Tabla 23. Tabla de datos para calcular la cantidad óptima de pedido

y el punto de reorden……..……...99

Tabla 24. Cantidad Óptima de pedido y punto de reorden para los productos tipo A…….……...100

Tabla 25. Presentaciones y rendimiento de la materia prima…….....101

Tabla 26. Cantidad de materia prima a ordenar en cada pedido…….…..102

Tabla 27. Porcentaje de crecimiento de la demanda proyectada……..105

Tabla 28. Numero de pedidos de compra con método actual.……106

Tabla 29. Costo anual de comprar con el sistema propuesto……..107

Tabla 30. Tamaño de pedido de compras con método actual.……108

Tabla 31. Costo de mantenimiento anual método actual…….....109

Tabla 32. Costo anual de mantenimiento con el método propuesto…...111

Tabla 33. Comparación de costos anuales relacionados con el Inventario de método actual y método propuesto…….112

Tabla 34. Resumen de beneficios al aplicar el método propuesto……...……..115

# INTRODUCCIÓN

En la presente tesis se realiza el “Análisis y Mejora del Sistema de Inventarios de una empresa Agroindustrial”, por medio de la aplicación de herramientas de calidad y de administración de la producción, con el objetivo de resolver los problemas con el manejo de inventarios tales como perdida de ventas y baja rotación de algunos productos.

El estudio inicia con un diagnostico de la situación actual, donde se definen los principales problemas, asimismo se aplican diagramas causa efecto para establecer las causas de los principales problemas, para posteriormente analizarlas. Como resultado del análisis se plantea una solución conjunta a los problemas del inventario.

La solución conjunta comprende la aplicación del Análisis ABC y un análisis enfocado hacia los productos más importantes, seguidamente se selecciona el método de pronóstico de mejor ajuste a la demanda de cada producto y en último lugar, se calcula la cantidad óptima de pedido y el punto de reorden para cada producto.

Como aval a la propuesta presentada en este estudio se hace una comparación económica entre el método actual y el propuesto, para determinar la viabilidad de su implantación.

# CAPITULO 1

## 1. GENERALIDADES

### 1.1. Antecedentes

La presente tesis se desarrolla en la Micro empresa Palfrut S.A., dedicada a la elaboración y comercialización de Pulpa de frutas congeladas a nivel nacional. La planta está ubicada en la Ciudadela Pájaro Azul en la ciudad de Guayaquil.

Palfrut es una empresa familiar, gerenciada por su propietario y en algunos cargos operada por miembros de la familia.

La empresa ha venido experimentando un crecimiento en sus ventas en el último año, gracias a la acertada gestión de su equipo de ventas.

Dicho aumento en las ventas ha traído a la empresa notorios beneficios financieros que han permitido cambios en las instalaciones, maquinaria, equipos, y medios de distribución.

Sin embargo este crecimiento también ha exigido cambios en la estructura productiva como la forma en que se administra la producción y más específicamente el manejo de los inventarios y la cadena de abastecimiento.

En esta área la empresa presenta grandes dificultades. La principal y que es objeto de estudio de esta tesis, es el desabastecimiento de productos, que ha ocurrido en repetidas ocasiones en los últimos meses.

Esta tesis esta orientada a analizar las causas que están originando los principales problemas de inventarios. Se busca proponer un sistema que reemplace la forma empírica como se manejan los inventarios en la empresa y que le permita atender adecuadamente la demanda de sus productos.

Como punto inicial de este trabajo de tesis se hicieron algunas entrevistas con la gerencia y personal del área de producción que arrojaron algunos síntomas que indican problemas en la administración de inventarios.

## 1.2. Objetivos

### 1.2.1. Objetivo General

Realizar un análisis del sistema de inventarios de la empresa, para detectar y remediar las causas que están originando los principales problemas.

### 1.2.2. Objetivos Específicos

- Realizar un diagnóstico que determine las causas que originan los desabastecimientos de producto terminado y los excesos de productos.

- Analizar las causas principales de los problemas, y seleccionar las causas más importantes a mejorar.

- Diseñar un modelo de administración de inventarios para los productos de la empresa que minimice el desabastecimiento de productos terminados.

- Medir por medio de la determinación de beneficios económicos, la viabilidad de la implementación de los cambios que se propongan.

- Cuantificar los costos en los que incurre la empresa por causa de los problemas de los problemas de inventarios.

## 1.3. Metodología de la tesis

La metodología usada en la tesis se resume el diagrama de bloques que se muestra en la figura 1.1.

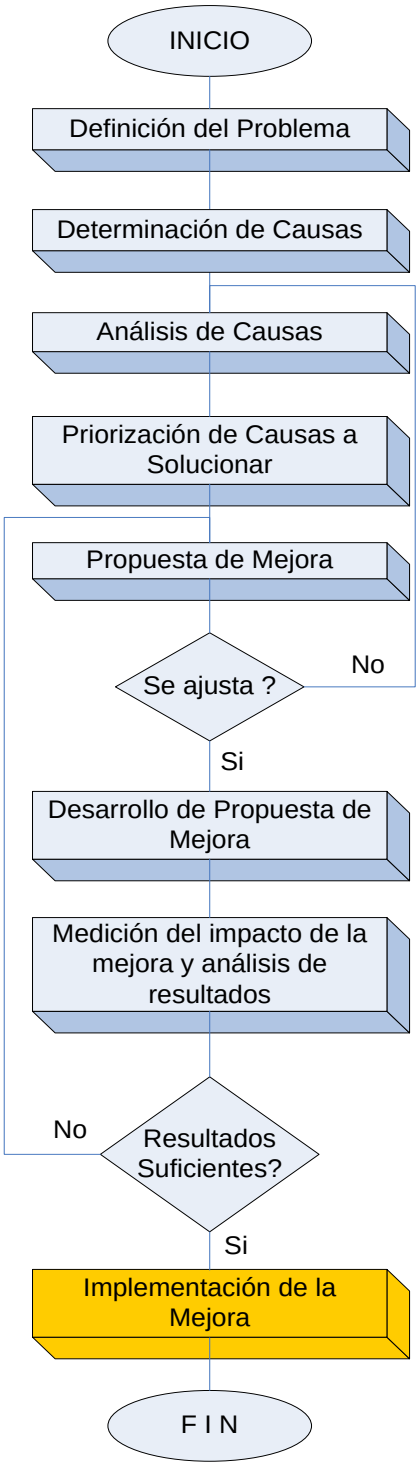



**FIGURA 1.1. METODOLOGIA DE LA TESIS**

La metodología planteada está dividida en cuatro etapas. En la primera etapa se recolecta la información, definen problemas y se determinan las causas. Esta etapa requiere de la interacción con el personal de la empresa.

En la segunda etapa se analiza la información recolectada, y se propone una solución para los problemas de definidos.

En la tercera etapa se desarrolla la propuesta de mejora, y se miden estiman los resultados que se obtienen una vez implementada. Esta etapa se desarrolla en el capitulo 5 de esta tesis.

La última etapa de la metodología es la implementación de la solución en la empresa. Esta etapa no hace parte de esta tesis y corresponde a la empresa llevarla a cabo, por esta razón en la figura 1.1. la etapa de implementación esta identificado con otro color.

## 1.4. Estructura de la tesis

Esta tesis consta de los siguientes cinco capítulos:

**Capítulo 2: Breve Descripción de la Empresa**

En este capitulo se describe la empresa donde se realizo el trabajo de tesis. Se introduce al lector acerca de la historia, el personal y los productos que elabora y comercializa.

**Capítulo 3: Diagnóstico de la Situación Actual**

Este capítulo inicia con la descripción del problema. Se determinan las causas, se realizan los respectivos análisis. Se priorizan las causas en base al mayor beneficio, y finalmente se plantea una solución a ser desarrollada en esta tesis.

**Capitulo 4: Conceptos Básicos sobre Inventarios**

Este capítulo sirve para refrescar algunos conceptos sobre los inventarios. Se tratan temas como la clasificación ABC de productos, los métodos de pronóstico de las ventas y sus errores. De la misma manera se estudian los diferentes sistemas de inventarios, y el factor de servicio. Estos temas permitirán la acertada selección de los métodos de inventarios a aplicar en la empresa.

**Capítulo 5: Diseño del Sistema de Administración de Inventarios**

En este capítulo se desarrolla la solución planteada en el capitulo de diagnostico. Inicia con la clasificación ABC de los productos y la determinación de los productos más importantes financieramente. Se realiza un pronóstico de las ventas para los próximos doce meses de operación, y se aplica el modelo de lote económico de pedido con stock de seguridad.

**Capítulo 6: Conclusiones y Recomendaciones**

Se exponen las conclusiones del trabajo realizado y se plantean las recomendaciones para el buen funcionamiento del sistema en el futuro.

# CAPITULO 2

# 2. BREVE DESCRIPCION DE LA EMPRESA

## 2.1. Historia

Nacida en Junio de 2000, Palfrut S.A. inició sin una idea planeada, ni mucho menos como resultado de algún estudio de factibilidad. Fue fundada en la Ciudad de Guayaquil por una familia de colombianos que migraron a Ecuador en un intento por alejarse de la zozobra existente en su país, a la vez que los

padres trataban de reagrupar a los miembros de la familia, debido a que uno de los hijos estudiaba en Bogota, y otra estaba lista para iniciar la universidad, y en el sitio donde vivían no era posible acceder a ese tipo de educación.

La familia migro al Ecuador por la oferta de iniciar un negocio con un socio Guayaquileño, quien debido a problemas económicos no pudo cumplir su propuesta. Esto hace que la familia decida iniciar algún negocio individualmente. Por medio de la recomendación de uno de los hijos ingresaron al negocio de elaboración de Pulpa de Frutas Congeladas. Fue así como sin idea alguna de cómo iniciar dicho negocio compraron en Bogota una pequeña despulpadora y otros equipos para emprender su aventura empresarial.

La empresa inicia en el tercer piso de un edificio en la calle P.Icaza y Boyacá lugar de residencia de la familia. El producto nació bajo el nombre Pulpa de Frutas Deleytte, representada por el señor Hernán Rivera Jiménez.

Se conocía muy poco sobre el proceso, además se empacaba en fundas cortadas de un rollo a las que se les pegaba una etiqueta autoadhesiva. Como es lógico el producto no gustaba por la mala presentación, sin embargo se hacían pequeñas ventas que permitieron que el negocio continuara.

En 2002 la empresa se traslada al barrio Centro Vial de Duran, se toma la decisión de crear la empresa ante la superintendencia de compañías bajo el nombre PALFRUT S.A con un capital mínimo de 900 dólares. Se envía a

elaborar en una pequeña compañía de plásticos la primera funda impresa a tres colores, la presentación mejoro debido a que no se tenían etiquetas que en algunas ocasiones se desprendían. Sin embargo aun era un rollo del que se cortaban las fundas. Las ventas mejoran y generan confianza, hecho que permite empezar el trámite de los primeros registros sanitarios.

En 2003, se adquiere un equipo ultra congelador de placas que congelaba la producción del día en 1 hora. Hasta es fecha se venia utilizando congeladores domésticos que tardaban mas de 10 horas en congelar la producción de 80 a 100 libras/dia aproximadamente. Este equipo brindo la oportunidad de buscar nuevos clientes con mayor capacidad de compra y hacer entregas de grandes volúmenes en menos tiempo.

Las cosas no iban del todo bien, pero se alcanzaba a superar el punto de equilibrio. La empresa seguía creyendo en el producto y siguió haciendo pequeñas inversiones.

A finales de 2003 se afilia a ECOP y consigue códigos de barras para sus productos con miras a vender en supermercados. Pero la venta en supermercados requería una mejor presentación, y se contrata a la compañía NOVAPLAST, quienes le fabrican un lote pequeño de fundas individuales a full color, con el código de barras y todos los requisitos de ley.

En 2004 la empresa se traslada a una casa en la ciudadela las Orquídeas, en este lugar, gracias a las amistades de los miembros de la familia y a la nueva presentación más vistosa y estándar, las ventas empiezan a crecer.

Para el año 2005 PALFRUT S.A. ya era proveedora de los principales hoteles de Guayaquil, restaurantes, comedores industriales y algunos supermercados. Se adquieren vehículos para entrega de productos y compra de materias primas.

En 2006 la empresa debe afrontar una barrera que limita el crecimiento que se ve prometedor, la barrera es la falta de instalaciones adecuadas para superar las auditorias de calidad que le realizan clientes importantes que son certificados con normas de calidad.

Se toma la decisión de adquirir un terreno propio para construir las nuevas instalaciones. Se compra un terreno en el sector industrial de mapasingue, el cual no se ha logrado construir aún por los trámites municipales.

Mientras se construye el galpón propio, se alquila una bodega ubicada en la ciudadela pájaro azul. Para este cambio la empresa esta haciendo una inversión en equipos y maquinaria que le permita ser más competitiva y tratar cada día de mejorar la calidad de sus productos.

## 2.2. Los Productos

El producto de la empresa es la Pulpa congelada de frutas. Este producto es básicamente como lo dice el slogan de la compañía *"La misma fruta, sin cáscaras ni semillas".*

El producto es envasado en una funda plástica de polietileno de baja densidad, con un contenido aproximado de 500 gramos. La figura 2.1 muestra la presentación del producto.

**FIGURA 2.1 PRESENTACION FINAL DEL PRODUCTO**

La pulpa se obtiene de un proceso que inicia con el lavado y desinfección, pasando por el despulpado, pasteurización y envasado. En la etapa de despulpado se obtiene una especie de puré, grumoso y líquido a lo que se le llama **pulpa**, en la pasteurización se inactivan enzimas peligrosas para los seres humanos y finalmente se congela para conservarla por largo tiempo.

La planta procesa 15 sabores, de diferentes climas. Además de la presentación de 500 gramos a la que se le llama comercial**,** la planta también envasa una presentación de 1000 gramos llamada **Industrial.**

A la presentación industrial se la llama así porque es destinada a clientes que no requieren una funda tan vistosa, pero si un mayor volumen de pulpa. Normalmente estos son comedores industriales o fabricante de helados. Esta presentación se vende en fundas plásticas sin impresión, con una etiqueta pequeña con la marca, sabor, peso y otras informaciones pertinentes.

La Tabla 1 relaciona la los sabores y presentaciones de los productos fabricados en la compañía.

**TABLA 1**

**SABORES Y PRESENTACIONES**

| SABOR | PRESENTACIONES |
|---|---|
| Coco | Comercial |
| Frutilla | Comercial |
| Guanábana | Comercial |
| Guayaba | Comercial |
| Limón | Industrial |
| Mango | Comercial |
| Maracuya | Comercial |
| Mora | Comercial |
| Naranja | Industrial |
| Naranjilla | Comercial |
| Papaya | Comercial |
| Tamarindo | Comercial |
| Tomate | Comercial |
| Toronja | Industrial |

El producto final se embala en cajas de cartón de 54 libras de capacidad con el logotipo e información de contacto de la empresa. Para despachos fuera de la ciudad se usan cajas térmicas.

## 2.3. El personal

El personal que forma parte de esta empresa es 8, cuyos cargos se presentan en la tabla 2.

**TABLA 2**

**COLABORADORES DE LA EMPRESA**

| CARGO | NUMERO DE PERSONAS |
|---|---|
| Gerente General | 1 |
| Agente de Ventas | 2 |
| Contador | 1 |
| Supervisor de Producción | 1 |
| Operarios | 4 |
| Chofer | 1 |

Es importante resaltar que la empresa es una empresa familiar, razón por la que dentro de los colaboradores existen tres miembros de la familia.

## 2.4. Los Clientes

La compañía ha definido las ventas nacionales como su mercado de interés. Las ventas nacionales se dividen en dos grupos: las ventas institucionales y los Distribuidores. La mayoría de los clientes se encuentran en la ciudad de Guayaquil, pero también es proveedora de otros clientes en ciudades cercanas como Manta, Salinas y Machala.

Las Ventas institucionales son el grupo clientes más grandes y representan los mayores ingresos. En este grupo se tienen clientes como hoteles, restaurantes, barcos, fabricas de helados o mermeladas, y comedores industriales.

En el grupo de distribuidores se clasifican los supermercados, tales como Santa Isabel, Avícola Fernández y Almacenes Tía. Además hay otros distribuidores en Galápagos y Esmeraldas.

Se tienen planes de expansión en dos vías. La primera a corto plazo es la introducción del producto a las dos cadenas de supermercados más grandes de Ecuador y la segunda a largo plazo, es un plan más ambicioso que consiste en la exportación del producto.

# CAPITULO 3

## 3. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

El presente capítulo tiene como finalidad, el análisis de los problemas de inventarios que tiene la empresa, con el propósito de proponer una posible solución.

## 3.1. Descripción de Problemas

Posterior a las entrevistas con la gerencia y el personal encargado de producción, bodega y compras, se llego a la conclusión que existen dos problemas críticos. El primero es el desabastecimiento frecuente de productos que provoca pérdida de ventas y el segundo el exceso de stock de productos de baja demanda.

### Desabastecimiento de Productos

Ocurre cuando los clientes emiten una orden de compra por una cantidad de producto y la empresa no cuenta con todo el producto solicitado. En los casos donde el cliente acepta, se entrega parcialmente el producto, y cuando el cliente no acepta, la venta se pierde. Lamentablemente la empresa no ha tomado este problema con la formalidad necesaria y poseen registros sobre la cantidad de veces que ha pasado en los últimos meses.

Se realizó una encuesta entre las personas involucradas en el manejo del inventario para obtener mayor información sobre la frecuencia del problema. La encuesta indico que la falla ocurre entre 8 y 10 veces por mes, lo que representa aproximadamente el 20% de las oportunidades. Adicionalmente se determino que los productos que experimentan mayor frecuencia del problema, son las pulpas de Mora, Frutilla y Coco.

**Exceso de Stock de Productos**

Este problema se evidencia porque existen ciertos productos que se tardan más de 30 días en salir de la bodega de producto terminado, generando bajos niveles de rotación de inventario.

Aparentemente el primer problema se contrapone con el segundo, porque no debería existir falta de productos si la compañía posee cantidades en stock, sin embargo se encontró que los productos de altos niveles de stock no son los mismos que los productos que presentan desabastecimiento.

## 3.2. Análisis del "Desabastecimiento de Productos"

Para el análisis del problema se utilizo el Diagrama Causa Efecto de Ishikawa. En la figura 3.1 se observa el diagrama generado con el personal de producción y bodega.

