

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ciencias Sociales y Humanísticas



**“MODELO DE INVENTARIO DE REVISIÓN CONTINUA
PARA UNA DISTRIBUIDORA DE ELECTRONICOS”**

MATERIA INTEGRADORA

Previa la obtención del Título de:

INGENIERO(A) EN NEGOCIOS INTERNACIONALES

Presentado por:

ANTONIO ANDRÉS ÁLVAREZ VILLACÍS

KATHERINE DANIELA LOOR ANDRADE

Guayaquil – Ecuador

2015

AGRADECIMIENTO

Doy gracias primero a Dios por haberme permitido estudiar a pesar de todas las circunstancias y haber permitido conocerlo. A mi mamá que siempre creyó en mí y nunca se rindió frente a la adversidad. A mi tío Arturo que me acogió como un padre y me dio todo lo que necesité. Finalmente quiero agradecer a todos los que me dieron la mano en el transcurso de mi vida universitaria.

“Dad gracias en todo porque esto es la voluntad de Dios para con vosotros en

Cristo Jesús” (1 Tesalonicenses 5:18)

Daniela

A mi familia, amigos y profesores

Antonio

DEDICATORIA

Le dedico este trabajo a Dios, a mi familia, a mis amigos, a mi novio y pareja de tesis y a mi papá, que aunque no pudo verme crecer, sé que estaría orgulloso de mi.

“Y todo lo que hagan, sea de palabra o de hecho, háganlo todo en nombre el señor Jesús, dando gracias al Dios Padre por medio de Él” (Colosenses 3:17)

Daniela

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Msc. Javier Burgos Yambay
Presidente del Tribunal

DSc. Washington Martínez García
Director de Seminario

Ph.D David Sabando Vera
Vocal de Tribunal

DECLARACIÓN EXPRESA

La responsabilidad del contenido de este Trabajo de Titulación, corresponde exclusivamente al autor, y al patrimonio intelectual de la misma ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Antonio Alvarez Villacís

Katherine Loor Andrade

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO	II
DEDICATORIA	III
TRIBUNAL DE GRADUACIÓN	IV
ÍNDICE GENERAL	VI
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VIII
ÍNDICE DE CUADROS	IX
RESUMEN	X
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 ANTECEDENTES	1
1.2 ANALISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	1
1.2.1 Política de compras	2
1.2.2 Política de inventario	2
1.2.3 Marketing.....	2
1.2.4 Política de ventas y servicio al cliente	3
1.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	4
1.4 IMPORTANCIA DEL TRABAJO.....	4
1.5 OBJETIVOS	4
1.5.1 General.....	4
1.5.2 Específicos	4
1.6 ALCANCE DEL TRABAJO.....	4
CAPÍTULO II: REVISIÓN DE LITERATURA	6
2.1 IMPLEMENTACIÓN DE REVISIÓN CONTINUA.....	6
2.2 CLASIFICACIÓN ABC DE INVENTARIOS.....	7
2.2.1 Aplicaciones al manejo de inventarios:	7
2.3 MODELOS DE MANEJO DE INVENTARIO EXISTENTES.....	8
2.3.1 Modelos de inventario basados en demanda determinística.....	8
2.3.2 Modelos de inventario basados en demanda probabilística.....	8
2.4 MODELOS DE MANEJO DE INVENTARIO ESPECIFICOS.....	11
2.5 TERMINOLOGÍA.....	15
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	16
3.1 DEFINIR MODELO.....	16
3.1.1 Características	17
3.1.2 Variables	17
3.1.3 Cálculo de parámetros s_i y S_i	17

3.1.4	Calculo de parámetro de decisión c_i	19
3.2	FUENTES DE INFORMACIÓN	20
3.3	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD	20
	CAPÍTULO IV: SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA.....	21
4.1	INTRODUCCIÓN DEL CAPÍTULO	21
4.2	LA EMPRESA.....	21
4.3	OPERACIONES DE INVENTARIO ACTUALES	23
4.3.1	Colocación de orden	23
4.3.2	Nacionalización	23
4.3.3	Almacenamiento y registro	23
4.3.4	Egreso de mercadería y actualización de inventario.....	24
4.4	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA A ANALIZAR	25
4.5	JUSTIFICACIÓN DEL MÉTODO A APLICAR	25
	CAPÍTULO V: APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA.....	26
5.1	CLASIFICACIÓN ABC.....	26
5.2	DEMANDA PROMEDIO Y SU DESVIACIÓN ESTÁNDAR	28
5.3	APLICACIÓN DEL MODELO	28
	CAPÍTULO VI: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	32
6.1	COMPARACIÓN CON SITUACIÓN ACTUAL.....	33
	CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES.....	36
	REFERENCIAS.....	37
	ANEXOS	39
	Anexo A.....	39
	Anexo B	40

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1.1: Organigrama empresarial	1
Ilustración 1.2: Ejemplo de publicidad de un producto	3
Ilustración 2.1: Principio de Pareto.....	8
Ilustración 2.2 Ejemplo de curva normal.....	9
Ilustración 3.1 Representación de comportamiento de inventario.....	19
Ilustración 4.1 Representación de proceso de importación	22
Ilustración 4.2 Representación de operaciones de la empresa.....	22
Ilustración 4.3: Ejemplo de productos en bodega.....	24
Ilustración 4.4: Ejemplo ilustrativo de Kardex	24
Ilustración 5.1 Curva de Pareto.....	27