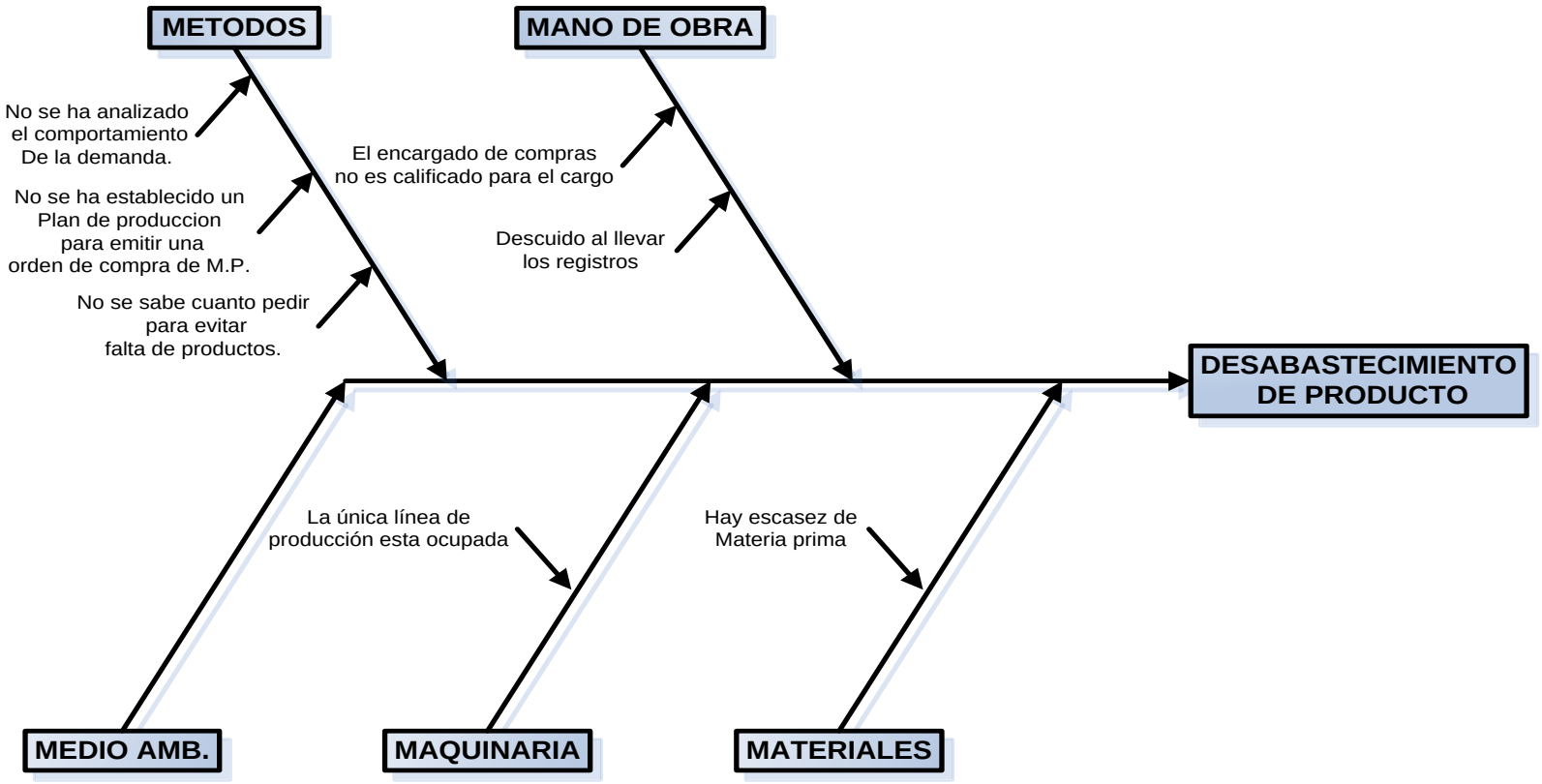

METODOS
MANO DE OBRA
No se ha analizado el comportamiento De la demanda.
No se ha establecido un Plan de produccion para emitir una orden de compra de M.P.
No se sabe cuanto pedir para evitar falta de productos.
El encargado de compras no es calificado para el cargo
Descuido al llevar los registros
DESABASTECIMIENTO DE PRODUCTO
La única línea de producción esta ocupada
Hay escasez de Materia prima
MEDIO AMB.
MAQUINARIA
MATERIALES

**FIGURA 3.1. DIAGRAMA CAUSA EFECTO DE DESABASTECIENTO DE PRODUCTOS**

A continuación se presenta el análisis de cada una de las causas indicadas en la Figura 3.1.

**Métodos:**

**No se ha Analizado el Comportamiento de la Demanda:**

La información de las ventas que se realizan en el mes se registra en un archivo Excel en forma de tabla. Cada mes se inicia un nuevo archivo para el registro.

Pese a que esta información se encuentra en archivos digitales en las computadoras de la empresa, no se realiza ningún tipo de análisis para conocer el comportamiento de la demanda para cada producto.

**No se ha establecido un plan de producción para emitir una orden de compra de materia prima:**

Al indagar al encargado de llevar el kardex de productos sobre la forma utilizada para emitir una orden de compra se conoció que se emite una orden cuando el nivel llega al promedio del consumo semanal del mes anterior.

Es importante notar que se usa dicha técnica sin tener en cuenta los datos como el tiempo de reaprovisionamiento ni la demanda diaria promedio.

**No se sabe cuanto pedir para evitar falta de productos:**

Se conoció que el tamaño del pedido esta basado en el promedio de venta semanal del mes anterior y que se incrementa cada vez que se tiene un desabastecimiento. Al igual que en la causa anterior no se usan datos para el calculo de el tamaño del pedido.

**Mano de Obra**

**El encargado de Compras no es calificado para el cargo:**

La persona que es responsable de obtener la materia prima a tiempo para el proceso, y de garantizar que se tenga el suficiente producto para la venta no posee conocimiento sobre administración de inventarios que le permitan desempeñar eficazmente sus funciones.

**Descuido al llevar los registros:**

Los registros de kardex no son actualizados periódicamente. La razón principal es que no se ha delegado esta responsabilidad a una sola persona. En ocasiones los actualiza el asistente de producción y en otras el encargado de compras.

**Maquinaria**

**La única línea de Producción esta Ocupada:**

En ocasiones se programan correctamente las compras de materia prima para su elaboración, sin embargo no se pueden procesar porque se esta elaborando otro producto en la línea. El problema se puede resolver con una adecuada programación de la producción.

**Materia Prima**

**Hay Escasez de Materia Prima:**

Esta causa no depende de la empresa, se debe a la forma en que los productores llevan sus cosechas, y en ocasiones a fenómenos climáticos o desastres naturales.

La empresa tiene en la costa proveedores muy estables de materia prima que garantizan precio y disponibilidad, no obstante en la sierra no se han hecho alianzas de este tipo.

### 3.3. Análisis del "Exceso de Stock de Productos"

Para analizar el problema se utilizó el diagrama causa efecto de Ishikawa. La figura 3.2 muestra el diagrama respectivo.

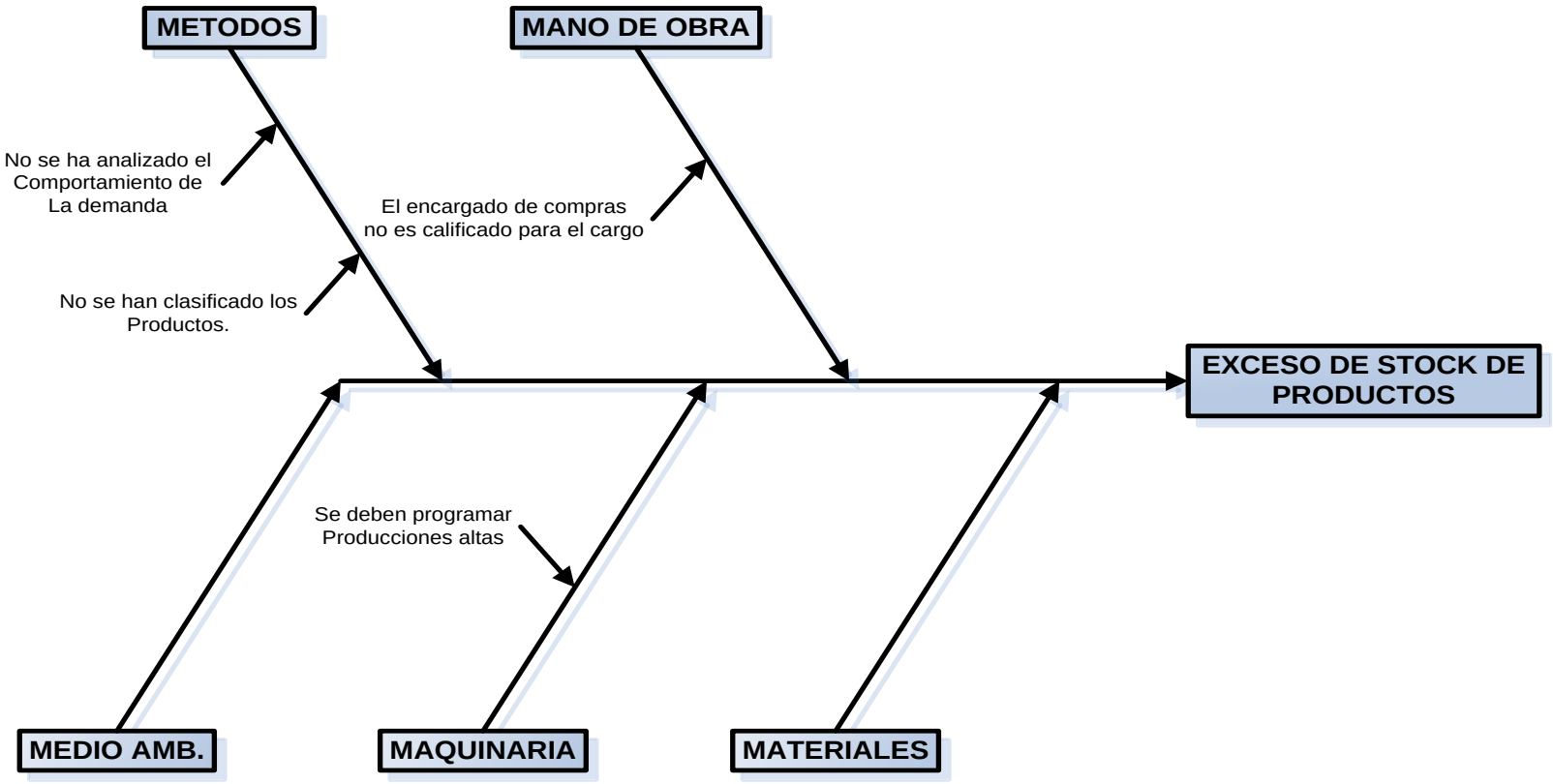

METODOS
MANO DE OBRA
No se ha analizado el Comportamiento de La demanda
El encargado de compras no es calificado para el cargo
No se han clasificado los Productos.
EXCESO DE STOCK DE PRODUCTOS
Se deben programar Producciones altas
MEDIO AMB.
MAQUINARIA
MATERIALES

**FIGURA 3.2. DIAGRAMA CAUSA EFECTO DE EXCESO DE STOCK DE PRODUCTOS**

A continuación se presenta el análisis de cada una de las causas indicadas en la figura 3.2.

**Métodos**

**No se ha analizado el comportamiento de la demanda:**

No se usa ningún método para pronosticar la demanda de los productos y elaborar solamente las cantidades necesarias. Por otra parte se evidencia que no se conoce la conveniencia de tener altos o bajos niveles de stock de productos.

**No se han clasificado los productos**

Esta es una de las principales causas. En la empresa se tratan a todos los productos de la misma manera, sin discriminar su importancia en los ingresos.

**Mano de obra**

**El encargado de compras no es calificado para el cargo:**

La compañía no se ha preocupado por reclutar personal capacitado para los cargos, esto se ve así mismo en otros puestos.

**Maquinaria**

**Se deben programar producciones altas:**

A pesar de que se sabe que algunos productos tienen mayor demanda que otros, se programan pedidos altos para la mayoría de estos. En los productos de bajo consumo se tiene un nivel de stock elevado y afecta a la capacidad de almacenamiento de la empresa.

La razón por la que la empresa realiza corridas largas es porque busca elevar la eficiencia reduciendo los setups.

## 3.4. Propuesta para la solución de problemas

**Análisis de las Operaciones de la Compañía**

La compañía utiliza un sistema **Make to Stock** para productos terminados, es decir fabrica para almacenar y vender en los momentos en que el cliente lo requiera.

En la figura 3.3. se observa que existe una bodega de productos terminados (B.P.T.), la cual es gestionada por ventas y Distribución.

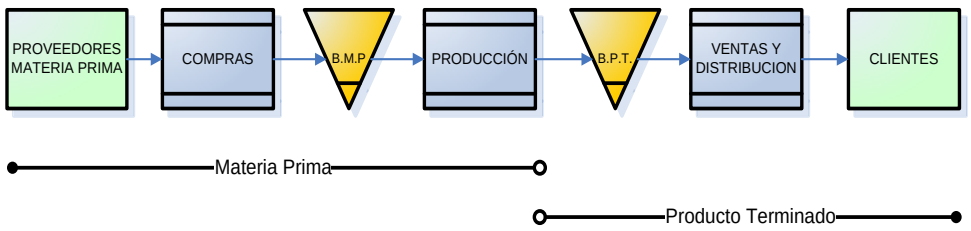



**FIGURA 3.3. CADENA DE VALOR DE LA COMPAÑÍA**

Existe otra Bodega de Materia Prima, la cual es gestionada por Producción y Compras.

Producción hace usa un MPS de seguimiento, es decir se ocupa de mantener los niveles de inventarios previamente fijados, y como se dijo en comentarios anteriores son fijados en base a consumos promedios.

Compras mantiene inventarios de Materia prima para responder a las demandas de producción. El aprovisionamiento de materias primas tiene un tiempo prudente por lo que el inventario actúa como colchón para no parar la línea de producción

En la empresa se comercializan productos terminados, los cuales por concepto se sabe que tienen una demanda **independiente,** es decir dependen de los

clientes. Sin embargo la elaboración de los productos terminados involucra tratar materias primas que tienen demanda **dependiente,** es decir su demanda dependen de los productos terminados que se comercializan.

La empresa podría evitar tener inventarios de Materia Prima si se gestionara bien la demanda independiente de productos terminados, y se usara una mezcla de Make to stock y Resource to order en su cadena de valor.

Lo anterior se explica de la siguiente manera. En el instante en que se lance una orden de producción, Compras gestionaría la consecución de la Materia prima lo cual es el principio de Resource to order. Por otro lado para el producto terminado se sigue usando Make to stock.

Para poder aplicar lo anterior, se requerirá que se hagan cambios en la forma en que se gestionan los productos terminados en la compañía, que exige que haya una completa coordinación entre las tres áreas de la empresa.

Cabe precisar que se debe entender que para la elaboración de los productos terminados se deben considerar el tiempo de aprovisionamiento de Materia prima y el tiempo de elaboración. Hacer esa consideración permite que no se tengan inventarios de materias primas sino que se compren en el momento del lanzamiento de una orden de producción.

En el análisis realizado en base a las figuras 3.1 y 3.2; en los métodos se encuentran las principales causas de los problemas de inventarios de la empresa.

La propuesta recomendada para la solución del desabastecimiento de productos, así como el exceso de stock de productos es la siguiente:

**Sistema Integrado de Administración de Inventarios**

Es un sistema compuesto por tres herramientas. El sistema se basa en la clasificación ABC de materiales, se pronostica las ventas por medio de un adecuado método de pronóstico, y finalmente se determinan la cantidad Económica de pedido y el punto de reorden para cada producto. Con esta información se puede realizar el plan de producción respectivo.

**Objeto:**

El Sistema de administración de Inventarios tiene como objeto determinar la cantidad Económica de Pedido y el Punto de Reorden de cada producto terminado, para que la compañía posea un nivel adecuado de inventario.

**Alcance:**

Este proceso es aplicable a todos los productos terminados de la empresa.

**Componentes del Sistema:**

- ***Clasificación ABC de Productos:***

  Se usa para clasificar los productos a ser comercializados en función de su valor económico. Esta técnica se explica a profundidad en el capitulo 4.

  La clasificación permitirá dar a cada artículo el tratamiento adecuado y concentrar el estudio hacia los de mayor impacto económico.

- ***Pronósticos de Ventas***

  En la técnica que se aplica para conocer el comportamiento de la demanda de cada producto.

  Se debe seleccionar el método de pronóstico que mejor se ajuste a la demanda de cada artículo.

- ***Modelo de Lote Económico de Pedido (EOQ)***

Con esta herramienta se establece para cada producto el Lote Económico de Pedido **Q**, que es la cantidad a ordenar en cada pedido para cubrir la demanda de forma económica.

Adicionalmente se determina el punto de Reorden **R** para cada producto, que será el nivel de inventario donde se debe emitir el pedido.

**Políticas:**

- Emitir la orden de producción para cada producto, por el lote económico de pedido Q, en el punto de reorden R.
- Actualizar el pronóstico de ventas cada tres meses o antes si se detectan fallas en el sistema.
- Actualizar el Lote Económico de Pedido Q y el Punto de reorden R cada 3 meses o antes si se detectan fallas en el sistema.
- Realizar una clasificación ABC de productos cada 3 meses.

**Responsabilidades:**

ENCARGADO DE BODEGA:

- Llevar los registros del movimiento del inventario

- Comparar los niveles de stock con el punto de reorden R para cada producto
- Hacer seguimiento de los pedidos e ingresar los pedidos al inventario.

COORDINADOR DE VENTAS

- Actualizar los pronósticos de ventas cada 3 meses

GERENTE DE PRODUCCIÓN

- Actualizar el punto la cantidad económica de pedido Q y el punto de reorden R con una frecuencia prudente.
- Emitir órdenes de producción por el valor de Q óptimo para cada producto.

# CAPITULO 4

# 4. CONCEPTOS BASICOS SOBRE INVENTARIOS

## 4.1. La Clasificación ABC

El análisis ABC sirve para clasificar los artículos del inventario disponible entres grupos en función de su consumo anual en dólares. El análisis ABC considera que unos pocos artículos concentran el mayor consumo.

Para determinar el consumo anual en dólares de cada artículo se multiplica la demanda anual de cada producto del inventario por su costo unitario. Los artículos de *Clase A* son aquellos que representan el 80% del consumo y equivalen a únicamente el 20% del total de artículos del inventario.

Los artículos de *Clase B* son los que tienen un consumo anual en dólares medio. Estos artículos pueden representar un 30% de los artículos del inventario, y un 15% del valor total. Los artículos con un consumo anual en dólares bajo constituyen la *Clase C,* que puede representar tan sólo un 5% del consumo anual en dólares, pero alrededor del 55% del total de los artículos del inventario.

Algunos de las políticas que se pueden adoptar en función del análisis ABC según Heizer y Render en su libro Dirección de la Producción son los siguientes:

1. Los recursos dedicados a la selección de proveedores deben ser muy superiores en el caso de los artículos de clase A que el de los de clase C.
2. Los artículos de la clase A deben estar sometidos a criterios de control físico de inventarios mucho más estrictos que los de clases B y C; quizás convenga guardarlos en un lugar más seguro y comprobar la exactitud de los registros de inventario de estos artículos con mayor frecuencia.
3. El pronóstico de los artículos de la clase A puede requerir más cuidado que la de los demás artículos.

***Ejemplo:***

La compañía XYZ, fabricante de Piezas electronicas, ha clasificado los 10 artículos de su inventario en función de su consumo anual en dólares. La tabla 3 muestra los artículos, su demanda anual, el costo unitario, el consumo anual en dólares y el porcentaje acumulado del valor del inventario.

**TABLA 3.**

**EJEMPLO DE CLASIFICACIÓN ABC**

| Código de Pieza | Consumo anual en Piezas | Costo Unitario | Consumo anual en dólares | Porcentaje del consumo total anual en dólares | % Acumulado del consumo total anual en dólares | Clase |
|---|---|---|---|---|---|---|
| NT2206 | 2000 | $ 95,00 | $ 190.000 | 23,07% | 23,07% | A |
| NH9083 | 2800 | $ 167,00 | $ 467.600 | 56,78% | 79,84% | A |
| | | | | | | |
| AX4889 | 2400 | $ 29,00 | $ 69.600 | 8,45% | 88,30% | B |
| HT0987 | 700 | $ 41,00 | $ 28.700 | 3,48% | 91,78% | B |
| HG4478 | 2000 | $ 13,00 | $ 26.000 | 3,16% | 94,94% | B |
| | | | | | | |
| AS8767 | 1200 | $ 17,23 | $ 20.676 | 2,51% | 97,45% | C |
| RT7369 | 4000 | $ 2,56 | $ 10.240 | 1,24% | 98,69% | C |
| DY3349 | 900 | $ 9,23 | $ 8.307 | 1,01% | 99,70% | C |
| RT8990 | 2400 | $ 0,89 | $ 2.136 | 0,26% | 99,96% | C |
| AS3897 | 500 | $ 0,68 | $ 340 | 0,04% | 100,00% | C |
| | | | **$ 823.599** | **100,00%** | | |

## 4.2. Métodos de Pronósticos

Los modelos de pronósticos con series de tiempo se apoyan en la información del pasado para prever el comportamiento futuro. Por ejemplo, se pueden usar ventas de las diez quincenas pasadas para pronosticar las ventas de la onceava quincena. Así mismo, se pueden usar las cifras de ventas trimestrales de varios años anteriores para pronosticar las ventas de trimestres futuros.

**Método de Promedio Móvil Simple**

Cuando la demanda de un producto no crece ni disminuye velozmente y si no incluye características de estacionalidad, el promedio móvil serviría para eliminar las fluctuaciones aleatorias de los pronósticos.

La formula para un promedio móvil simple es:

$$F_t = \frac{A_{t-1} + A_{t-2} + A_{t-3} + ... + A_{t-n}}{N}$$

Donde:

$F_t$ = Pronostico para el periodo futuro

N = Número de periodos que se promediarán

$A_{t-1}$ = Hechos ocurridos en el periodo pasado

$A_{t-2}$, $A_{t-3}$ y $A_{t-n}$ = Hechos ocurridos en dos periodos anteriores, entres periodos anteriores y así hasta n periodos anteriores.

*(Chase, Jacobs y Alquilano, Administración de la Produccion y Operaciones, 2004)*

**Método de Suavizamiento Exponencial Simple**

El método de suavizamiento exponencial sólo necesita de tres conjuntos de datos para pronosticar el futuro: el pronóstico más reciente, la demanda real que ocurrió en ese periodo y una **alfa constante (α) constante.** Esta constante de suavización determina el grado de suavización y la velocidad de la reacción ante las diferencias entre los pronósticos y la venta real.

El valor de la constante esta determinado por la naturaleza del producto y por la idea del gerente respecto de cuál seria una buena tasa de respuesta.

Por ejemplo, si una empresa produjo un bien estándar con una demanda relativamente estable, la tasa de reacción ante las diferencias entre la demanda real y la prevista tendería a ser pequeña, tal vez sólo 5 o 10%. No obstante, si la empresa estuviera registrando un crecimiento, sería deseable tener una tasa de reacción más alta, quizás entre 15 y 30 puntos porcentuales para dar mayor importancia al crecimiento registrado.

La ecuación para un solo pronóstico empleando el suavizamiento exponencial simple es:

$$F_t = F_{t-1} + \alpha\left(A_{t-1} - F_{t-1}\right)$$

Donde,

$F_t$ = El pronóstico suavizado exponencialmente para el periodo t

$F_{t-1}$= El pronostico suavizado exponencialmente para el periodo anterior

$A_{t-1}$= La demanda real en el periodo anterior

α = La tasa deseada de respuesta o la constante de suavización.

*(Chase, Jacobs y Alquilano, Administración de la Produccion y Operaciones, 2004)*

**Método de Doble Suavizamiento Exponencial**

Se puede corregir un poco los pronósticos suavizados exponencialmente si ajustamos la tendencia. Para corregir la tendencia se necesitan dos constantes de atenuación. Además de la constante de suavización α, la ecuación de la tendencia también usa una **constante delta (δ) de suavización.** Delta disminuye el efecto del error que ocurre entre la realidad y el pronóstico.

La ecuación del método Doble suavizamiento exponencial (FIT, Forecast including tendency, por sus siglas en ingles) es:

$$FITt = Ft + Tt$$

$$F_t = FIT_{t-1} + \alpha(A_{t-1} - FIT_{t-1})$$

$$T_t = T_{t-1} + \delta(F_t - FIT_{t-1})$$

Donde,

$F_t$ = El pronóstico suavizado exponencialmente para el periodo t

Tt = La tendencia suavizada exponencialmente para el periodo t

FITt = El pronostico que incluye la tendencia para el periodo t

$FIT_{t-1}$= El pronostico que incluye la tendencia para el periodo pasado

$A_{t-1}$= La demanda real en el periodo anterior

α = La tasa deseada de respuesta o la constante de suavización

δ = Constante de suavización.

***Ejemplo:***

Supongamos un inicio donde el valor de Ft es 100 unidades, una tendencia de diez unidades, un alfa de 0,20 y una delta de 0,30. Si la demanda real resultara de 115, en lugar de las 100 unidades del pronóstico, calcule el pronóstico para el periodo entrante.

SOLUCIÓN

Si sumamos el pronóstico inicial y la tendencia tendremos:

$$FIT_{t-1}= F_{t-1}+T_{t-1}= 100 + 10 = 110$$

El At-1 real esta dado por 115. Por lo tanto,

$$F_t = FIT_{t-1} + \alpha(A_{t-1} - FIT_{t-1})$$

$$= 110 + 0{,}2(115 - 110) = 111$$

$$T_t = T_{t-1} + \delta(F_t - FIT_{t-1})$$

$$= 10 + 0{,}3(111 - 110) = 10{,}3$$

$$FIT_t = F_t + T_t = 111 + 10{,}3 = 121{,}3$$

Si en lugar de 121,3 la realidad resultara 120, la secuencia se repetiría y el pronóstico para el próximo periodo sería:

$$F_{t+1} = 121{,}3 + 0{,}2(120 - 121{,}3) = 121{,}04$$

$$T_{t+1} = 10{,}3 + 0{,}3(121{,}04 - 121{,}3) = 10{,}22$$

$$FIT_{t+1} = 121{,}04 + 10{,}22 = 131{,}26$$

*(Chase, Jacobs y Alquilano, Administración de la Produccion y Operaciones, 2004)*

### 4.3. Los Errores en los Pronósticos

El error en los pronósticos se refiere a la diferencia entre el valor del pronóstico y lo ocurrido en realidad. Cuando el valor del pronóstico se ubica dentro de límites aceptables, en realidad no se trata de un error, a pesar de que generalmente se le llame así.

**La Desviación Media Absoluta (DMA)**

La DMA representa el error promedio de los pronósticos que emplean valores absolutos. La DMA es interesante porque, al igual que la desviación estándar, mide la dispersión de un valor observado que se aleja del valor esperado.

Para calcular la DMA, se emplean las diferencias entre la demanda real y la pronosticada sin importar el signo. Es igual a la suma de las desviaciones absolutas dividida entre la cantidad de puntos de datos, en forma de ecuación seria:

$$DMA = \frac{\sum_{i=1}^{n} |A_t - F_t|}{n}$$

Donde,

t= Número de periodo

A= Demanda real para el periodo

F= Demanda pronosticada para el periodo

n= Total de periodos

*( Heizeer y , Render,  Dirección de la producción, 2001)*

## 4.4. Los Sistemas de Inventarios

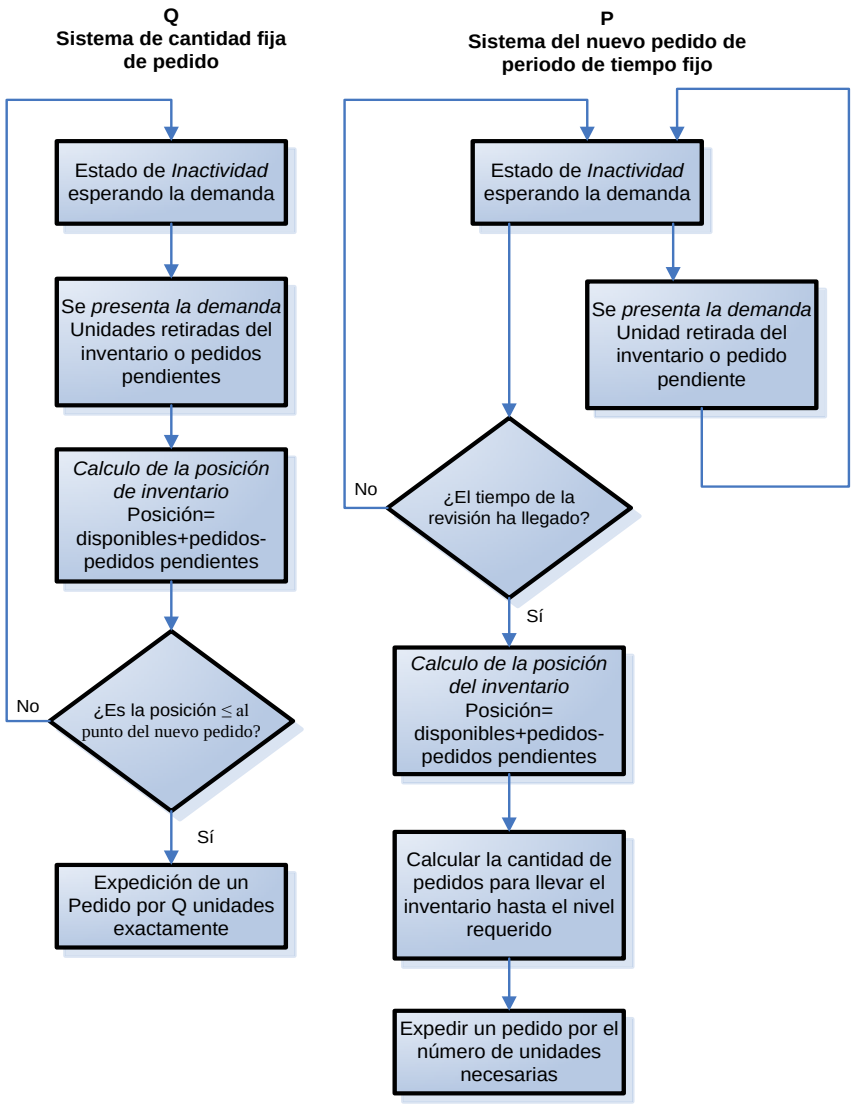
Un sistema de inventario provee la estructura organizacional y las políticas operativas para mantener y controlar los bienes que se van a almacenar. El sistema es responsable de ordenar y recibir los bienes; de coordinar la colocación de los pedidos y de rastrear lo que se ha ordenado, que cantidad y a quien.

### Clasificación de los Modelos

Existen dos tipos generales de sistemas de inventario de demanda independiente: los ***Modelos de cantidad fija del pedido*** (también llamados *Cantidad económica del pedido o modelo Q)* ***y los Modelos de periodo de tiempo fijo*** (también llamado sistema de *revisión periódica o modelo P*).

La diferencia básica es que los modelos de cantidad fija de pedido son “impulsados por un evento”, y los modelos de periodo de tiempo fijo son “impulsados por el tiempo”.

El funcionamiento de los dos modelos se explica en la figura 4.1.




*Fuente: Administración de la Producción y Operaciones, de Chase, Jacobs y Alquilano 2004.*

**FIGURA 4.1. COMPARACIÓN ENTRE LOS SISTEMAS DE INVENTARIOS Q Y P**

La figura 4.1 muestra lo que ocurre cuando cada uno de los sistemas se pone en uso.

.En el modelo de cantidad fija de pedido, cada vez que una unidad se saca de las existencias, el retiro se registra y la cantidad sobrante en inventario se compara de inmediato con el punto del nuevo pedido. Si ha caído a un nivel inferior a ese punto, se coloca una orden de Q artículos si no ha caído, el sistema permanece en espera hasta el siguiente retiro.

En el sistema de periodo de tiempo fijo, la decisión de colocar un pedido se toma en tiempos previamente definidos.

**Costos relacionados con el Inventario: Costos de mantenimiento y de Pedidos.**

El costo de ***Mantenimiento*** son los costos correspondientes a mantener los inventarios a lo largo del tiempo. Por lo tanto estos costos incluyen los que se deben a la obsolescencia de los productos y los relacionados con el almacenamiento, como los seguros, la contratación de personal adicional si fuera necesario y el pago de intereses. Generalmente se establece una tasa de corte, que encierra todos estos costos y es definida por la empresa.

El costo de ***Pedido*** se refiere a los costos administrativos y de oficina para elaborar la orden de compra o de producción. Los costos de las órdenes incluyen todos los detalles, tales como realizar inventarios físicos y calcular las cantidades a ordenar. Los costos asociados con el sistema necesario para rastrear las órdenes están también incluidos en los costos de los pedidos.

## 4.5. Decisión de Volumen

El tamaño óptimo del pedido se encuentra en el punto en que se cortan la curva del costo de pedido y la curva del costo de mantenimiento del inventario. Con el modelo EOQ, el tamaño óptimo del pedido corresponde a un punto en el que el costo total de preparación del pedido es igual al costo total de mantenimiento del inventario.

Tomando como punto de partida este hecho se desarrollan ecuaciones que resuelven directamente el valor de Q*. Los pasos a seguir son los siguientes:

1. Desarrollar una fórmula que represente el valor de los costos de preparación o de emisión del pedido.
2. Desarrollar una fórmula que represente el valor de los costos de mantenimiento.
3. Igualar los costos de mantenimiento y de preparación.
4. Resolver la ecuación para calcular el tamaño óptimo del pedido.

A partir de las siguientes variables podemos determinar los costos de preparación y mantenimiento y resolver el valor de Q*.

Q = Número de piezas por pedido

Q*= Numero Óptimo de piezas por pedido (EOQ)

D= Demanda anual en unidades de cada artículo del inventario

S= Costo de preparación o emisión de cada pedido

H= Costo de mantenimiento de cada unidad por año

1. Costo anual de preparación = (Numero de pedidos por año) x (Costo de preparación por pedido)

$$= \left( \frac{Demanda_Anual}{Número_de_unidades_por_Pedido} \right) \left( \begin{matrix} Costo_depreparación \\ por_Pedido \end{matrix} \right)$$

$$= \left( \frac{D}{Q} \right) (S)$$

2. Costo Anual de mantenimiento= (Nivel medio de inventarios) x Costo de mantenimiento por unidad por año)

$$= \left( \frac{Cantidad_del_pedido}{2} \right) \left( \begin{matrix} Costo_de_mantenimiento_ \\ por_unidad_al_año \end{matrix} \right)$$

$$\left(\frac{Q}{2}\right)(H)$$

3. La cantidad óptima del pedido corresponde al valor en el que el costo anual de mantenimiento es igual al costo anual de preparación; es decir,

$$\frac{D}{Q}S = \frac{Q}{2}H$$

4. Para calcular el valor de Q*, simplemente, se despeja la variable Q.

$$2DS = Q^2H \longrightarrow Q^2 = \frac{2DS}{H}$$

$$Q^* = \sqrt{\frac{2DS}{H}}$$

*(Chase, Jacobs y Alquilano, Administración de la Produccion y Operaciones, 2004)*

## 4.6. Decisión de Tiempo

Después de decidir *cuanto* hay que pedir, el siguiente paso es responder a la segunda cuestión relativa al inventario: *cuando* hay que pedir.

La decisión acerca del momento oportuno para generar un pedido se expresa normalmente como un **punto de emisión del pedido PEP o R.**

El punto de emisión del pedido R viene dado por:

R= (Demanda por día).(Plazo de entrega de un pedido en días)

$R = d \times L$

En muchos casos a R se lo conoce con el nombre de stock mínimo.

Esta ecuación de R supone que la demanda durante el plazo de entrega y el propio plazo de entrega son constantes o deterministicos. Cuando esto no es cierto, es decir cuando es variable o probabilistico se debe añadir una cantidad adicional, a menudo denominada Stock de Seguridad.

**Stock de Seguridad**

La reserva de seguridad se puede definir como la cantidad de inventario que se lleva adicional a de la demanda prevista. La reserva de seguridad depende del nivel de servicio deseado por la empresa.

El nivel de servicio es el complemento de la probabilidad de quedarse sin stock. Por ejemplo, si la probabilidad de agotar el stock es 0.05, el nivel de servicio es 0.95.