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 4.1 - Productos característicos de la empresa	21
Cuadro 4.2 - Comparación de formas de importación.....	23
Cuadro 5.1 - Productos que vende la empresa.....	26
Cuadro 5.2 - Frecuencia acumulada de venta de productos	27
Cuadro 5.3 - Demanda promedio y desviación estándar	28
Cuadro 5.4 - Calculo de Cantidad Económica del Pedido.....	29
Cuadro 5.5 - Calculo de Punto de Reorden	30
Cuadro 5.6 - Calculo de parámetro de pedido especial	31
Cuadro 6.1 - Presentación de parámetros obtenidos.....	32
Cuadro 6.2 - Demanda anual, costos y peso de productos clase A.....	33
Cuadro 6.3 - Costos de mantenimiento y colocación de orden iniciales	34
Cuadro 6.4 - Costos de mantenimiento y colocación de nuevo método.....	34
Cuadro 6.5 - Comparación medios de transporte	35

RESUMEN

En este trabajo se estudia la implementación de un sistema de inventario de revisión continua, para lo que se ha investigado acerca de la tecnología de códigos de barras (Manthou & Vlachopoulou, 2001). También se propone la aplicación de un modelo de control de inventario que consiga ahorros en costos combinando pedidos de múltiples ítems bajo una política con parámetros s_i , c_i y S_i similar a la aplicada por (Balintfy, 1964) con una adaptación de acuerdo al Modelo de la Cantidad Económica del Pedido (CEP) (Ballou, 2004). Todo esto siguiendo un enfoque ABC de clasificación de inventarios (LRM Consultoria Logistica, 2010)

In this work it is studied the implementation of a continuous review inventory system, for that it has been researched about the bar code technology and its implementation (Manthou & Vlachopoulou, 2001). It is also proposed the application of an inventory model which achieves cost reductions by combining several products in the same order based on a politic s_i , c_i y S_i introduced by (Balintfy, 1964) adapted with the Economic Quantity Model seem in (Ballou, 2004). Al this following an ABC classification approach (LRM Consultoria Logistica, 2010)

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

La empresa que se usa como base para este trabajo se dedica a la importación y distribución de artículos electrónicos y de medición tales como balanzas, alcoholímetros, detectores de metales y armas, multímetros, barómetro, anemómetros, medidores de iluminación, ph, entre otros.

La empresa hace todas sus importaciones desde China, país en el cuál se encuentran los proveedores de todos estos productos y con los cuales se establece contacto por plataformas B2B tales como Alibaba.com. Por otra parte, las ventas en su mayor parte se realizan por medio de internet, lo que la convierte en una empresa de e-commerce.

Entre las formas específicas en que se promocionan/venden los productos tenemos:

Se usan páginas de anuncios tales como mercadolibre.com, olx.com.

La empresa también tiene su propia página web “www.vimael.com” en la que se muestra el catálogo completo de productos en venta

Por último, también se hacen ventas por medio de redes sociales. La empresa tiene su página en Facebook donde postea cada cierto tiempo.

1.2 ANALISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

En la ilustración 1.1 se puede ver el organigrama de la empresa con sus respectivas divisiones.

Ilustración 1.1: Organigrama empresarial



Fuente: Elaboración propia

1.2.1 Política de compras

- La empresa realiza sus compras de proveedores localizados en China desde donde envían los productos por vía marítima o aérea dependiendo del tamaño, tiempo y costo del envío.
- Los proveedores suelen ser recurrentes y deben mostrar buena reputación en las plataformas B2B desde la cual se los contacta.
- Las compras se realizan de manera periódica dependiendo del nivel de inventario existente y los movimientos de la demanda.
- Se procura comprar todo el inventario necesario con bastante anticipación debido a que los tiempos de espera para las importaciones suelen ser bastante largos. Por vía aérea el tiempo varía de 10 a 20 días, mientras que por vía marítima el tiempo varía entre 1 a 2 meses.

1.2.2 Política de inventario

- La empresa hace la su administración basada en decisiones con bases empíricas, las cuales no siempre pueden maximizar el nivel de servicio ofrecido a los clientes
- El registro de inventario se realiza en hojas de Excel con diferentes filtros donde se especifica cada producto con sus diferentes variaciones.
- La empresa no cuenta con un sistema de inventario actualizado que le permita saber en todo momento el nivel de inventario que se posee. Se usa inventario físico (por conteo)
- Como se mencionó en la política de compras. Las compras se hacen de manera periódica basadas en el nivel de inventarios. Se promedia que un producto en específico se pide entre 2 a 4 veces por año
- Los pedidos se colocan de acuerdo a como van evolucionando las ventas (no existe un punto de reorden exacto).

1.2.3 Marketing

Entre las actividades del departamento de marketing tenemos:

- Designar precios a los productos que se importan.
- Crear las fichas técnicas o de especificaciones de cada producto donde se resaltan las cualidades del mismo.
- Hacer publicaciones en internet manejando la página web de la empresa

además de las cuentas de Mercadolibre y Olx.

Ilustración 1.2: Ejemplo de publicidad de un producto



Fuente: www.vimael.com

1.2.4 Política de ventas y servicio al cliente

Una vez que se tienen los datos del cliente. El departamento de servicio al cliente se encarga de manejar el contacto con el mismo. Se encarga de contestar las preguntas que este tenga. Coordinar pagos, facturación, envíos y servicio post-venta.

Dependiendo de la localización del cliente se siguen procedimientos para procesar un pedido.

- Para las compras en Guayaquil, se atiende a los clientes en el local de la empresa.
- Para compras en otras ciudades, se hacen envíos por medio de Courier “Correos del Ecuador” o “Servientrega” y el pago se recibe por medio de depósito bancario. De esta manera la empresa terceriza completamente el proceso de distribución consiguiendo costos bajos y permitiendo enfocarse en otras actividades.