El punto del nuevo pedido se fija entonces para cubrir la demanda prevista durante el plazo más una reserva de seguridad determinada por el nivel de servicio deseado.

El punto del nuevo pedido es el siguiente:

$$R= dL + z\sigma_L$$

Donde:

R= Punto del nuevo pedido

d= Demanda diaria promedio

L= Plazo en días (tiempo transcurrido entre el momento de colocar un pedido y el momento de recibir los artículos).

Z= Número de desviaciones típicas para un nivel de servicio especifico.

$\sigma_L$= Desviación estándar de utilización durante el plazo.

*( Heizeer y , Render, Dirección de la producción, 2001)*

## 4.7. Selección del Sistema de Inventario Adecuado

En la tabla 4 se presentan algunas diferencias entre los modelos de cantidad fija de pedido y periodo de tiempo fijo.

**TABLA 4**

**DIFERENCIAS ENTRE CANTIDAD FIJA DE PEDIDO Y PERIODO DE TIEMPO FIJO**

| Rasgo | Q<br>Modelo dela cantidad fija de pedido | P<br>Modelo de periodo de tiempo fijo |
|---|---|---|
| **Cantidad de Pedidos** | Q – Constante (La misma cantidad ordenada cada vez) | Q – Variable (Varía cada vez que se coloca un pedido) |
| **Cuando colocar el pedido** | R – Cuando la posición del inventario cae al nivel del nuevo pedido | T – Cuando llega el periodo de revisión |
| **Registro** | Cada vez que se realiza un retiro o una adición | Se cuenta solamente durante el periodo de revisión |
| **Tamaño del Inventario** | Menor que el modelo de periodo de tiempo fijo | Mayor que el modelo de cantidad fija de pedido |
| **Tiempo de Mantenimiento** | Mayor debido al registro perpetuo | |
| **Tipo de Artículos** | Artículos de mayor precio, críticos e importantes | |

*Fuente: Fugarty, Blackstone y Hoffman, Administración de la Producción, 1999.*

Los autores Fugarte, Blackstone y Hoffman en su libro Administración de la Producción, agregan algunos criterios adicionales que tienden a influenciar la elección de los sistemas:

- El modelo de periodo de tiempo fijo tienen un inventario promedio más grande por cuanto debe protegerse contra el agotamiento de las existencias durante el periodo de revisión T; el modelo de cantidad fija no tiene periodo de revisión.

- El modelo de cantidad fija de pedido favorece a los artículos más costosos porque el inventario promedio es menor.
- El modelo de cantidad fija de pedido es más adecuado para artículos importantes, tales como las partes de reparación críticas, porque hay un monitoreo más cercano y, en consecuencia, una respuesta mas rápida al posible agotamiento de las existencias.
- El modelo de cantidad fija de pedido requiere más tiempo de mantenimiento porque cada adición o retiro se debe registrar.

En consecuencia y basado en los anteriores criterios de selección, esta tesis aplicara un sistema de inventario de punto fijo de reorden con existencias de reserva para los productos clasificados tipo A; y recomendara un sistema de periodo de tiempo fijo para los productos clasificados como tipo B y C.

# CAPITULO 5

## 5. DISEÑO DEL SISTEMA DE ADMINISTRACION DE INVENTARIOS

En este capítulo se efectuará un análisis de la información proporcionada por la empresa de sus últimos meses de operación.

Esta información comprende lo siguiente:

- Ventas: Por producto en cantidad de libras y en dólares.

- Compras: Por producto en el tipo de presentación que se compra y en dólares.(*Existen diferentes presentaciones según cada sabor, cajas, canastas, kilos, sacos, etc)*
- Producción: Por producto en cantidad de libras.

En este capítulo, se desarrollara la solución planteada en el capítulo de diagnostico. La solución que se planteo esta constituida por la aplicación de tres herramientas a los productos de la empresa. Como primer paso se hace una clasificación ABC de productos que enfoca el estudio hacia los productos claves, a continuación se hace un pronóstico de ventas, seleccionando un método de pronóstico adecuado para cada producto, y finalmente se hace calcula el método de lote económico de pedido con stock de seguridad. La aplicación de las tres herramientas juntas constituye la solución al problema de desabastecimientos.

## 5.1. Clasificación ABC

Se utilizó la clasificación ABC del inventario para seleccionar los productos que representan el mayor porcentaje del volumen de ventas de la empresa y sobre los cuales se debe tener especial seguimiento.

Para esto se utilizaron los promedios de ventas de los últimos seis meses de cada uno de los 15 productos. Los promedios de ventas de los últimos seis meses se pueden observar en el anexo A de esta tesis.

Para la clasificación ABC, se utilizó el valor monetario de cada producto durante los seis meses, y se estableció el porcentaje correspondiente a cada producto en el total de ventas del mismo período.

Los resultados de la clasificación ABC de productos se presentan en la tabla 5.

**TABLA 5.**

**CLASIFICACIÓN ABC DE LOS PRODUCTOS TERMINADOS DE LA EMPRESA**

| PRODUCTO – PULPA DE: | VALOR USD$ | % VENTA TOTAL | % ACUMULADO | CLASIFICACIÓN |
|---|---|---|---|---|
| **MORA** | $ 11.057,9 | 17,19% | 17,19% | A |
| **FRESA** | $ 8.245,8 | 12,82% | 30,00% | A |
| **COCO** | $ 7.326,5 | 11,39% | 41,39% | A |
| **GUANABANA** | $ 7.065,0 | 10,98% | 52,37% | A |
| **MARACUYA** | $ 5.328,9 | 8,28% | 60,65% | A |
| **MANGO** | $ 5.166,3 | 8,03% | 68,68% | A |
| **TOM. ÁRBOL** | $ 4.950,0 | 7,69% | 76,38% | A |
| **NARANJILLA** | $ 4.114,9 | 6,40% | 82,77% | A |
| **TAMARINDO** | $ 3.031,6 | 4,71% | 87,48% | B |
| **GUAYABA** | $ 2.166,0 | 3,37% | 90,85% | B |
| **NARANJA** | $ 1.730,4 | 2,69% | 93,54% | B |
| **LIMÓN** | $ 1.727,6 | 2,69% | 96,22% | B |
| **PIÑA** | $ 1.302,6 | 2,02% | 98,25% | C |
| **PAPAYA** | $ 691,2 | 1,07% | 99,32% | C |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **TORONJA** | $ 435,4 | 0,68% | 100,00% | C |
| **TOTALES** | **US$ 64.340** | 100% | | |

La tesis se enfocara en el análisis de los productos tipo A, siendo estos las pulpas de los siguientes sabores: Mora, Fresa, Coco, Guanábana, Maracuya, Mango, Tomate de Árbol, y Lulo o Naranjilla.

## 5.2. Pronósticos de Ventas

En el Capitulo anterior se explico los métodos de pronósticos a ser aplicados en la tesis: Promedios móviles, Suavizamiento exponencial simple y Doble Suavizamiento Exponencial. Los cálculos se harán usando el paquete estadístico Minitab.

El procedimiento consiste en medir para la demanda de cada producto el grado de ajuste que cada uno de los métodos brinda usando el indicador MAD (Desviación Media Absoluta), que como se indicó en el Capítulo cuarto es la diferencia numérica entre la demanda pronosticada y la Real.

También se indico que mientras más pequeño sea el MAD, mejor se ajusta la distribución a la demanda de cada producto.

Es así como el criterio de selección del método de pronóstico a ser utilizado en cada producto será el menor MAD. El método seleccionado para cada producto se presentará en una tabla al final de esta sección.

Antes de iniciar con el análisis, es preciso indicar que se va a trabajar con los datos de ventas desde el mes de Abril de 2006 hasta Marzo de 2007.

En los meses de diciembre y Febrero ocurren eventos que generan datos aberrantes, debido a que el mes de diciembre por las festividades la demanda es muy superior y en febrero la demanda es reducida por ser un mes corto y con varios feriados. Por tales razones se opta por no incluir estos meses en el análisis. La tabla de datos se puede observar en el anexo A de esta tesis.

Los datos de ventas (Demanda Real) de cada uno de los 10 meses fueron divididos en veinte quincenas del 1 al 15 y del 16 al 28/30/31 según el caso.

Cabe recalcar que el número de datos (quincenas) queda reducido a 20, y se busca pronosticar la quincena número 21 con el método de pronostico de mejor ajuste.

**Pulpa de Mora**

Este es el producto de mayor venta en la empresa con un 17,19%.

***Promedio Móvil***

Para utilizar el promedio móvil se usan valores de n= 2, 3 y 6 respectivamente, que son el número de quincenas a ser promediados.

Con este método se encontró que el valor de **n** que reduce el **MAD** es n=3, como se puede observar en las figuras 5.1, 5.2 y 5.3.

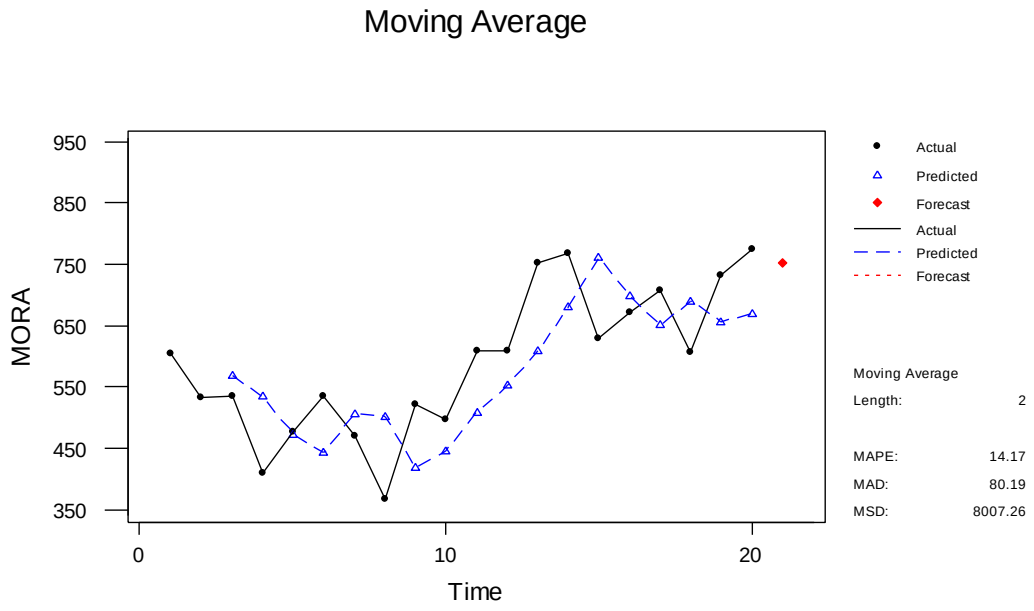



**FIGURA 5.1. PROMEDIO MÓVIL DE 2 QUINCENAS PULPA MORA**

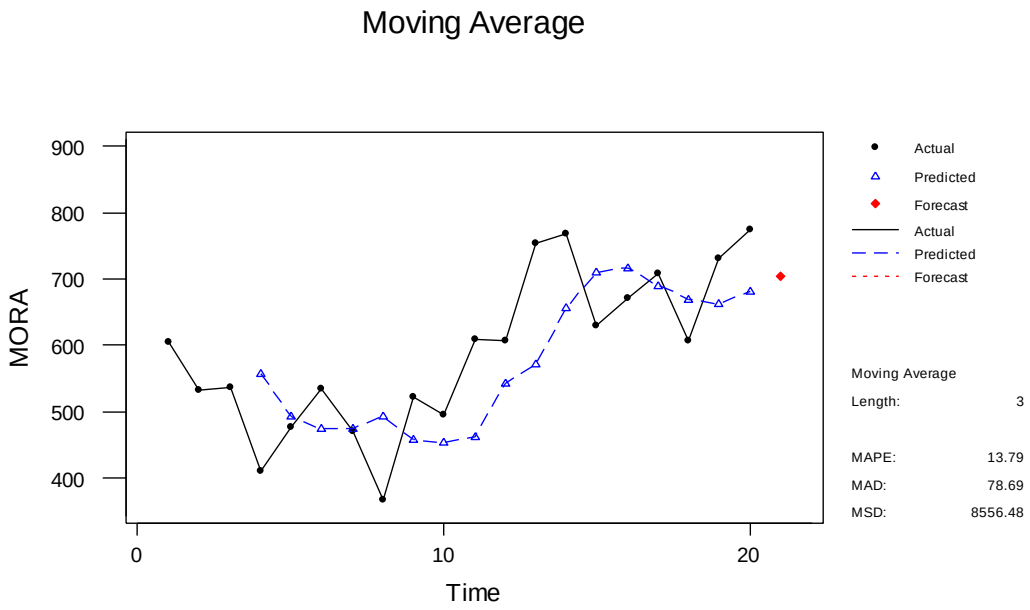



**FIGURA 5.2. PROMEDIO MÓVIL DE 3 QUINCENAS PULPA MORA**

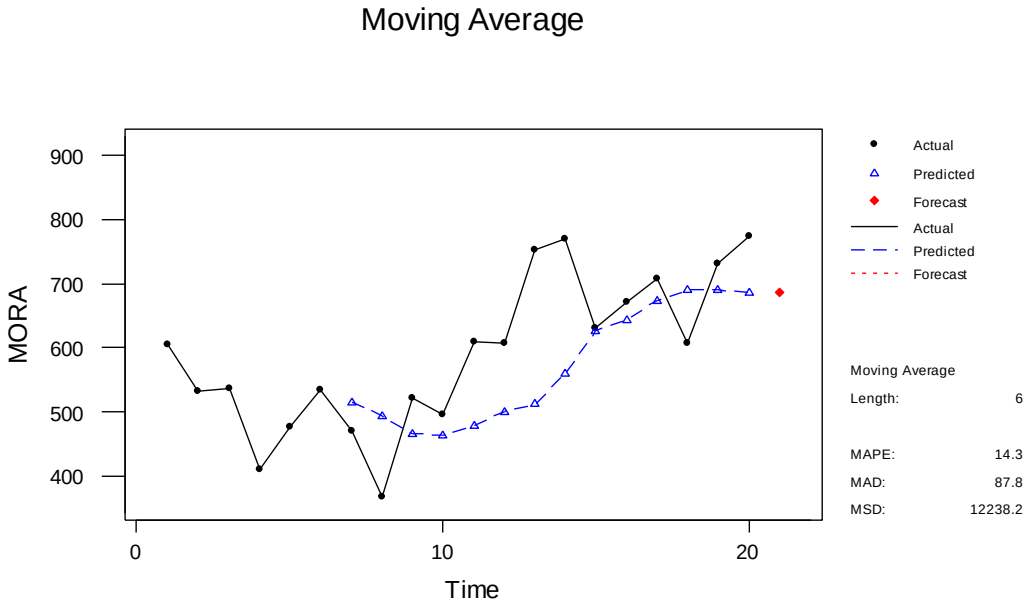



**FIGURA 5.3. PROMEDIO MÓVIL DE 6 QUINCENAS PULPA MORA**

***Suavizamiento Exponencial Simple***

Para la aplicación de este método, se debe usar un coeficiente **α** que es la velocidad de reacción ante las diferencias entre el pronóstico y la venta real.

EL mejor valor para este coeficiente es calculado automáticamente por el programa Minitab, motivo por el cual solo es necesaria una sola iteración.

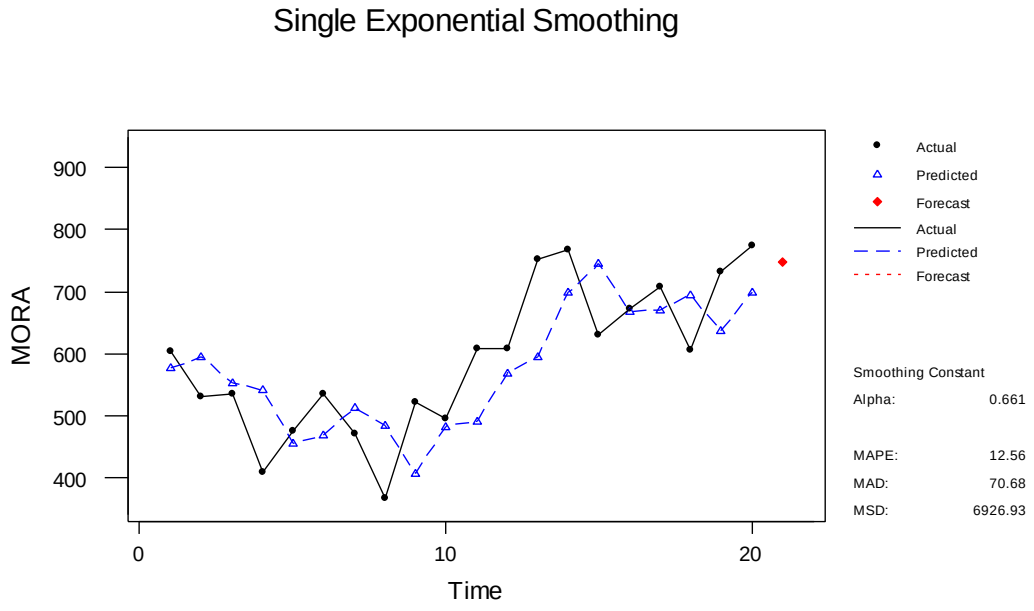



**FIGURA 5.4. SUAVIZAMIENTO EXPONENCIAL SIMPLE PULPA DE MORA**

Como se puede observar en la figura 5.4, el valor del MAD es de 70.68, que hasta ahora es el menor valor entre los métodos probados.

***Suavizamiento exponencial Doble***

En este método además de la constante de atenuación **α,** se maneja una segunda constante **β,** que disminuye el efecto de la tendencia.

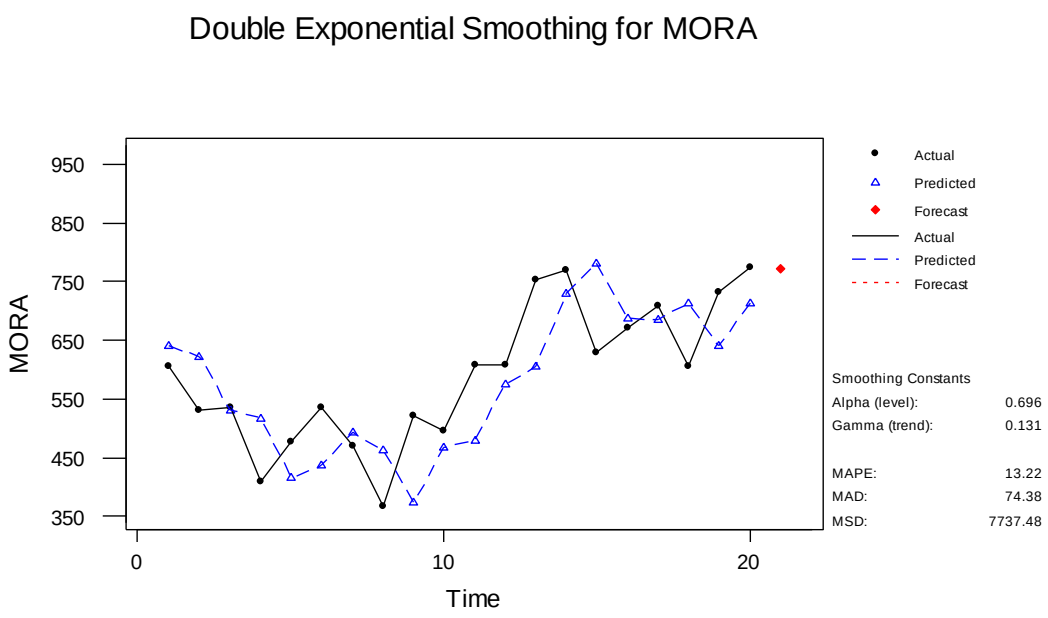



**FIGURA 5.5. DOBLE SUAVIZAMIENTO EXPONENCIAL PULPA DE MORA**

En la figura 5.5 se observa que el valor del MAD es de 74.38. También se puede observar la figura que al igual que el método anterior, el pronóstico va a la saga de las ventas reales, es decir en persecución.

Un resumen del análisis anterior se presenta en la tabla 6.

**TABLA 6**

**RESUMEN DE LOS MÉTODOS DE PRONÓSTICO PARA PULPA DE MORA**

| MÉTODO | MAD |
|---|---|
| Promedio Móvil | 78.69 |
| Suavizamiento Exponencial Simple | 70.68 |
| Doble Suavizamiento Exponencial | 74.38 |

Se concluye que la técnica que mejor se ajusta a la distribución de la demanda de pulpa de Mora es el Suavizamiento exponencial simple con un pronóstico de Venta para la Quincena 21 de 749 libras como lo indica la figura 5.6.

**Single Exponential Smoothing**

```
Data          MORA
Length        20.0000
NMissing      0

Smoothing Constant
Alpha: 0.661152
```

**FIGURA 5.6. PRONOSTICO PARA LA QUINCENA 21**

**DE PULPA DE MORA**

Para los restantes 7 productos se realizó el mismo procedimiento anterior para encontrar el método de pronóstico de mejor ajuste.

Debido a que el procedimiento es similar para todos los productos solo se expondrán los resultados de los análisis en una tabla comparativa de los valores MAD similar a la tabla 11. Además se presentará el resultado de pronóstico arrojado por Minitab.

**Pulpa de Frutilla**

Este producto es el segundo en porcentaje de ventas totales de la empresa con un 12,82%.

Al usar la técnica de Promedios móviles se encontró que el menor valor de MAD es de 113.8 con n=6. Con el método de Suavizamiento exponencial simple se encontró un MAD= 107.8 y con el método de Doble Suavizamiento exponencial se obtuvo un MAD= 109.6.

La tabla 7 presenta el resumen del análisis para la pulpa de frutilla.

**TABLA 7**

**RESUMEN DE LOS METODOS DE PRONÓSTICO PARA PULPA DE FRUTILLA**

| MÉTODO | MAD |
|---|---|
| Promedio Móvil | 113.8 |
| Suavizamiento Exponencial Simple | 107.8 |
| Doble Suavizamiento Exponencial | 109.6 |

Como resultado del análisis se concluye que la técnica de pronóstico que mejor se ajusta a la distribución de la demanda de Pulpa de Frutilla es el Suavizamiento exponencial simple, y que el valor del pronóstico para la Quincena 21 es de 533 libras de acuerdo a la figura 5.7.

**Single Exponential Smoothing**

Data FRUTILLA

Length 20.0000

NMissing 0

Smoothing Constant

Alpha: 0.224238

**FIGURA 5.7. PRONOSTICO PARA LA QUINCENA 21 DE PULPA DE FRUTILLA**

**Pulpa de Coco**

Es el tercer producto en porcentaje de ventas totales de la empresa con un 11.32%.

Con el método promedio móvil, el menor valor de MAD es 91.9 con n=2.

Para la técnica Suavizamiento exponencial simple se obtuvo un MAD= 88.2, y para el ultimo método de Doble suavizamiento exponencial se encontró un MAD de 99.1.

En la tabla 8 se hace un resumen de los valores MAD con los tres métodos usados para predecir la demanda de Pulpa de coco.

**TABLA 8**

**RESUMEN DE LOS METODOS DE PRONÓSTICO PARA PULPA DE COCO**

| MÉTODO | MAD |
|---|---|
| Promedio Móvil | 91.9 |
| Suavizamiento Exponencial Simple | 88.2 |
| Doble Suavizamiento Exponencial | 99.1 |

La técnica Suavizamiento exponencial simple es el método que mejor se ajusta a la demanda de pulpa de coco con un MAD de 88.2.

De acuerdo a la figura 5.8, el pronóstico para la Quincena 21 es de 485 libras.

**Single Exponential Smoothing**

Data COCO

Length 20.0000

NMissing 0

Smoothing Constant

Alpha: 0.106177

**FIGURA 5.8. PRONOSTICO PARA LA QUINCENA 21 DE PULPA DE COCO**

| MÉTODO | MAD |
|---|---|

**Pulpa de Guanábana**

Este producto tiene un 10.98% del valor total de las ventas de la empresa.

El valor de n que disminuye el error MAD al mínimo es n=3, siendo el MAD= 75.84. Al aplicar la siguiente distribución Suavizamiento exponencial simple se obtuvo un MAD= 70.56.

Finalmente el método doble suavizamiento exponencial produjo un MAD de 76.70. En la tabla 9 se resume lo anteriormente dicho.

**TABLA 9**

**RESUMEN DE LOS METODOS DE PRONÓSTICO PARA PULPA DE GUANABANA**

| | |
|---|---|
| Promedio Móvil | 75.84 |
| Suavizamiento Exponencial Simple | 70.56 |
| Doble Suavizamiento Exponencial | 76.70 |

Se concluye según la anterior tabla que el método de pronóstico de mejor ajuste a la demanda de la pulpa de Guanábana es la de Suavizamiento exponencial simple. El pronóstico de ventas para la Quincena 21 es de 430 libras como se indica la figura 5.9

**Single Exponential Smoothing**

```
Data         GUANABAN
Length       20.0000
NMissing     0

Smoothing Constant
Alpha: 0.345997
```

**FIGURA 5.9. PRONOSTICO PARA LA QUINCENA 21**

**DE PULPA DE GUANABANA**

**Pulpa de Maracuya**

Este producto es el Quinto en porcentaje de ventas totales de la empresa con un 8,28%.

Al usar la técnica de Promedios móviles se encontró que el mejor valor de MAD es de 107.8 con n=2. Con el método de Suavizamiento exponencial simple se encontró un MAD= 98.4 y con el método de Doble Suavizamiento exponencial se obtuvo un MAD= 103.2

La tabla 10 presenta el resumen del análisis para la pulpa de Maracuya.

| MÉTODO | MAD |
|---|---|

**TABLA 10**

**RESUMEN DE LOS METODOS DE PRONÓSTICO**

**PARA PULPA DE MARACUYA**

| | |
|---|---|
| Promedio Móvil | 107.8 |
| Suavizamiento Exponencial Simple | 98.4 |
| Doble Suavizamiento Exponencial | 103.2 |

Como resultado del análisis se concluye que la técnica de pronóstico que mejor se ajusta a la distribución de la demanda de Pulpa de Maracuya es el Suavizamiento exponencial simple, y que el valor del pronóstico para la Quincena 21 es de 559 libras de acuerdo a la figura 5.10.

**Single Exponential Smoothing**

```
Data          MARACUYA
Length        20.0000
NMissing      0

Smoothing Constant
Alpha: 0.328224
```

**FIGURA 5.10. PRONOSTICO PARA LA QUINCENA 21 DE PULPA DE MARACUYA**

**Pulpa de Mango**

Es el Sexto producto en porcentaje de ventas totales de la empresa con un 8.03%.

Con el método promedio móvil, el valor de n que reduce el valor del MAD a 83.44 es n=2. Para la siguiente técnica, Suavizamiento exponencial simple se obtuvo un MAD= 81.97, y para el último método de Doble suavizamiento exponencial se encontró un MAD de 86.8.

En la tabla 11 se hace un resumen de los valores MAD con los tres métodos usados para predecir la demanda de Pulpa de Mango.

**TABLA 11**

**RESUMEN DE LOS METODOS DE PRONÓSTICO PARA PULPA DE MANGO**

| MÉTODO | MAD |
|---|---|
| Promedio Móvil | 83.44 |
| Suavizamiento Exponencial Simple | 81.97 |
| Doble Suavizamiento Exponencial | 86.8 |

Según la tabla 11, la técnica Suavizamiento exponencial simple es el método que mejor se ajusta a la demanda de pulpa de Mango con un MAD de 81.97 De acuerdo a la figura 5.11, el pronóstico para la Quincena 21 es de 499 libras.

**Single Exponential Smoothing**

```
Data         MANGO
Length       20.0000
NMissing     0

Smoothing Constant
Alpha: 0.234781
```

**FIGURA 5.11. PRONOSTICO PARA LA QUINCENA 21 DE PULPA DE MANGO**

**Pulpa de Tomate de Árbol**

Este producto tiene un 7.69% del valor total de las ventas de la empresa.

El valor de n que disminuye el error MAD al mínimo es n=3, siendo el MAD= 86.5. Al aplicar el método de Suavizamiento exponencial simple se obtuvo un MAD= 76.8.

Finalmente el método doble suavizamiento exponencial produjo un MAD de 76.4. En la tabla 12 se resume lo anteriormente dicho.

**TABLA 12**

**RESUMEN DE LOS METODOS DE PRONÓSTICO PARA PULPA DE TOMATE DE ARBOL**

| MÉTODO | MAD |
|---|---|
| Promedio Móvil | 86.5 |
| Suavizamiento Exponencial Simple | 76.8 |
| Doble Suavizamiento Exponencial | 76.4 |

Se concluye según la tabla 12 que el método de mejor ajuste a la demanda de la pulpa de Tomate de Árbol es la de Doble Suavizamiento exponencial. El pronóstico de ventas para la Quincena 21 es de 487 libras como se indica la figura 5.12

**Double Exponential Smoothing**

```
Data         TOMATE
Length       20.0000
NMissing     0
Smoothing Constants
Alpha (level): 0.128721
Gamma (trend): 0.184726
```

**FIGURA 5.12. PRONOSTICO PARA LA QUINCENA 21**

**PULPA DE TOMATE DE ARBOL**

**Pulpa de Naranjilla**

Este producto es el último de los productos que fueron clasificados como tipo A, es responsable de un 6.40 % del total de las ventas de la compañía.

El primer método aplicado Promedio Móvil produjo un MAD de 96.6 con un n=2.

La siguiente técnica de suavizamiento exponencial simple arrojo un MAD de 88.3 y finalmente la distribución de Doble suavizamiento exponencial produjo un error MAD de 85.8.

Lo dicho en el anterior párrafo se resume en la tabla 13.

**TABLA 13**

**RESUMEN DE LOS METODOS DE PRONÓSTICO PARA PULPA DE NARANJILLA**

| MÉTODO | MAD |
|---|---|
| Promedio Móvil | 96.6 |
| Suavizamiento Exponencial Simple | 88.3 |
| Doble Suavizamiento Exponencial | 85.8 |

Según la tabla 13, el método del doble suavizamiento exponencial es el método que mejor simula el comportamiento de la demanda de la pulpa de Naranjilla.

En la figura 5.13 se puede observar que la demanda para la próxima quincena numero 21 es de 471 libras.

**Double Exponential Smoothing**

Data NARANJIL

Length 20.0000

NMissing 0

Smoothing Constants

Alpha (level): 0.468423(actual)
0.468423(adjusted)

Gamma (trend): -6.3E-03(actual)
0.010000(adjusted)

**FIGURA 5.13. PRONOSTICO PARA LA QUINCENA 21 DE PULPA DE NARANJILLA**

A manera de resumen, en la tabla 14 se presenta la manera en que se pronosticará la demanda de cada producto, así como el pronóstico de la quincena número 21 que corresponde a la primera quincena del mes de abril de 2007, que será dato de entrada para establecer la política de inventario para cada producto tipo A.

**TABLA 14.**

**MÉTODO DE PRONÓSTICO DE MEJOR**

**AJUSTE PARA LA DEMANDA DE LOS PRODUCTOS TIPO A**

| QUINCENA # | Metodo de Pronostico | Pronostico Q21 |
|---|---|---|
| M O R A | Suavizamiento Exponencial Simple | 749 |
| F R U T I L L A | Suavizamiento Exponencial Simple | 533 |
| C O C O | Suavizamiento Exponencial Simple | 485 |
| G U A N A B A N A | Suavizamiento Exponencial Simple | 430 |
| M A R A C U Y A | Suavizamiento Exponencial Simple | 559 |
| M A N G O | Suavizamiento Exponencial Simple | 499 |
| T O M . A R B O L | Doble Suavizamiento Exponencial | 487 |
| N A R A N J I L L A | Doble Suavizamiento Exponencial | 471 |

## 5.3 Sistema de Inventarios

En el capitulo anterior se decidió que para los productos tipo A, se va a usar el modelo EOQ con un sistema de punto fijo de reorden, por las siguientes razones:

El modelo EOQ, determina la cantidad óptima de productos a pedir generando el menor costo en inventario. Este sistema ayudaría a la empresa a bajar el valor del inventario, permitiendo tener más liquidez.

El sistema de punto fijo de reorden es aconsejable porque permite una mayor vigilancia y la eliminación de posibles desabastecimientos.

El siguiente paso es examinar la viabilidad de su implantación.

**Modelo Lote Económico de Pedido. (EOQ)**

Esencialmente el modelo EOQ con un sistema de punto fijo de reorden, busca determinar dos datos: La cantidad económica de pedido Q y el punto de reorden R.

El método requiere el cumplimiento de algunas suposiciones:

- El tiempo de reaprovisionamiento es constante

- El precio de cada unidad de producto es constante e independiente del nivel de inventario y del tamaño del pedido, es decir no hay descuentos por volúmenes grandes de compra. Estos se pueden alcanzar con contratos anuales de compra.
- El costo de mantenimiento del producto esta basado en el inventario promedio.
- Los costos de preparación y colocación de una orden son constantes.
- Todas las demandas de productos serán satisfechas.
- La demanda del producto es constante, uniforme y conocida.

A continuación se procederá a verificar cada uno de los requerimientos para las condiciones que se manejan en la empresa.

***Tiempo de Reaprovisionamiento:***

Este requisito se puede garantizar gracias a que la compañía fabrica sus propios productos siendo este factor una ventaja que permite que los plazos de fabricación sean cumplidos.

Además en la compra de materia prima la empresa tiene proveedores con quienes ha trabajado por largo tiempo y que han demostrado cumplimento.

***Precio de cada unidad constante***

Se garantiza por la política de trabajar con grandes productores de la región con los que se mantienen acuerdos en precios.

***Costo de mantenimiento basado en Inventario promedio***

Para el calculo se considera la tasa de corte y el inventario promedio existente para cada producto terminado. El inventario promedio se lo calculo en un promedio quincenal.

***Los costos de pedido son constantes:***

Más adelante se indicará como se calcula este costo.

***Las demandas de producto serán satisfechas:***

La producción depende únicamente de la empresa, y siendo su capacidad de producción ocupada menos del 50%, se puede garantizar que los pedidos serán cubiertos en su totalidad.

***Demanda Constante y conocida.***

| Producto | Desv. Estándar | Media | Coef. Variación |
|---|---|---|---|
| **Pulpa de Mora** a | 118,7 | 590,6 | 0,201 |

ra probar este requerimiento es necesario remitirse a los datos de la demanda. Un buen indicador para determinar que la demanda es constante es el coeficiente de variación (CV) como lo sugiere el autor Wayne L. Winston en su libro “investigación de Operaciones” del año 1999.

El criterio para decidir si un conjunto de datos proviene de una demanda constante es cuando el CV < 0,20. El coeficiente de variación se calculará usando el software Minitab.

En la tabla 15 se indican los Coeficientes de Variación de las demandas de los ultimas 20 quincenas por producto.

**TABLA 15**

**COEFICIENTES DE VARIACION**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Pulpa de Frutilla** | 136,8 | 443,8 | 0,308 |
| **Pulpa de Coco** | 107,8 | 484,9 | 0,222 |
| **Pulpa de Guanábana** | 108,4 | 342,6 | 0,316 |
| **Pulpa de Maracuya** | 142,1 | 432,9 | 0,328 |
| **Pulpa de Mango** | 106,8 | 435,8 | 0,245 |
| **Pulpa de Tom. Árbol** | 143,5 | 290,4 | 0,494 |
| **Pulpa de Naranjilla** | 119,3 | 374,6 | 0,318 |

Como se puede apreciar en la tabla 15, ninguno de los productos tiene un coeficiente de variación menor que 0.20, por lo cual no se puede concluir que provienen de una demanda constante.

El no cumplimiento de requerimiento de demanda constante no permite que se pueda aplicar el modelo EOQ clásico o determinista.

Se hace necesario aplicar la variación del modelo llamado enfoque probabilístico. Este enfoque sugiere que dado que no se conoce con

certeza la demanda, se deba incluir en el punto de reorden un inventario de seguridad Ss.

Es así como finalmente el modelo a aplicar en los productos tipo A de la compañía es el modelo de **Lote económico de pedido con existencias de seguridad.**

### 5.3.1. Modelo Lote Económico de pedido con existencias de reserva

Antes de definir las fórmulas es importante recalcar que este modelo, agrega una cantidad de unidades extras al punto de reorden para evitar el desabastecimiento por causa de la demanda variable. Es decir que se maneja una probabilidad de quedar sin existencias mientras se trascurre el tiempo de reabastecimiento.

En acuerdo con el gerente de la empresa se acordó un nivel de confianza del 95%.