1.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El problema principal que se encontró en la empresa al momento de analizar su situación actual es que esta no utiliza un modelo de inventario para decidir cuándo y cuánto pedir. Actualmente este tipo de decisiones se toman de manera empírica bajo el criterio de la persona encargada y basándose únicamente en su experiencia. Entre los problemas subsecuentes que esto ocasiona tenemos:

- Se desperdicia recursos debido al exceso o escasez de stock
- Al haber escasez de un producto se incurren en costos adicionales de pedidos urgentes por medio aéreo a costos considerablemente más altos
- Pérdida de clientes por falta de stock

1.4 IMPORTANCIA DEL TRABAJO

En este trabajo se busca una solución al problema de inventario de la empresa encontrando un método de gestión de inventario que vaya de acorde a las necesidades de la misma y que se pueda adaptar a sus operaciones diarias. Con esto se espera optimizar el uso de los recursos disponibles.

También se espera con este proyecto poner en práctica los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera obteniendo la titulación.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 General

Proponer un modelo de manejo de inventario de revisión continua que permita minimizar los costos de inventario

1.5.2 Específicos

- Encontrar las deficiencias en el manejo de inventarios actual de la empresa
- Establecer un modelo de revisión continua que se apegue más a las características de la empresa y al problema planteado según la revisión de literatura
- Identificar los productos de mayor relevancia dentro del inventario
- Definir los parámetros para la toma de decisión de inventarios.

1.6 ALCANCE DEL TRABAJO

El proyecto busca diseñar un sistema de inventario que se ajuste a las necesidades de la empresa, basada en la demanda incierta de los productos más vendidos de esta, optimizando los costos de mantenimiento y almacenamiento. Esto implica:

- La utilización de un sistema de inventario con demanda incierta.

- Seleccionar los productos que requieran ser medidos mediante un sistema de inventario ABC.
- Proporcionar información de las ventas de la empresa de cada uno de los productos que tiene en stock.
- Demostrar una reducción de falta de productos en un porcentaje significativo.

CAPÍTULO II: REVISIÓN DE LITERATURA

En esta revisión de literatura se ha realizado una recopilación de papers y trabajos publicados que ofrezcan modelos con los que se pueda tratar el problema en mano. La información que se presenta a continuación es una síntesis de lo investigado acerca del tema y se presenta según el uso que se le va a dar.

De acuerdo al material conseguido y los objetivos específicos se ha hecho énfasis en los siguientes temas:

- Implementación de un sistema de revisión continua
- Clasificación del inventario según nivel de importancia
- Modelos de inventario generales y específicos

2.1 IMPLEMENTACIÓN DE REVISIÓN CONTINUA

(Manthou & Vlachopoulou, 2001) exponen que la recolección e intercambio de información son críticos para el control y manejo de inventario. Para esto, presentan la tecnología de código de barras como el método que se encuentra a la cabeza en empresas de ventas al por menor a nivel mundial.

Entre los beneficios que exponen tenemos:

- Tecnología que está a la cabeza en el mercado y que seguirá vigente por un largo tiempo (Turchi, 1996)
 - Recolección automática de datos por escaneo de códigos de barras
 - Utilizado abiertamente por la industria y los vendedores al menudeo
 - Posibilidad de mantener inventarios en tiempo real
 - Beneficios para el marketing, al poseer información actualizada del inventario
- Se ha probado que el escaneo de códigos de barras es una herramienta útil para alcanzar el control de inventarios (Jesitus, 1995)

Implementación:

- ✓ Se estima que la implementación de un sistema de códigos de barras afecte a toda la compañía. Se recomienda una estrategia completa para evitar problemas futuros.
- ✓ La selección de hardware y software depende del medio en que se

encuentre la empresa. Se requiere conocer información acerca de la cantidad de información que se manejará, ambiente de trabajo existente y presupuesto para determinar la mejor opción

✓ Una vez implementado se requiere hacer diversas pruebas completas de todo el sistema para comprobar que este funciona correctamente

2.2 CLASIFICACIÓN ABC DE INVENTARIOS

El modelo ABC de clasificación de inventarios es una aplicación de la Ley de Pareto o ley 80/20 que permite a una empresa clasificar sus productos más relevantes o que representan el mayor número de ventas frente a los menos importantes. (LRM Consultoria Logistica, 2010)

La Ley de Pareto indica que en un 20% de los productos se encuentra el 80% de los resultados o ventas de la empresa. Mientras que el otro 80% de productos resulta poco importante o hasta en ciertos casos trivial. (Nuñez, 2005)

La Ley de Pareto no es algo exacto y puede variar un poco dependiendo del caso en particular pudiendo ser ley 80/20, 80/30 o similares. El patrón principal es que existe un poco que representa mucho.