#### Requerimientos del Modelo

Existe un requerimiento al aplicar este modelo, el cual consiste en verificar que los datos de la demanda provienen de una distribución normal.

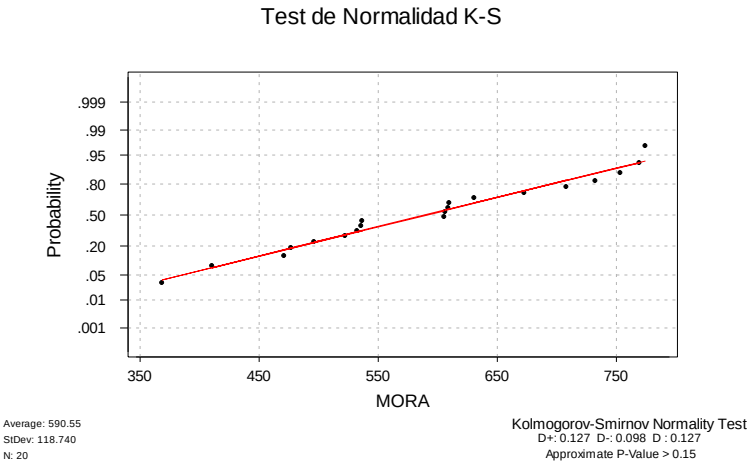
Para verificar esta condición se usara la prueba de Normalidad incluida en el software Minitab kolmogorov – Smirnov.

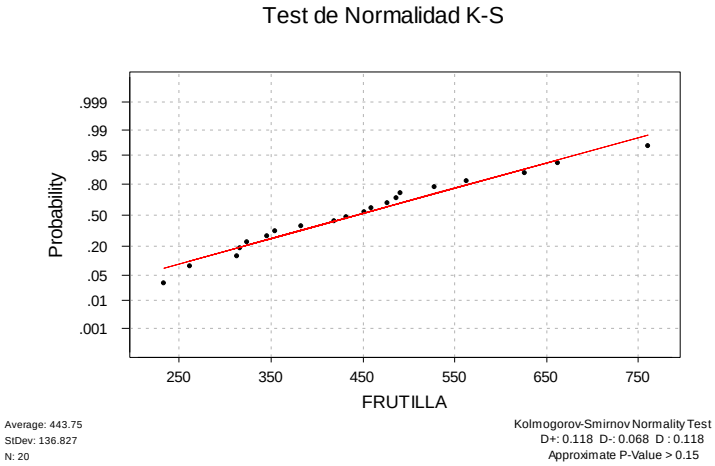
***Resultados de la prueba de Normalidad.***

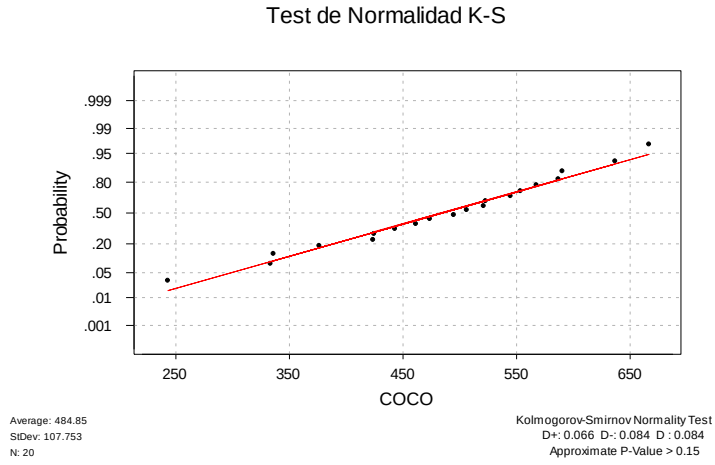
El criterio de decisión en esta prueba es el siguiente:

Se puede afirmar que la distribución es normal si Pvalue > 0,05.

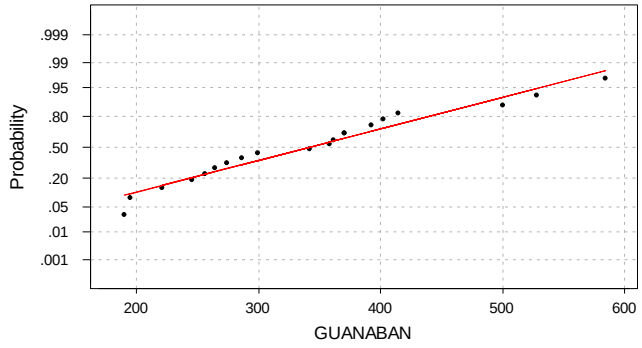
En la figura 5.14 se presentan los Test de Normalidad para cada uno de los productos.




Test de Normalidad K-S
Probability
.999
.99
.95
.80
.50
.20
.05
.01
.001
250
350
450
550
650
750
FRUTILLA
Average: 443.75
StDev: 136.827
N: 20
Kolmogorov-Smirnov Normality Test
D+: 0.118 D-: 0.068 D : 0.118
Approximate P-Value > 0.15


Test de Normalidad K-S
Probability
.999
.99
.95
.80
.50
.20
.05
.01
.001
250
350
450
550
650
COCO
Average: 484.85
StDev: 107.753
N: 20
Kolmogorov-Smirnov Normality Test
D+: 0.066 D-: 0.084 D : 0.084
Approximate P-Value > 0.15

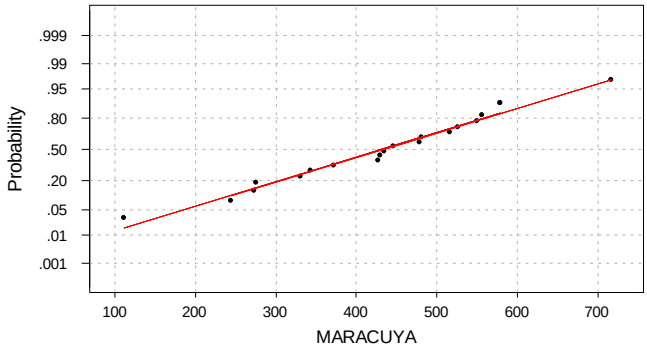
Test de Normalidad K-S




Average: 342.55
StDev: 108.443
N: 20

Kolmogorov-Smirnov Normality Test
D+: 0.106 D-: 0.080 D : 0.106
Approximate P-Value > 0.15

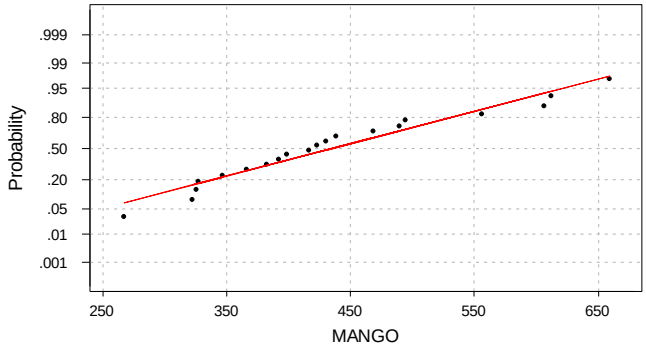
Test de Normalidad K-S




Average: 432.9
StDev: 142.123
N: 20

Kolmogorov-Smirnov Normality Test
D+: 0.079 D-: 0.131 D : 0.131
Approximate P-Value > 0.15

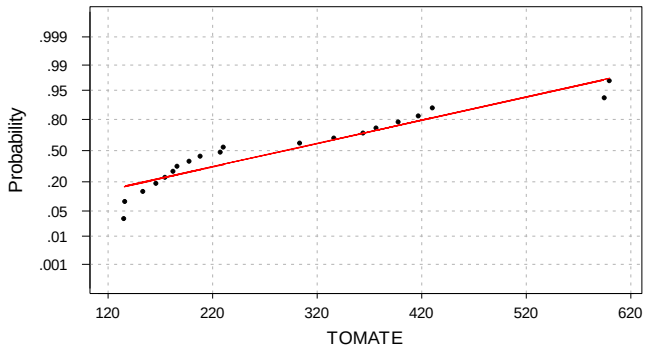
Test de Normalidad K-S




Average: 435.8
StDev: 106.836
N: 20

Kolmogorov-Smirnov Normality Test
D+: 0.142 D-: 0.094 D : 0.142
Approximate P-Value > 0.15

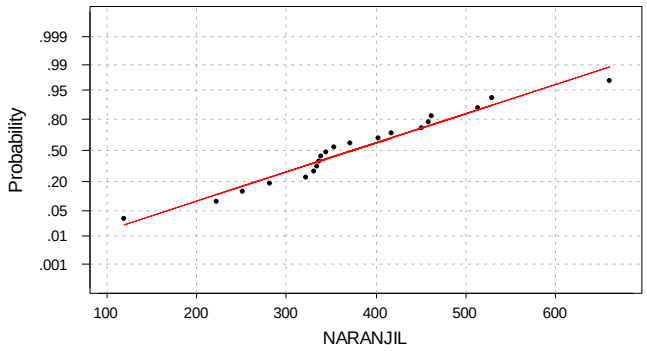
Test de Normalidad K-S




Average: 290.4
StDev: 143.452
N: 20

Kolmogorov-Smirnov Normality Test
D+: 0.213 D-: 0.139 D : 0.213
Approximate P-Value: 0.026

Test de Normalidad K-S




Average: 374.65
StDev: 119.317
N: 20

Kolmogorov-Smirnov Normality Test
D+: 0.122 D-: 0.130 D : 0.130
Approximate P-Value > 0.15

**FIGURA 5.14. TEST DE NORMALIDAD DE LAS DEMANDAS DE LOS PRODUCTOS**

En la tabla 16 se presenta un resumen de los test de Normalidad realizados.

**TABLA 16**

**RESUMEN DE TEST DE NORMALIDAD**

La tabla 16

| Producto | P – Value |
|---|---|
| **Pulpa de Mora** | >0.15 |
| **Pulpa de Frutilla** | >0.15 |
| **Pulpa de Coco** | >0.15 |
| **Pulpa de Guanábana** | >0.15 |
| **Pulpa de Maracuya** | >0.15 |
| **Pulpa de Mango** | >0.15 |
| **Pulpa de Tom. Árbol** | 0.026 |
| **Pulpa de Naranjilla** | >0.15 |

indica que las demandas de los productos provienen de una distribución normal (pvalue>0,15) excepto la pulpa de Tomate de árbol cuyo valor de pvalue = 0,026 indica que no es muy confiable la aseveración de normalidad. Sin embargo se toma la decisión de aplicar el método y validar los valores con la gerencia.

**Fórmulas:**

Solamente se usan dos fórmulas, la de Cantidad económica de pedido Q y la del punto de reorden R.

$$Q = \sqrt{\frac{2DS}{H}}$$

Donde:

Q= Cantidad económica de Pedido.

D= Demanda Anual del producto.

S= Costo por poner una orden.

H= Costo anual de mantenimiento de una unidad de producto.

y,

$$R = \overline{d}.L + z.\sigma_{dL}$$

Donde:

R= Punto de reorden en unidades

$\overline{d}.$ = Demanda diaria promedio

L= Tiempo de Reaprovisionamiento en días. (Lead Time)

z= Numero de desviaciones estándar para una probabilidad especifica de servicio.

$\sigma_{dL}$ = Desviación estándar de la demanda diaria durante el tiempo de entrega.

(Chase, Jacobs y Alquilano, 2004)

**Definición de Variables propias de la empresa**

Para obtener las variables que se relacionan con las ecuaciones a aplicar en este método se analizaron y se calcularon los costos relacionados con cada producto con el encargado de las compras en esta empresa.

***Demanda anual de producto (D)***

Se uso el software Minitab para calcular las demandas de cada producto para los próximos 12 meses de operación de la empresa. En cada caso se uso el método de pronóstico de mejor ajuste que se resumió en la tabla 14.

| PRODUCTO | Demanda Anual Proyectada (En libras) |
|---|---|
| **Pulpa de Mora** | 17976 |

Los resultados se presentan en la tabla 17.

**TABLA 17**

**DEMANDA ANUAL DE PRODUCTOS TIPO A**

| | |
|---|---|
| **Pulpa de Frutilla** | 12792 |
| **Pulpa de Coco** | 11640 |
| **Pulpa de Guanábana** | 10320 |
| **Pulpa de Maracuya** | 13416 |
| **Pulpa de Mango** | 11976 |
| **Pulpa de Tom. Árbol** | 11688 |
| **Pulpa de Naranjilla** | 11304 |

***Costo por poner una Orden (S)***

Este costo se compone de tres rubros básicamente:

- El porcentaje de tiempo que el gerente que es quien realiza las compras dedica a la adquisición de materias primas.
- El gasto mensual de llamadas a fijos y celulares relacionadas con compras de materia prima.
- Los viáticos para viajes a compras en fincas de productores.

El porcentaje dedicado a compras por el gerente es del 20%. Este valor se tradujo a dólares para el cálculo.

En la tabla 18 se presentan los costos anuales en que incurre la empresa por realizar los pedidos.

**TABLA 18**

**COSTOS ANUALES DE GESTIONAR PRODUCTO TERMINADO Y MATERIAS PRIMAS**

| CONCEPTO | VALOR |
|---|---|
| Porcentaje de tiempo invertido en Compras de M.P en dólares. | 2400 |
| Gasto en llamadas telefónicas | 480 |
| Viáticos de viajes | 960 |
| **TOTAL ANUAL** | **3840** |

El número de pedidos al año es de 420 aproximadamente, y al efectuar el cálculo se encuentra que el costo por emitir una orden es de USD$ 9,15.

***Costo de mantenimiento (H)***

Se calcula en base al costo de oportunidad por tener unidades extras de cada producto. Para esto se va a usar la tasa de corte de la empresa (%Tc), la cual es del 30% anual.

Se usa la siguiente fórmula para calcular el Costo de mantenimiento:

$$H = P * \%Tc$$

Donde:

P: Costo de producción unitaria.

%Tc: Tasa de Corte anual

A continuación se presenta el ejemplo de cálculo para la Pulpa de Mora.

Datos:

P = 0,77 US/ Unidad

%Tc = 0.30

***H = 0,77*0,30= 0,23 US/Unidad***

En la tabla 19 se muestran el costo de mantenimiento asociado a cada producto tipo A.

**TABLA 19**

**COSTO DE MANTENIMIENTO PARA PRODUCTOS TIPO A**

| PRODUCTO | Costo de Producción | H (US/Un) |
|---|---|---|
| **Pulpa de Mora** | 0,77 | 0,23 |
| **Pulpa de Frutilla** | 0,67 | 0,20 |
| **Pulpa de Coco** | 0,72 | 0,22 |
| **Pulpa de Guanábana** | 1,01 | 0,30 |
| **Pulpa de Maracuya** | 0,4 | 0,12 |
| **Pulpa de Mango** | 0,31 | 0,09 |
| **Pulpa de Tom. Árbol** | 0,53 | 0,16 |
| **Pulpa de Naranjilla** | 0,33 | 0,10 |

***Demanda diaria promedio ($\overline{d}$.)***

Se calcula dividiendo la demanda pronosticada para el siguiente año entre los días laborables de la empresa. Estos días son 312 que resulta del producto de 52 semanas por seis días laborables.

Como ejemplo se presenta la demanda diaria de la pulpa de mora.

La demanda pronosticada por el método suavizamiento exponencial es de 17976 libras como se vio en la tabla 17. De la división de este valor entre 312 días resulta una demanda diaria de 58 libras.

En la tabla 20 se muestran las demandas diarias promedios para los productos tipo A.

**TABLA 20**

**DEMANDA DIARIA PROMEDIO PARA PRODUCTOS**

| PRODUCTO | Dem. Diaria |
|---|---|

| | (libras) |
|---|---|
| **Pulpa de Mora** | 58 |
| **Pulpa de Frutilla** | 41 |
| **Pulpa de Coco** | 38 |
| **Pulpa de Guanábana** | 34 |
| **Pulpa de Maracuya** | 43 |
| **Pulpa de Mango** | 39 |
| **Pulpa de Tom. Árbol** | 47 |
| **Pulpa de Naranjilla** | 41 |

***Tiempo de Reaprovisionamiento en días (L)***

El tiempo de reaprovisionamiento incluye dos subtiempos:

El primer subtiempo es el tiempo de recolección de la materia prima y el segundo es el de elaboración del producto terminado.

Cada producto dependiendo de su procedencia tiene un tiempo de entrega o recolección, al cual se le suma el tiempo de procesamiento que en promedio para todos los productos es igual como se muestra en la tabla 21.

**TABLA 21**

**TIEMPO DE REAPROVISIONAMIENTO PARA PRODUCTOS TIPO A**

| PRODUCTO | Tiempo de Adquisición | Tiempo de Proceso | L (Días) |
|---|---|---|---|
| **Pulpa de Mora** | 4 | 2 | 6 |
| **Pulpa de Frutilla** | 4 | 2 | 6 |
| **Pulpa de Coco** | 2 | 2 | 4 |
| **Pulpa de Guanábana** | 5 | 2 | 7 |
| **Pulpa de Maracuya** | 5 | 2 | 7 |
| **Pulpa de Mango** | 4 | 2 | 6 |
| **Pulpa de Tom. Árbol** | 4 | 2 | 6 |
| **Pulpa de Naranjilla** | 4 | 2 | 6 |

***Desviación Estándar de la Demanda Diaria Durante el Tiempo de Reaprovisionamiento ($\sigma_{dL}$)***

Este valor, se obtiene de los consumos diarios reales de los productos durante dos meses. En el Anexo A se muestran los datos de los consumos diarios por cada producto.

El cálculo de las desviaciones se hizo mediante el uso del programa Excel, el cual usa la siguiente fórmula:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(xi - \bar{x})^2}{n-1}}$$

En la tabla 22 se muestran los valores calculados.

**TABLA 22**

**DESVIACIÓN ESTANDAR DE LA DEMANDA DIARIA DURANTE ELTIEMPO DE REAPROVISIONAMIENTO**

| Producto | $\sigma_{dL}$ |
|---|---|
| **Pulpa de Mora** | 77,33 |
| **Pulpa de Frutilla** | 39,03 |
| **Pulpa de Coco** | 68,74 |
| **Pulpa de Guanábana** | 54,00 |
| **Pulpa de Maracuya** | 59,88 |
| **Pulpa de Mango** | 57,80 |
| **Pulpa de Tom. Árbol** | 86,24 |
| **Pulpa de Naranjilla** | 55,49 |

***Nivel de servicio Z***

El nivel de servicio fue acordado con el gerente, quien estimo que un nivel del 95% es apropiado. Para este nivel de servicio el valor de Z es de 1,645.

El nivel de servicio se fijó teniendo en cuenta la capacidad de respuesta que se tiene ante un desabastecimiento.

Después de haber definido las variables de entrada incluidas en las ecuaciones de la cantidad Óptima de Pedido y el Punto de Reorden, se procede a evaluarlas para cada uno de los productos.

**Calculo de la Cantidad Óptima de Pedido (Q) y del Punto de Reorden (R)**

A continuación se presenta el cálculo efectuado para el producto Pulpa de Mora. Los cálculos para los siguientes siete productos tipo A se incluyen en el anexo A de esta tesis.

Datos:

D = 17976 Libras

S = 9,35 USD

H = 0,23 USD/Año

$\overline{d}$. = 58 Libras/día.

L = 6 días

$\sigma_{dL}$ = 77,33 Libras

Z(0,95) = 1,645

La cantidad óptima de pedido se calcula mediante la fórmula:

$$Q = \sqrt{\frac{2DS}{H}}$$

Aplicando la fórmula se tiene lo siguiente:

$$Q = \sqrt{\frac{2*17976*9,35}{0,23}} = 1208.93 \approx 1209 - Libras$$

El punto de Reorden se calcula mediante la fórmula:

$$R = \overline{d}.L + z.\sigma_{dL}$$

Al evaluar la fórmula de R se tiene lo siguiente:

$$R = (58 * 6) + (1{,}64 * 77{,}33) = 474{,}82 \approx 475 - Libras$$

De acuerdo a los cálculos anteriores la Cantidad Óptima de pedido para Pulpa de Mora es de 1209 libras, y se debe emitir ese pedido cuando el nivel del inventario llegue a 475 libras.

En la tabla 23 se presenta una tabla de datos condensada de valores que se utilizarán para los cálculos de los siguientes productos.

**TABLA 23**

**TABLA DE DATOS PARA CALCULAR CANTIDAD ÓPTIMA DE PEDIDO Y PUNTO DE REORDEN**

| PRODUCTO | D (Libras) | S (Us) | H (Us/Año) | $\overline{d}$ (Libras/dia) | L (Días) | $\sigma_{dL}$ (Libras) | Z |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Pulpa de Mora | 17976 | 9,35 | 0,23 | 58 | 6 | 77,33 | 1,64 |
| Pulpa de Frutilla | 12792 | | 0,20 | 41 | 6 | 39,03 | |
| Pulpa de Coco | 11640 | | 0,22 | 37 | 4 | 68,74 | |
| Pulpa de Guanábana | 10320 | | 0,30 | 33 | 7 | 54,00 | |
| Pulpa de Maracuya | 13416 | | 0,12 | 43 | 7 | 59,88 | |
| Pulpa de Mango | 11976 | | 0,09 | 38 | 6 | 57,80 | |
| Pulpa de Tom. Árbol | 11688 | | 0,16 | 37 | 6 | 86,24 | |
| Pulpa de Naranjilla | 11304 | | 0,10 | 36 | 6 | 55,49 | |

$\sigma_{dL}$

Como se puede apreciar en la tabla 23, el costo de emitir una orden de producción es constante para todos los productos, no así para el costo de mantenimiento H, el cual es variable debido a que depende del costo de producción.

En la tabla 24 se presentan los resultados de la evaluación de las fórmulas de Q y R para cada producto.

**TABLA 24**

**CANTIDAD OPTIMA DE PEDIDO Y PUNTO DE REORDEN PARA LOS PRODUCTOS TIPO A**

| PRODUCTO | Q* (Libras) | R (Libras) |
|---|---|---|
| Pulpa de Mora | 1209 | 475 |
| Pulpa de Frutilla | 1094 | 310 |
| Pulpa de Coco | 995 | 261 |
| Pulpa de Guanábana | 802 | 320 |
| Pulpa de Maracuya | 1446 | 399 |
| Pulpa de Mango | 1577 | 323 |
| Pulpa de Tom. Árbol | 1169 | 363 |
| Pulpa de Naranjilla | 1454 | 307 |

Luego de determinar la cantidad Óptima de pedido por cada sabor, es preciso traducir para los encargados de producción, ese dato a valores en los que se compra la materia prima.

La materia prima que se adquiere viene en diferentes presentaciones como canastas, cajas, Kilos, Tambores entre otros y cada presentación produce un número de libras de Pulpa de fruta.

Por ejemplo la presentación de la Frutilla es una caja que pesa 9,5 libras de fruta. La caja de Frutillas al ser procesadas produce 8 libras de Pulpa de Frutilla.

Al valor que se obtiene al procesar la presentación se le denomina Rendimiento.

La tabla 25 muestra la presentación y el rendimiento en libras.

**TABLA 25**

**PRESENTACIONES Y RENDIMIENTOS DE LA MATERIA PRIMA**

| PRODUCTO | Presentación | Rendimiento (En libras) |
|---|---|---|
| Pulpa de Mora | Canasta | 24 |
| Pulpa de Frutilla | Caja | 8 |
| Pulpa de Coco | Unidades | 2 |
| Pulpa de Guanábana | Kilos | 0,8 |
| Pulpa de Maracuya | Kilos | 0,66 |
| Pulpa de Mango | Tambores | 850 |
| Pulpa de Tom. Árbol | Caja | 22 |
| Pulpa de Naranjilla | Caja | 24 |

Como se indico, los pedidos se deben emitir en las unidades de compra.

Con los datos de las tablas 24 y 25 se calcula la cantidad de unidades en la presentación correspondiente.

A continuación se presenta como ejemplo el cálculo para la Pulpa de Mora.

La Cantidad Optima de Pedido del producto Pulpa de Mora es de 1209 libras, y el rendimiento de la presentación es de 24 libras por canasta.

Al dividir se tiene que se deben ordenar 51 Canastas en cada pedido.

La tabla  presenta la cantidad a ordenar en cada pedido para los productos tipo A.

**TABLA 26**

**CANTIDAD DE MATERIA PRIMA A ORDENAR EN CADA PEDIDO**

| FRUTA | Cantidad | Presentación |
|---|---|---|

| | | |
|---|---|---|
| Mora | 51 | Canastas |
| Frutilla | 137 | Cajas |
| Coco | 498 | Unidades |
| Guanábana | 1003 | Kilos |
| Maracuya | 2191 | Kilos |
| Mango | 2 | Tambores |
| Tomate de Árbol | 54 | Cajas |
| Naranjilla | 61 | Cajas |

La información de la tabla 26 será útil a la empresa para programar los recursos necesarios para los nuevos pedidos, tales como tamaño de vehículos, bodegas de almacenamiento, recurso humano y otros.

## 5.4. Comparación de Costos Técnica Actual Vs Sistema Propuesto

En esta sección se va a medir los beneficios que tendría la aplicación del método propuesto para el manejo del inventario. Se selecciono el indicador costo monetario por ser el aspecto de mayor inquietud por la directiva de la empresa.

**Costos monetarios**

Se calcularán los costos totales de cada uno de los métodos, relacionados con la administración del inventario necesarios para suplir la demanda.

El procedimiento consiste en simular los efectos y los costos de cada uno de los dos sistemas para suplir la demanda proyectada de los productos tipo A para el siguiente año de operación.

El sistema de Lote Económico de Pedido cuenta una ecuación para cuantificar el Costo Total Anual. (Chase, Jacobs y Alquilano, 2004).

**Costo** = Costo Anual + Costo Anual + Costo Anual por

**Anual Total** de Compra de la orden Mantener inventario

o $$TC = DP + \frac{D}{Q}S + \frac{Q}{2}H$$

Donde:

TC = Costo Total Anual

D = Demanda (anual)

P = Costo por Unidad

Q = Volumen de la orden

S = Costo por Colocar una Orden

H = Costo anual de mantener y almacenar una unidad de inventario promedio.

Debido a que se trata de una comparación donde se utilizara la misma demanda, y el costo por unidad es igual en ambos sistemas, el valor del costo anual de compra se puede omitir y la ecuación quedaría como sigue.

$$TC = \frac{D}{Q}S + \frac{Q}{2}H$$

**Costo Anual de Pedidos**

En la fórmula de Costo Total Anual, D/Q es equivalente al número de pedidos de compra al año.

***Método Actual***

Se proyectaron las ventas del año anterior usando el método de pronóstico resumido en la tabla 14 y se calculo el porcentaje de crecimiento.

En la tabla 27 se calculo el porcentaje de crecimiento de la demanda para el siguiente año.

**TABLA 27**

**PORCENTAJE DE CRECIMENTO DE LA DEMANDA PROYECTADA**

| PRODUCTO | Demanda año Anterior (En Libras) | Demanda Proyectada (En libras) | % Crecimiento |
|---|---|---|---|
| **Pulpa de Mora** | 14358 | 17976 | 25,20% |
| **Pulpa de Frutilla** | 10729 | 12792 | 19,23% |
| **Pulpa de Coco** | 11321 | 11640 | 2,82% |
| **Pulpa de Guanábana** | 8085 | 10320 | 27,64% |
| **Pulpa de Maracuya** | 10287 | 13416 | 30,42% |
| **Pulpa de Mango** | 10704 | 11976 | 11,88% |
| **Pulpa de Tom. Árbol** | 7090 | 11688 | 64,85% |
| **Pulpa de Naranjilla** | 8752 | 11304 | 29,16% |

A continuación se procede a proyectar el número de pedidos de compra usando el porcentaje de crecimiento.

En la tabla 28 se muestra el resultado de la proyección.

**TABLA 28**

**NUMERO DE PEDIDOS DE COMPRA CON MÉTODO ACTUAL**

| PRODUCTO | Cantidad de Pedidos de Compra año anterior | % Crecimiento | Cantidad de Pedidos de Compra para Demanda Proyectada |
|---|---|---|---|
| **Pulpa de Mora** | 46 | 25,20% | 58 |
| **Pulpa de Frutilla** | 40 | 19,23% | 48 |
| **Pulpa de Coco** | 39 | 2,82% | 40 |
| **Pulpa de Guanábana** | 12 | 27,64% | 15 |
| **Pulpa de Maracuya** | 26 | 30,42% | 34 |
| **Pulpa de Mango** | 49 | 11,88% | 55 |
| **Pulpa de Tom. Árbol** | 34 | 64,85% | 56 |
| **Pulpa de Naranjilla** | 27 | 29,16% | 35 |
| **TOTAL** | 273 | | 341 |

La cantidad de pedidos necesarios para cubrir la demanda proyectada para los sabores tipo A es de 341. Por otro lado el costo por poner una orden S es de US$ 9,35, por lo tanto el costo de pedidos de compra con el método actual se calcula como sigue.

$$\frac{D}{Q}S = \#Pedidos * S = 341 * 9{,}35 = 3188{,}35 - dolares$$

***Sistema Propuesto***

Los datos para el sistema propuesto son la demanda proyectada y el valor de Q óptimo para cada sabor calculado anteriormente.

En la tabla 29 se muestra la evaluación de la fórmula del costo anual de pedidos de compra.

**TABLA 29**

**COSTO DE ANUAL DE COMPRAR CON SISTEMA PROPUESTO**

| PRODUCTO | Demanda Proyectada (En libras) | Q Optimo (En Libras) | S (US$) | (D/Q)*S (US$) | Cantidad de Pedidos |
|---|---|---|---|---|---|
| **Pulpa de Mora** | 17976 | 1209 | 9,35 | 139,02 | 15 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Pulpa de Frutilla** | 12792 | 1094 | | 109,33 | 12 |
| **Pulpa de Coco** | 11640 | 995 | | 109,38 | 12 |
| **Pulpa de Guanábana** | 10320 | 802 | | 120,31 | 13 |
| **Pulpa de Maracuya** | 13416 | 1446 | | 86,75 | 9 |
| **Pulpa de Mango** | 11976 | 1577 | | 71,01 | 8 |
| **Pulpa de Tom. Árbol** | 11688 | 1169 | | 93,48 | 10 |
| **Pulpa de Naranjilla** | 11304 | 1454 | | 72,69 | 8 |
| **TOTAL** | | | | **US$ 813,45** | **87** |

Como se observa en la tabla 29, el costo anual de compras con el método actual es de US$ 813,45 y la cantidad de pedidos al año serian aproximadamente 87.

**Costo Anual de Mantener Inventarios**

Para este costo se necesita conocer el tamaño del pedido de compra Q y el costo de mantenimiento por producto H.

***Método Actual***

El tamaño promedio de pedido Q, se calcula dividiendo la demanda proyectada del próximo año entre el número de pedidos de compra proyectados del mismo periodo.

En la tabla 30 se determina el tamaño de pedido para los sabores tipo A. Por ejemplo el tamaño de pedido de la Pulpa de Mora se determina dividiendo las 14358 libras demandadas el año anterior entre los 46 pedidos realizados, lo cual da como resultado 312 libras por pedido.

**TABLA 30**

**TAMAÑO DE PEDIDO DE COMPRAS CON EL MÉTODO ACTUAL**

| PRODUCTO | Demanda Proyectada (En Libras) | Cantidad de Pedidos de Compra para Demanda Proyectada | Q Tamaño del pedido de compra Proyectado |
|---|---|---|---|
| **Pulpa de Mora** | 17976 | 58 | 310 |
| **Pulpa de Frutilla** | 12792 | 48 | 267 |
| **Pulpa de Coco** | 11640 | 40 | 291 |
| **Pulpa de Guanábana** | 10320 | 15 | 688 |
| **Pulpa de Maracuya** | 13416 | 34 | 395 |
| **Pulpa de Mango** | 11976 | 55 | 218 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Pulpa de Tom. Árbol** | 11688 | 56 | 209 |
| **Pulpa de Naranjilla** | 11304 | 35 | 323 |

En la tabla 31 se evalúa la fórmula del costo anual de mantenimiento (Q/2)*H. De la tabla 19 se tomo los costos anuales de mantenimiento por producto y de la tabla 30 el tamaño de los pedidos de compra.

**TABLA 31**

**COSTO DE MANTENIMIENTO ANUAL MÉTODO ACTUAL**

| PRODUCTO | Tamaño del pedido Q | Costo de mantenimiento H | (Q/2)*H |
|---|---|---|---|

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Pulpa de Mora** | 310 | 0,23 | US$ 35,65 |
| **Pulpa de Frutilla** | 267 | 0,20 | US$ 26,7 |
| **Pulpa de Coco** | 291 | 0,22 | US$ 32,01 |
| **Pulpa de Guanábana** | 688 | 0,30 | US$ 103,2 |
| **Pulpa de Maracuya** | 395 | 0,12 | US$ 23,7 |
| **Pulpa de Mango** | 218 | 0,09 | US$ 9,81 |
| **Pulpa de Tom. Árbol** | 209 | 0,16 | US$ 16,72 |
| **Pulpa de Naranjilla** | 323 | 0,10 | US$ 16,15 |
| **TOTAL** | | | **$ 263,94** |

Como se puede observar en la tabla 31, el costo anual de mantener inventarios con el método actual es de US$ 263,94.

Adicional al Costo de mantenimiento de inventario de Producto terminado, el método actual genera un costo de mantenimiento de Materia Prima el cual se puede calcular en base a un porcentaje del costo total de producción.

Según el gerente general, el costo de la materia prima representa el 80% del costo total de producción (CMP = 0,8P). Por otro lado, se puede asumir que se tiene la misma cantidad de inventario promedio de materia

prima que de producto terminado. En la página 99 de esta tesis se planteo que el costo de mantenimiento H es:

$$\mathbf{H = P * \%Tc}$$

Donde:

P: Costo de producción unitaria.

%Tc: Tasa de Corte anual

Reemplazando en la ecuación el valor de CMP (Costo de materia Prima), se tiene:

$$H = (CMP/0,8) * \%Tc$$

$$0,8H = CMP*\%Tc$$

Es decir que multiplicando al valor del costo de mantenimiento de producto terminado por 0,8 se obtiene el valor del costo de mantenimiento de Materia Prima.

Entonces el costo de mantenimiento de Materia Prima es:

$$CM = 263,94*0,8 = US\$\ 211,15$$

Con este costo, la suma total de costo de mantenimiento es de US$ 475,10.

***Sistema Propuesto***

Para el sistema propuesto la variable Q es la que se calculo como Q optima en el sistema de Lote Económico de Pedido.

El valor de Q óptimo se tomo de la tabla 24, y el costo H se tomo de la tabla 19.

En la tabla 32 se presenta el cálculo del costo anual de mantenimiento para el sistema propuesto.

**TABLA 32**

**COSTO ANUAL DE MANTENIMIENTO CON EL MÉTODO PROPUESTO**

| PRODUCTO | Q Optimo | Costo de mantenimiento H | (Q/2)*H |
|---|---|---|---|
| **Pulpa de Mora** | 1209 | 0,23 | 139,03 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Pulpa de Frutilla** | 1094 | 0,20 | 109,36 |
| **Pulpa de Coco** | 995 | 0,22 | 109,42 |
| **Pulpa de Guanábana** | 802 | 0,30 | 120,31 |
| **Pulpa de Maracuya** | 1446 | 0,12 | 86,75 |
| **Pulpa de Mango** | 1577 | 0,09 | 70,99 |
| **Pulpa de Tom. Árbol** | 1169 | 0,16 | 93,50 |
| **Pulpa de Naranjilla** | 1454 | 0,10 | 72,70 |

| | **Costo Anual de Comprar** | **Costo anual de mantenimiento de Inventario** | **Costo Total Anual** |
|---|---|---|---|
| **TOTAL** | | | **802,05** |

En el método propuesto no se tienen costos de mantenimiento de Materia Prima.

Los resultados de la comparación entre los dos métodos se presentan en la tabla 33.

**TABLA 33**

**COMPARACION DE COSTOS ANUALES RELACIONADOS CON EL INVENTARIO DE MÉTODO ACTUAL Y PROPUESTO**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Método Actual** | $ 3.179,00 | $ 475,10 | $ 3654,10 |
| **Sistema Propuesto** | $ 813,45 | $ 802,05 | $ 1.604,02 |
| **Ahorro en el Costo Total Anual con Método Propuesto** | | | **$ 2.050,08** |

Como se puede observar en la tabla 33, el método propuesto genera un ahorro en costos de USD$ 2.050,08 al año.