Según (Nuñez, 2005) se pueden distinguir 3 tipos de productos:

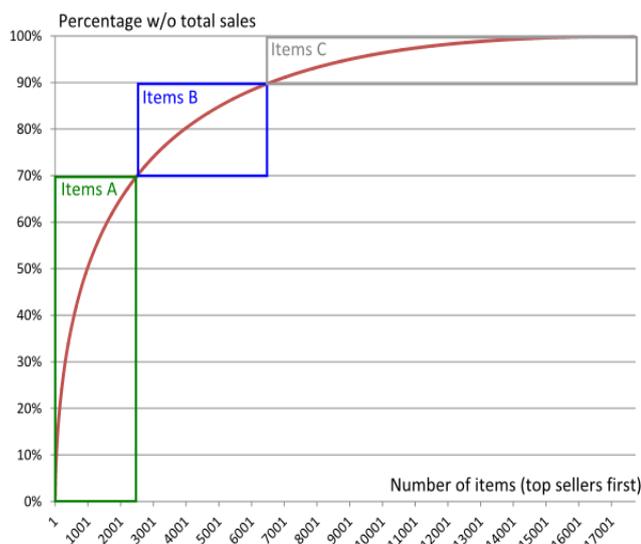
- **Clase A:** Aproximadamente 20% de productos que representa 80% de los resultados
- **Clase B:** Aproximadamente 30% de los productos (sin contar clase A) que representa el 15% de las ventas
- **Clase C:** Aproximadamente el 50% de productos triviales que solo representan el 5% de las ventas.

2.2.1 Aplicaciones al manejo de inventarios:

La clasificación ABC resulta útil al momento de clasificar los productos existentes en el inventario de una empresa ya que permite encontrar los puntos clave en los que se debe trabajar para alcanzar los resultados deseados. En la ilustración 2.1 se puede ver como los productos más importantes son fácilmente identificables por medio de la clasificación ABC.

Al determinar los productos Clase A se puede tener darles una mayor atención procurando someterlos a un estricto control de inventario. (Collignon & Vermoel, 2012)

Ilustración 2.1: Principio de Pareto



Fuente: [http://www.lokad.com/es/definicion-analisis-abc-\(inventario\)](http://www.lokad.com/es/definicion-analisis-abc-(inventario))

2.3 MODELOS DE MANEJO DE INVENTARIO EXISTENTES

Existen varios modelos de manejo de inventarios creados para ajustarse a las diferentes necesidades de cada empresa. Estos se hicieron para determinar cuánto y cuando pedir a los proveedores, logrando así tener un equilibrio entre los diferentes costos de mantener el inventario. (Ballou, 2004)

Hay que tener en cuenta que no todos los modelos de inventario utilizan los mismos supuestos, mismos parámetros o determinantes de costos; éstos varían de acuerdo al autor y a la aplicación que se le quiere dar. A continuación se presentan algunos de los tipos de modelos de inventario existentes:

2.3.1 Modelos de inventario basados en demanda determinística

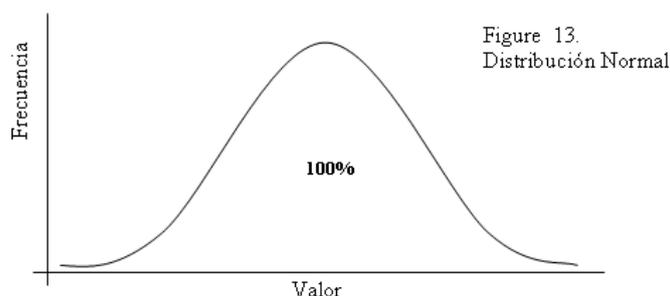
Son aquellos modelos que tienen por característica principal la presencia de una demanda fija. Este tipo de modelos suele tener puntos óptimos fáciles de encontrar y no presentan mayor reto. Como un ejemplo tenemos al Modelo de la cantidad Económica del Pedido (CEP) que se basa en supuestos simples como el aprovisionamiento inmediato, presencia de costos de orden y mantenimiento, entre otros (Krajewski, Ritzman, 2000).

2.3.2 Modelos de inventario basados en demanda probabilística

Son modelos más elaborados y, hasta cierto punto, más realistas ya que no toman el supuesto de demanda constante sino que proponen una demanda que puede variar dentro de un rango de posibilidades de acuerdo a una distribución de probabilidad. Estos modelos tienen más sub-clasificaciones de acuerdo a otras condiciones o características

presentes en el caso a analizar (Taha, 2004). En la ilustración 2.2 se muestra un ejemplo de distribución de demanda representado por la curva normal.

Ilustración 2.2 Ejemplo de curva normal



Fuente: http://www.cca.org.mx/cca/cursos/estadistica/imagenes/m8_fig_2.gif

A) Revisión periódica y revisión continúa

Son dos características pertinentes al manejo de inventario con demanda probabilística que indican si el stock se revisa cada cierto tiempo (revisión periódica) o este se maneja de manera actualizada de acuerdo a un registro automatizado (revisión continua). Esta característica depende de los procedimientos internos de la empresa y según esta se pueden usar diferentes modelos. (Taha, 2004)

Como un ejemplo claro de un sistema de revisión periódica tenemos el modelo “Sistema de Revisión Periódica con Demanda incierta” que trabaja con periodos de tiempo T para llegar a una máxima cantidad de inventario M . El nivel de inventario meta deber cubrir la demanda de tal manera que no haya faltantes durante el próximo periodo y el tiempo de entrega del pedido (TE) subsiguiente. Dado que la demanda es incierta se debe considerar un inventario de seguridad y además se tiene el supuesto de que la demanda tiene una distribución normal. (Ballou, 2004)

B) Según el tipo de distribución de probabilidad

Otra clasificación de los modelos probabilísticos se puede ver de acuerdo al tipo de distribución de demanda que se utiliza. Así, puede haber modelos basados en distribuciones de probabilidad continua o modelos basados en distribuciones discretas

Por tomar un ejemplo, existen modelos de inventario que toman la demanda en distribuciones de probabilidad continua (Snyder, 1984; Schultz, 1989) y la mayoría de ellos se enfocan en la distribución Normal. Sin embargo, la mayoría de los ítem en la realidad se tramitan como unidades discretas, que es lo más cercano a la realidad (Babiloni M, 2009). Por lo tanto, lo más certero y eficiente sería asimilar una función de Distribución discreta (Vereecke y Verstraeten, 1984)

La distribución Normal, funciona de manera apropiada siempre que se aplique el teorema de límite central (Babiloni M, 2009). Así, sea D una variable aleatoria continua con distribución normal y parámetros μ y σ^2 , cuya función de densidad es:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-(x-\mu)^2/2\sigma^2} \quad -\infty < x < \infty. \quad (II.1)$$

Por otro lado, la Distribución de Poisson es una función de distribución de probabilidad en fenómenos discretos (Berenson M. & Levine, David, 1994) que introduce el parámetro λ que se refiere al promedio o número esperado de éxitos por unidad de tiempo, mientras que la variable aleatoria X se refiere al número de éxitos. Concretamente, se enfoca en la probabilidad de ocurrencia de hechos con probabilidades muy pequeñas, o sucesos "raros" que son independientes con un intervalo determinado.

$$P(x) = \frac{\lambda^x * e^{-\lambda}}{x!} \quad (II.2)$$

En el caso de la demanda con el método poisson al ser un modelo discreto, sería una aproximación más certera para ítems enteros como los que se tienen en inventario

C) Según el Tiempo

Aquí se toma en cuenta el horizonte de planeación con el que tratará el modelo. Por ejemplo tenemos el control de inventario con pedido único que toma el supuesto de que solo existe un periodo y después de este la mercadería pierde valor, lo cual es aplicable a productos perecederos o de características especiales como por ejemplo: periódico

Por otro lado, diversidad de modelos se basan en horizontes de planeación más amplios o hasta infinitos (Ballou, 2004)

D) Según el número de ítems

Los modelos de inventario también se clasifican por la cantidad de productos diferentes que pueden manejar. Existen modelos de inventario de ítem único y modelos de inventario multi-item (Balintfy, 1964).

Los modelos multi-item buscan por lo general obtener ganancias económicas tales como descuentos por precio y cantidad. Una política de inventario de pedido

conjunto implica determinar un tiempo de revisión del inventario común para todos los artículos pedidos conjuntamente, y luego hallar el nivel máximo de cada artículo (M^*) según se impone a partir de sus costos y de su nivel de servicios particulares. (Ballou, 2004)

E) Características especiales

Finalmente, los modelos de inventario se pueden diferenciar por características especiales que los hagan útiles para determinada realidad o situación. Entre estas características podemos tener tiempos de espera, pérdida por falta de stock, capacidad de tener ventas en espera, lead time probabilístico, etc. (Ballou, 2004)

2.4 MODELOS DE MANEJO DE INVENTARIO ESPECIFICOS

Habiendo introducido los diferentes modelos generales para la administración de inventarios, en esta sección se procede a hacer una revisión de literatura acerca de modelos específicos que se adapten a las características de la empresa en cuestión. Así es como se hace énfasis en los modelos de inventario de revisión continua con demanda probabilística y múltiples productos

Los sistemas de inventario de revisión continua para múltiples ítems han sido discutidos por diferentes autores. Por ejemplo tenemos a (Balintfy, 1964) en su obra “On a Basic Class of Multi-Item Inventory Problems” fue el primero en introducir una política con tres parámetros:

$$s_i, c_i \text{ y } S_i$$

Donde se satisface que:

$$s_i < c_i < S_i. \quad (II.3)$$

En este sistema, una orden es lanzada por el ítem “i” cuando su nivel de inventario cae por debajo de s_i “must-order point” o “punto de pedido obligatorio”. En este punto cualquier ítem que se encuentre por debajo de su c_i “can-order point” o “punto en que se puede hacer pedido” es incluido en la orden. Cada ítem que se ordena es pedido hasta su punto S_i “order-up-to level” o “nivel máximo de inventario”.

Con esta política, (Balintfy, 1964), propone aprovechar el costo marginal reducido de añadir un producto diferente a una orden. Para esto, se define K como el costo de generar la orden y k el costo de añadir un ítem adicional al pedido donde:

$$k < K \quad (II.4)$$

Continuando con la investigación (Silver, 1974), ante el estudio de una demanda poisson independiente para cada ítem, propuso un algoritmo para seleccionar los valores

de la política condicionándolas a una constante de nivel de servicio por cada ítem.

Más adelante Ignall citado por (Ohno & Ishigaki, 2001) demostró que una política óptima no se puede determinar siempre bajo la política de (Balintfy, 1964) de tres parámetros. Por otra parte (Ohno & Ishigaki, 2001) indicaron en que aunque muchos trabajos hablaran en términos de reposición inmediata, en la realidad las ordenes requieren de un Leadtime¹ para llegar a la empresa. En esta parte vuelven a citar a (Silver, 1974) quien elaboró otro algoritmo para determinar las variables de control $s_i < c_i < S_i$ bajo el supuesto de un Lead time constante para todos los ítems sujeto a un nivel de servicio y una demanda Poisson conjunta. Más adelante Federgruen según citan (Ohno & Ishigaki, 2001) desarrolló un algoritmo para el caso de que cada ítem tuviera un Lead Time constante pero individual.