Es importante observar en la tabla 33 de comparación que el costo anual de comprar con el método actual es aproximadamente cuatro veces mayor que con el método propuesto.

Otro aspecto importante de recalcar es que los costos por mantenimiento de inventarios son más altos en el método propuesto; esto se debe a que el inventario promedio es más elevado para garantizar que no se incurra en desabastecimientos.

Como conclusión se puede decir que el método propuesto a pesar de tener costos mas elevados de mantenimiento, tiene costos de compra más bajos, produciendo un costo anual total menor.

## Otros Beneficios con el Método Propuesto

### *Ahorro de dinero en Setups*

La cantidad de compras depende de la cantidad de órdenes de producción, por lo que requieren la misma cantidad de setups.

Con el método propuesto se reducen los setups de 341 a 87, lo que evita 254 setups al año. Cada setup toma en promedio 40 minutos de paro de la planta, lo que al año representa 169 horas de parada.

El costo de las 170 horas al valor US$ 7,00 hora/planta, genera un ahorro de US$ 1,190 al año.

***Ingresos Por Disminución De Perdida de Ventas***

Como se indico en el Diagnostico, el desabastecimiento de producto ocurre 9 veces al mes aproximadamente, y corresponde al 20% de las veces, es decir se tiene un nivel de servicio del 80%.

Esta tesis planteo subir el nivel de servicio al 95%, lo que disminuirá los desabastecimientos a 2 al mes. Con el método actual se tienen 108 desabastecimientos al año. Con el método propuesto se reducen los desabastecimientos a 24 al año.

Se determinó que en promedio en cada desabastecimiento se deja de vender US$ 94, y que a la tasa de corte del 30% se deja de percibir US$ 28,5 en utilidad por cada desabastecimiento.

Al año las 84 oportunidades en que no se producirán desabastecimientos generaran una utilidad de US$ 2394.

En la tabla 34 se presenta un resumen de los beneficios que tendría la aplicación del sistema de inventario propuesto en esta tesis.

**TABLA 34**

**RESUMEN DE BENEFICIOS AL APLICAR**

**EL MÉTODO PROPUESTO**

| TIPO DE BENEFICIO | VALOR |
|---|---|
| Ahorro en Costos Totales de Administración de Inventario | $ 2050,08 |
| Ahorro en Setups | $ 1.190,00 |
| Ingresos por disminución de perdida de ventas | $ 2.394,00 |
| **TOTAL** | **$ 5.634,08** |

El sistema propuesto, genera ahorros anuales de US$ 3.240,08 y genera ingresos por $ 2.394,00, lo que se traduce en un beneficio total anual de US$ 5.634,08.

# CAPITULO 6

## 1. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

Como conclusión general, el sistema propuesto además de producir beneficios monetarios, garantiza que se tengan inventarios disponibles para la demanda aleatoria, resolviendo el problema planteado en esta tesis. Algunos puntos importantes luego de la culminación de esta tesis son los siguientes:

1. El análisis ABC de productos demostró ser excelente herramienta al definir el grupo de productos tipo A, en los cuales se debía concentrar el estudio por su gran aporte económico en la empresa.

2. Antes de la elaboración de este trabajo de tesis, la empresa controlaba sus productos con similares criterios y políticas. Con la elaboración de esta tesis, se determinó que ocho de los quince productos representan el 82,77% de las ventas, y los siete restantes representan el 17,23% de estas, permitiendo redefinir las políticas de control y producción, de compras de los productos.

3. En seis productos se selecciono como método de pronóstico de mejor ajuste al método de Suavizamiento Exponencial. Por otro lado para la Pulpa de Tomate de Árbol y Naranjilla, el método Doble Suavizamiento Exponencial fue el método de mejor ajuste.

4. La determinación de la cantidad óptima de pedido y el punto de reorden para los productos tipo A, son ahora el resultado de un estudio formal y no una estimación empírica. Antes de esta tesis se hacían estimaciones del punto de reorden en base a las demandas de las semanas anteriores. Esta tesis presenta el punto de reorden de cada producto como resultado de la aplicación de una técnica que tiene en cuenta las variables involucradas, tales como la demanda diaria, el tiempo de reaprovisionamiento y el nivel de servicio.

5. La aplicación del sistema de inventario propuesto en esta tesis reduce los costos de administración de inventario en 56.1%. Antes de esta tesis, no se conocía que el costo de pedido es significativamente alto con respecto al costo de

mantenimiento. Esta tesis redujo el número de pedidos produciendo los ahorros antes mencionados.

6. El sistema de inventario planteado, aumenta el nivel de servicio de 80% al 95%, lo que reduce los riesgos de desabastecimientos y la consecuente perdida de ventas.

7. La reducción de pérdidas de ventas aumentan las utilidades anuales de la empresa en un 6%. En el diagnóstico de esta tesis se encontró que la pérdida de ventas era uno de los problemas más fuertes de la compañía, sin embargo no se lo cuantificaba. Por medio de esta tesis, se logra identificar el impacto de las perdidas de ventas en la utilidad anual de la compañía.

8. La compañía objeto de estudio de esta tesis, es una empresa familiar pequeña, con niveles bajos de ventas. Por esta razón, los ahorros e ingresos adicionales se presentan en porcentajes; lo que permite dimensionar la capacidad que la aplicación de las herramientas utilizadas en este estudio, tendrían en empresas de tamaños superiores.

**Recomendaciones**

1. La empresa debe utilizar la información de la clasificación ABC, para realizar alianzas estratégicas con los proveedores de los productos tipo A. Dichas alianzas proporcionaran estabilidad en precios y disponibilidad constante de materia prima.

2. La empresa debe solucionar de manera paulatina, las causas referentes a Mano de obra, Materiales y Maquinaria planteados en los diagramas Causa Efecto del capítulo 3.

3. Se debe actualizar con la frecuencia sugerida en el sistema de inventario planteado en el capitulo 3, los pronósticos de ventas, la cantidad óptima de pedido y el punto de reorden.

4. Se debe reclutar personal acorde a los cargos o capacitar al personal actual en temas relacionados con el cargo que están desempeñando, sobre todo en el área de producción, bodega y compras.

5. Se deben asignar responsabilidades a cada uno de los miembros de la empresa, para evitar confusiones o extensiones en las funciones.

6. Se recomienda implantar un sistema de revisión periódica para los productos tipo B y C, debido a que este sistema permite un control de los productos de poca relevancia para las ventas de la compañía.

7. Debido a las características de la manufactura de la compañía, se podría utilizar un modelo de tarjetas Kanban que reemplacen al sistema EOQ, para lo cual se recomienda previamente estudiar la cual de los dos sistemas seria mas eficiente.

# ANEXOS

**ANEXO A.1.**

**DATOS EN CANTIDADES Y DOLARES USADA EN LA CLASIFICACIÓN ABC DE PRODUCTOS**

| PRODUCTO | CANTIDAD DE LIBRAS | VALOR USD$ | % VENTA TOTAL | % ACUMULADO | CLASIFICACION |
|---|---|---|---|---|---|
| **MORA** | 8191 | $ 11.057,9 | 17,19% | 17,19% | A |
| **FRESA** | 6108 | $ 8.245,8 | 12,82% | 30,00% | A |
| **COCO** | 5427 | $ 7.326,5 | 11,39% | 41,39% | A |
| **GUANABANA** | 4710 | $ 7.065,0 | 10,98% | 52,37% | A |
| **MARACUYA** | 5921 | $ 5.328,9 | 8,28% | 60,65% | A |
| **MANGO** | 6078 | $ 5.166,3 | 8,03% | 68,68% | A |
| **TOM.ARBOL** | 4500 | $ 4.950,0 | 7,69% | 76,38% | A |
| **LULO** | 4841 | $ 4.114,9 | 6,40% | 82,77% | A |
| **TAMARINDO** | 2756 | $ 3.031,6 | 4,71% | 87,48% | B |
| **GUAYABA** | 3610 | $ 2.166,0 | 3,37% | 90,85% | B |
| **NARANJA** | 2884 | $ 1.730,4 | 2,69% | 93,54% | B |
| **LIMON** | 2468 | $ 1.727,6 | 2,69% | 96,22% | B |
| **PIÑA** | 2171 | $ 1.302,6 | 2,02% | 98,25% | C |
| **PAPAYA** | 1152 | $ 691,2 | 1,07% | 99,32% | C |
| **TORONJA** | 622 | $ 435,4 | 0,68% | 100,00% | C |

| | |
|---|---|
| **VALOR PERIODO** | **$ 64.340,0** |

## ANEXO A.2.

## TABLA DE DATOS DE DEMANDAS QUINCENALES USADA PARA EL PRONÓSTICO DE VENTAS

| Quinc# | Del | Al | MORA | GUANABANA | FRUTILLA | MANGO | NARANJILLA | COCO | TOMATE | MARACUYA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 01-Abr | 15-Abr | 605 | 264 | 459 | 327 | 222 | 443 | 197 | 330 |
| 2 | 16-Abr | 30-Abr | 532 | 221 | 233 | 398 | 402 | 553 | 208 | 244 |
| 3 | 01-May | 15-May | 536 | 274 | 418 | 392 | 338 | 567 | 182 | 343 |
| 4 | 16-May | 30-May | 410 | 342 | 316 | 468 | 322 | 636 | 186 | 478 |
| 5 | 01-Jun | 15-Jun | 476 | 256 | 382 | 322 | 344 | 586 | 174 | 272 |
| 6 | 16-Jun | 30-Jun | 535 | 245 | 431 | 346 | 331 | 461 | 165 | 275 |
| 7 | 01-Jul | 15-Jul | 470 | 195 | 312 | 267 | 281 | 522 | 153 | 111 |
| 8 | 16-Jul | 30-Jul | 368 | 190 | 261 | 325 | 119 | 333 | 135 | 480 |
| 9 | 01-Ago | 15-Ago | 522 | 358 | 476 | 494 | 251 | 521 | 230 | 371 |
| 10 | 16-Ago | 30-Ago | 496 | 299 | 354 | 382 | 417 | 376 | 227 | 550 |
| 11 | 01-Sep | 15-Sep | 609 | 370 | 451 | 489 | 371 | 473 | 303 | 445 |
| 12 | 16-Sep | 30-Sep | 608 | 361 | 528 | 416 | 513 | 423 | 430 | 578 |
| 13 | 01-Oct | 15-Oct | 753 | 528 | 662 | 612 | 529 | 590 | 364 | 516 |
| 14 | 16-Oct | 30-Oct | 769 | 392 | 323 | 366 | 353 | 243 | 136 | 434 |
| 15 | 01-Nov | 15-Nov | 630 | 414 | 562 | 556 | 336 | 506 | 599 | 426 |
| 16 | 16-Nov | 30-Nov | 672 | 500 | 345 | 423 | 450 | 336 | 397 | 526 |
| 17 | 01-Ene | 15-Ene | 708 | 370 | 626 | 606 | 458 | 544 | 376 | 578 |
| 18 | 16-Ene | 31-Ene | 606 | 286 | 486 | 438 | 462 | 494 | 416 | 429 |
| 19 | 01-Mar | 15-Mar | 732 | 584 | 760 | 659 | 660 | 666 | 594 | 716 |
| 20 | 16-Mar | 31-Mar | 774 | 402 | 490 | 430 | 334 | 424 | 336 | 556 |

## ANEXO A.3.

## TABLA DE DATOS DE CONSUMOS DIARIOS POR PRODUCTO DE ULTIMOS DOS MESES USADOS PAR CALCULAR LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR (EN LIBRAS)

| MORA | FRESA | COCO | GUANABANA | MARACUYA | MANGO | TOMATE | NARANJILLA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 364 | 184 | 316 | 302 | 214 | 274 | 444 | 214 |
| 0 | 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 64 | 54 | 12 | 54 | 48 | 64 | 72 | 60 |
| 18 | 18 | 29 | 0 | 24 | 24 | 7 | 30 |
| 40 | 20 | 40 | 40 | 20 | 0 | 0 | 40 |
| 42 | 96 | 90 | 78 | 24 | 102 | 36 | 12 |
| 42 | 42 | 0 | 42 | 0 | 42 | 0 | 24 |
| 60 | 0 | 60 | 40 | 6 | 0 | 40 | 46 |
| 60 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 64 | 30 | 12 | 64 | 58 | 24 | 24 | 58 |
| 12 | 12 | 0 | 0 | 6 | 12 | 0 | 6 |
| 356 | 124 | 214 | 150 | 174 | 178 | 238 | 208 |
| 70 | 70 | 50 | 70 | 50 | 20 | 60 | 70 |
| 42 | 24 | 0 | 42 | 116 | 42 | 36 | 12 |
| 42 | 42 | 24 | 42 | 12 | 42 | 12 | 24 |
| 12 | 12 | 12 | 52 | 0 | 6 | 0 | 92 |
| 6 | 24 | 24 | 0 | 30 | 12 | 24 | 54 |
| 12 | 12 | 12 | 0 | 12 | 12 | 18 | 30 |
| 106 | 66 | 140 | 106 | 46 | 100 | 0 | 98 |
| 54 | 30 | 0 | 42 | 0 | 54 | 0 | 36 |
| 42 | 0 | 0 | 12 | 0 | 0 | 0 | 24 |
| 184 | 88 | 170 | 144 | 208 | 168 | 248 | 160 |
| 96 | 12 | 92 | 66 | 18 | 66 | 42 | 60 |
| 18 | 78 | 72 | 60 | 12 | 60 | 0 | 24 |
| 42 | 42 | 24 | 42 | 12 | 42 | 12 | 0 |
| 12 | 12 | 12 | 12 | 6 | 12 | 12 | 6 |
| 42 | 30 | 24 | 42 | 84 | 30 | 24 | 60 |
| 100 | 0 | 80 | 80 | 60 | 0 | 20 | 80 |
| 60 | 0 | 60 | 40 | 60 | 60 | 30 | 40 |
| 72 | 12 | 12 | 12 | 72 | 12 | 12 | 72 |
| 24 | 0 | 0 | 24 | 18 | 18 | 24 | 12 |
| 0 | 36 | 12 | 0 | 24 | 0 | 24 | 55 |
| 52 | 52 | 40 | 80 | 0 | 52 | 0 | 0 |
| 210 | 108 | 186 | 134 | 204 | 146 | 270 | 138 |
| 146 | 48 | 128 | 106 | 36 | 146 | 50 | 82 |
| 18 | 18 | 18 | 0 | 6 | 6 | 6 | 18 |
| 24 | 12 | 30 | 42 | 42 | 54 | 0 | 12 |
| 60 | 120 | 120 | 120 | 60 | 120 | 60 | 60 |
| 66 | 72 | 72 | 24 | 66 | 66 | 66 | 66 |
| 228 | 132 | 238 | 168 | 198 | 168 | 282 | 192 |
| 90 | 22 | 30 | 79 | 146 | 42 | 0 | 158 |
| 42 | 42 | 36 | 42 | 64 | 42 | 36 | 36 |
| 150 | 60 | 0 | 120 | 66 | 144 | 90 | 126 |
| 0 | 0 | 84 | 0 | 6 | 0 | 6 | 0 |
| 42 | 42 | 150 | 42 | 24 | 42 | 12 | 0 |
| 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| 112 | 24 | 64 | 24 | 12 | 0 | 24 | 76 |
| 36 | 12 | 12 | 6 | 0 | 18 | 12 | 0 |
| 184 | 66 | 0 | 18 | 6 | 0 | 30 | 24 |
| 42 | 84 | 84 | 102 | 24 | 102 | 24 | 102 |
| 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 12 | 12 | 24 |
| 66 | 6 | 60 | 48 | 6 | 60 | 0 | 48 |
| 48 | 48 | 52 | 36 | 52 | 30 | 24 | 82 |
| 190 | 64 | 170 | 100 | 180 | 130 | 180 | 170 |
| 42 | 62 | 24 | 42 | 0 | 42 | 0 | 0 |
| 30 | 12 | 0 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 |
| 42 | 64 | 0 | 52 | 0 | 30 | 12 | 24 |
| **DESV. EST** | **77,33** | **39,03** | **68,74** | **54,00** | **59,88** | **57,80** | **86,24** | **55,49** |

**ANEXO A.4.**

**TABLA DE DATOS Y CALCULO DE LOTE ECONOMICO DE PEDIDO Q Y PUNTO DE REORDEN R PARA LOS PRODUCTOS TIPO A**

| | A | B | C | D | E | F | G | CALCULOS | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| PRODUCTO | D (Libras) | S (Us) | H (Us/Año) | $\bar{d}$ (Libras) | L (Días) | Z | $\sigma_{dL}$ (Libras) | Q SQRT(2AB/C) | R (D*E)+(F*G) |
| Pulpa de Mora | 17976 | 9,35 | 0,23 | 58 | 6 | 1,64 | 77,33 | 1209 | 475 |
| Pulpa de Frutilla | 12792 | | 0,20 | 41 | 6 | | 39,03 | 1094 | 310 |
| Pulpa de Coco | 11640 | | 0,22 | 37 | 4 | | 68,74 | 995 | 261 |
| Pulpa de Guanábana | 10320 | | 0,30 | 33 | 7 | | 54,00 | 802 | 320 |
| Pulpa de Maracuya | 13416 | | 0,12 | 43 | 7 | | 59,88 | 1446 | 399 |
| Pulpa de Mango | 11976 | | 0,09 | 38 | 6 | | 57,80 | 1577 | 323 |
| Pulpa de Tom. Árbol | 11688 | | 0,16 | 37 | 6 | | 86,24 | 1169 | 363 |
| Pulpa de Naranjilla | 11304 | | 0,10 | 36 | 6 | | 55,49 | 1454 | 307 |

# BIBLIOGRAFIA

1. FUGARTY, BLACKSTONE y HOFFMAN, Administración de la producción e inventarios, Segunda edición, Editorial CECSA, 1999.

2. NARASIMHAN, Mc LEAVEY y BILLINGTON, Planeación de la producción y control de inventarios, Segunda Edición, Editorial Prentice Hall, 1996.

3. RICHARD J. TERSINE, Principles of Inventory and Materials Management, Second Edition, Editorial North – Holland, 1982.

4. JAY HEIZER y BARRY RENDER, Dirección de la Producción – Decisiones Tácticas, Sexta Edición, Editorial Prentice Hall, 2001.

5. CHASE, JACOBS y ALQUILANO, Administración de la Producción y Operaciones para una ventaja competitiva, Décima Edición, Editorial Mc Graw Hill, 2004.