En su trabajo “A multi-item continuous review inventory system with compound poisson demands” (Ohno & Ishigaki, 2001) determinan que la única política que consideran aplicable es una política (σ, S) citando a (Johnson, 1967) y a (Kalin, 1980) con las siguientes características:

- Se considera un sistema de revisión continua.
- Los costos de ordenar y de mantenimiento son generales
- La demanada instatisfecha es puesta en espera
- Se asume que los clientes demandan de acuerdo con un proceso Poisson con tasa λ .
- La demanda de los clientes es mutuamente independiente y se distribuye idénticamente por vectores aleatorios $D = \{D_1, D_2, \dots, D_N\}$
- Se asume que la renovación toma un Leadtime constante
- Sea $x = \{x_1, x_2, \dots, x_N\}$ que denota la posición del inventario tal que es igual a inventario en mano + ordenes por llegar – total de pedidos en espera

a) Caso de costos de orden interactivos

Por otra parte en el caso de que existan costos de orden interactivos (Andres & Emmons, 1975) en su paper “A Multiproduct Inventory System with Interactive Set-Up Costs” Proponen encontrar una solución a un problema de inventario multi-producto en la que los costos de configuración interactúan. El modelo cuenta con las siguientes

¹ Tiempo de espera para que llegue una orden realizada

características:

- Existen I productos
- La demanda para el producto i , $i = 1, \dots, I$ es un ratio constante determinístico r_i
- El costo de ordenar un producto i es el costo lineal c_i , por unidad más un costo de configuración K_i cada vez que se hace una orden. Un costo de $K > 0$ se ahorra cada vez que todos los I productos son ordenados.
- Los costos de mantenimiento se muestran a una tasa constante H_i por unidad de producto por unidad de tiempo
- No hay stock inicial

Además de que se define la política (τ, γ) donde τ es un escalar y γ es un vector. También se define “renovación” como el tiempo en que todos los productos son ordenados simultáneamente. Se asume que una renovación ocurre en el tiempo cero. Así sea:

- $\tau = \text{Tiempo hasta la primera renovación despues del tiempo cero}$ además se asume que $\tau < \infty$ y que todas las renovaciones siguientes estarán espaciadas por τ
- $\gamma = (\gamma_1, \dots, \gamma_I)$ donde γ es el número de órdenes del producto i antes de la siguiente renovación. Cada uno de las ordenes γ_i están igualmente espaciadas y se ordena un monto tal que el nivel de inventario sea de cero en el siguiente punto de orden.
- Un monto $(r_i \tau / \gamma_i)$ es ordenado en cada punto de orden (exactamente lo suficiente para durar hasta el siguiente punto de orden).

Se demuestra que esta política es óptima debido a que primeramente, no existe un inventario inicial, entonces todos los productos deben ser ordenados inicio. Segundo, si hay un tiempo subsecuente τ en el que todos los productos son ordenados, entonces todos los inventarios deben ser de cero en ese punto. La razón es que si un producto i tiene inventario al momento de renovación entonces la orden pudo haber sido reducida en el monto de stock del producto i reduciendo costos de mantenimiento.

Una vez que τ es encontrada, el problema se reduce a encontrar horarios de orden óptimos para cada producto ya que sus costos solo interactúan cuando todos los productos son ordenados.

b) Caso de demanda multiproducto independiente

(Schrijver, Aghezzaf, & Vanmaele, 2013) Hablan en cambio de que a menudo los administradores se topan con el problema de que deben cumplir metas generales mientras se enfrentan a restricciones acumuladas en aspectos tales como espacio, dinero o fuerza de trabajo. Esto ocasiona que el problema de inventario no se pueda solucionar con un enfoque de ítem único.

Según (Zipkin, 2000) existen tres tipos de problemas de inventario multi-producto haciendo enfoque en el primero:

1. Ítems independientes con restricciones agregadas
2. Productos en red
3. Productos que comparten procesos de la cadena de suministros

Así, (Zipkin, 2000), propone un modelo con las siguientes características:

- Demanda durante el Leadtime determinística
- Modelo de un solo periodo con demanda estocástica y penalidades por ordenar muy poco o mucho
- Stock-Base: una política (r, Q) donde $Q=1$, relevante cuando los costos de ordenar son insignificantes comparados con otros costos
- En la política (r, Q) se ordena Q una vez que pasa el mínimo de r
- Política (s, S) una orden es puesta para restablecer el máximo S si el stock cae a o por debajo del mínimo s

c) Caso de demanda Poisson compuesta

(Federgruen, Groenevelt, & Tijms, 1984) Exponen que en diversas aplicaciones prácticas de sistemas de inventario multi-producto se pueden encontrar economías de escala cuando se coordinan las órdenes de grupos de ítems.

Según (Brown R. , 1967) y (Peterson & Silver, 1979) se considera un sistema de inventario multi-ítem de revisión continua donde las demandas de los ítems son generadas por procesos Poisson conjuntos, las demandas en exceso son puestas en espera y cada renovación requiere de un lead time. Se toman en cuenta los siguientes puntos:

- Existe un costo alto de colocar la orden de una familia de productos. Este es un costo fijo independientemente del tamaño o composición de la orden.
- Por cada ítem individual en la renovación existe un costo específico por colocar la orden. La estructura de este costo se compone con costos de tenencia y de

penalidad por escasez.

- Se incluyen 3 parámetros s_i , c_i y S_i según las reglas de control introducidas por (Balintfy, 1964) y (Silver, 1974). La orden es ejecutada cuando el stock de cualquier ítem “i” llega al nivel mínimo s_i además de que se piden todos los demás ítems cuyo stock al momento estén por debajo de c_i hasta el nivel máximo S_i

- Existen demandas conjuntas Poisson y Leadtimes diferentes de cero

2.5 TERMINOLOGÍA

- **B2b.-** Business-to-business es la transmisión de información referente a transacciones comerciales, normalmente utilizando tecnología como la Electronic Data Interchange
- **B2C.-** es la abreviatura de la expresión Business-to-Consumer. Se refiere a la estrategia que desarrollan las empresas comerciales para llegar directamente al cliente o consumidor final.
- **Quiebre de stock.-** Un quiebre de stock es cuando un producto no es encontrado en la sala de ventas en el lugar habitual, en el tamaño, variedad y forma deseada
- **Productos perecederos.-** Cualquier producto que degrade su calidad con el tiempo se considera perecedero
- **Valor de deshecho.-** Representa el valor que se estima que puede obtenerse de la venta de un activo fijo ya fuera de servicio
- **Distribución normal.-** una de las distribuciones de probabilidad de variable continua que con más frecuencia aparece aproximada en fenómenos reales
- **Cantidad óptima.-** La cantidad que minimiza el costo total
- **PRO.-** Punto de reorden es la cantidad del inventario donde se debe realizar el pedida
- **AIL.-** Average inventory level es el nivel promedio del inventario.
- **Lead time.-** Tiempo de entrega
- **Política de inventarios.-** Es la manera en que la empresa lleva el inventario
- **Demanda estocástica.-** es aquella cuyo comportamiento es no determinista, es probabilística
- **Demand Backlogging.-** Demanda que ha sido planificada pero no programada.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

Con el propósito de alcanzar los objetivos planteados, se han definido una serie de pasos a seguir durante este trabajo.

1. Definición del modelo a utilizar según lo planteado en la revisión de literatura. Se incluye resumen del modelo, razones de elección, características y variables.
2. Recopilación de información acerca de la demanda de los diferentes productos que vende la empresa (ventas históricas). Información proporcionada por la empresa.
3. Categorización de los productos usando la ley de Pareto
4. Calculo de demanda promedio y desviación estándar
5. Aplicación del modelo y presentación de resultados esperados
6. Comparación con la situación actual y análisis de sensibilidad.

3.1 DEFINIR MODELO

Una vez hecha la revisión de literatura se ha determinado usar una variación del modelo presentado en el paper “Renovaciones coordinadas en un sistema de inventario multi-producto con demandas Poisson”. Debido a que con este la empresa podría lograr un ahorro en costos utilizando la agrupación de órdenes. Además estableciendo los parámetros de decisión que determinan cuando pedir cada producto se mejoraría considerablemente la política de compras existente. El cambio que se ha hecho es el uso de demanda normal en lugar de demanda poisson

En este paper (Federgruen, Groenevelt, & Tijms, 1984) utilizan el modelo de (Balintfy, 1964) con parámetros s_i , c_i y S_i para determinar las órdenes. Se estudia una demanda probabilística con Leadtime diferentes de cero.

En este modelo se busca determinar los parámetros de decisión s_i , c_i y S_i de cada ítem i . También se centra en conseguir ahorros en costo de renovación combinando múltiples ítems en una sola orden

Al encontrar los parámetros mencionados se espera poder alcanzar beneficios en costos aprovechando el costo reducido de las órdenes “especiales” que pueden suceder a

una orden “normal”.

Para resolver el problema se toma un enfoque de ítem único para encontrar los valores de los parámetros.

Se ha considerado utilizar este modelo ya que es realista según la realidad de la empresa que al ser una importadora regularmente se ve ante la posibilidad de reducir costos agrupando productos en una sola orden a la vez que le toca afrontar el riesgo de mantener demasiado stock de un producto aumentando sus costos de mantenimiento. Con la reglas de decisión de este modelo se simplifica esta toma de decisiones.

3.1.1 Características

- Modelo de revisión continua
- Se utiliza un enfoque de ítem único para calcular los parámetros de decisión s_i , c_i y S_i
- Existen dos tipos de oportunidades para ordenar
 - o “Normal” con un costo de orden K .
 - o “Especiales” con un costo reducido de k , donde $k < K$
- Se asume un Leadtime constante con un valor de L
- Existe un costo de mantenimiento del ítem i a una tasa r
- La posición del inventario se encuentra dada por:

$$\checkmark \text{ Inventario en mano} + \text{ ordenes realizadas} - \text{ pedidos en espera}$$

3.1.2 Variables

De acuerdo al modelo se presentan las siguientes variables:

- Demanda de un ítem i . Está considerada en unidades vendidas en un año. También se divide para 360 para calcular demanda diaria o para 12 para calcular demanda mensual.
- h , costo de mantenimiento de tener k unidades de un determinado producto. Se mide en dólares

3.1.3 Cálculo de parámetros s_i y S_i

En el modelo del punto de reorden con demanda incierta se procede a colocar una orden cuando la cantidad en inventario es menor o igual a una cantidad determinada llamada Punto de Reorden (PRO). En este caso se considera que el PRO es equivalente al parámetro de decisión s_i .

Así mismo, cuando el inventario llega al punto PRO se pone una orden de

tamaño Q^* que en este caso reemplaza al parámetro S_i del modelo.

La demanda durante el tiempo de entrega se la determina por medio de una distribución de probabilidad normal con media “x” y desviación estándar sd' . La media se puede estimar por medio de la distribución de la demanda de un periodo equivalente al Leadtime y la variación se puede estimar sumando las varianzas de las distribuciones de la demanda en ese mismo periodo. La desviación estándar es la raíz cuadrada de esa varianza. (Ballou, 2004).

$$\text{Demanda en tiempo de espera} = X' = d_i * TE \quad (III.1)$$

$$s'd_i = sd_i \sqrt{TE} \quad (III.2)$$

Para hallar el parámetro “S” se utilizaría la fórmula de CEP y para hallar “s” se utilizaría la de PRO.

$$Q_i = \sqrt{\frac{2D_i S}{H_i}} \quad (III.3)$$

$$PRO_i = s_i = d_i * TE + z(s'd_i) \quad (III.4)$$

En donde:

C_i = Costo unitario de producto i, en valor monetario.

S = Costo fijo de realizar un pedido, en valor monetario.

D_i = Demanda anual del producto i, en unidades.

H_i = Costo unitario anual de mantener inventario, en valor monetario (r)(C_i)

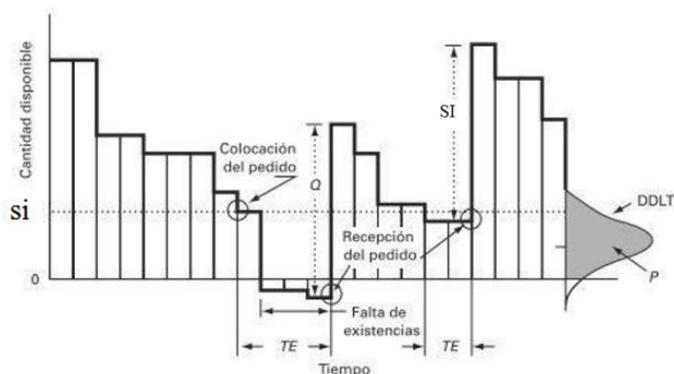
r = Costo de manejo de inventario como porcentaje del valor del producto.

d_i = demanda mensual del producto i

L = Tiempo de entrega en días constante (Leadtime)

En la ilustración 3.1 se puede observar un comportamiento probabilístico de demanda. El valor de z nos dará el número de desviaciones estándar a partir de la media para obtener la probabilidad deseada de tener existencias durante el Tiempo de Entrega. (Ballou, 2004)

Ilustración III.1 Representación de comportamiento de inventario



Fuente: (Ballou, 2004)

3.1.4 Cálculo de parámetro de decisión c_i

El parámetro de decisión c_i servirá para ejecutar las órdenes “especiales” de cada ítem “i” que son generadas a partir de una orden “normal”. Para el cálculo del mismo se sigue utilizando un enfoque de ítem único. Se tiene la siguiente información:

- Una orden normal tiene un costo K , donde:

$$K = \text{Costo fijo} + \text{Costo variable} \quad (III.5)$$

- Una orden especial tiene un costo k , donde:

$$k = \text{Costo variable} \quad (III.6)$$

- En un pedido pueden haber muchas ordenes especiales que están sujetas a una orden normal
- El costo fijo de colocar la orden es absorbido por la orden normal, y las órdenes especiales solo añaden un costo variable.
- El costo de mantenimiento de un producto i está dado por H_i . Siendo el costo de mantenimiento $H_i \cdot q_i$, el costo de mantener q unidades del producto i

Teniendo en cuenta los puntos anteriores, se tiene que una orden especial genera un ahorro de $(K-k)$ o en otros términos un ahorro del costo fijo de poner la orden. Mientras que genera costos adicionales de mantenimiento de:

$$(c_i - PRO_i) * H_i. \quad (III.7)$$

El punto óptimo estará dado cuando se cumpla que:

$$(c_i - PRO_i) * H_i. = (K - k)^2 \quad (III.8)$$

² $K - k = \text{Costo fijo generado por orden normal}$

Siendo:

$$c_i = \frac{(K - k)}{H_i} + PRO_i \quad (III.9)$$

3.2 FUENTES DE INFORMACIÓN

Para aplicar la metodología se requiere principalmente información referente a la demanda de los diferentes productos. Esta información será proporcionada por la misma empresa por medio de información histórica de ventas y facturación.

La información recibida deberá ser revisada y clasificada en orden de importancia.

Se ha determinado realizar una clasificación ABC de acuerdo a lo explicado en la revisión de literatura para determinar cuáles son los productos que representan mayores niveles de venta. Así, solo se aplicará la metodología a los productos reconocidos como tipo A o “más representativos”

3.3 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Para este análisis se realiza una comparación de la situación actual presentada en el capítulo 4 de este trabajo con los resultados esperados después de la aplicación de la metodología. Con este análisis se espera determinar si el modelo planteado es conveniente y cumple el objetivo de minimización de costos, y si debería aplicarse en las operaciones de la empresa.

CAPÍTULO IV: SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA

4.1 INTRODUCCIÓN DEL CAPÍTULO

Este capítulo se enfoca en la situación actual de la empresa haciendo énfasis en el manejo de inventarios. La información presentada ha sido otorgada por la empresa y el departamento encargado de controlar el inventario. La información presentada en este capítulo se utilizará posteriormente para comparar con los resultados pronosticados después de la aplicación de la metodología. Se tocarán los siguientes temas:

- La empresa
- Descripción del problema a analizar
- Presentación de operaciones de inventario actuales
- Justificación del método a aplicar

4.2 LA EMPRESA

En el primer capítulo de este trabajo se habló de la empresa, sus características y funcionamiento general. Así que ahora se hace una breve recopilación de la información más relevante.

Como se mencionó anteriormente la empresa analizada se dedica a la importación y comercialización de equipos electrónicos de medición y de seguridad. Esta ve como su mercado meta a la industria y empresas que requieran de productos de este tipo. Entre algunos de los productos destacados la empresa se puede mencionar:

Cuadro 4.1 - Productos característicos de la empresa

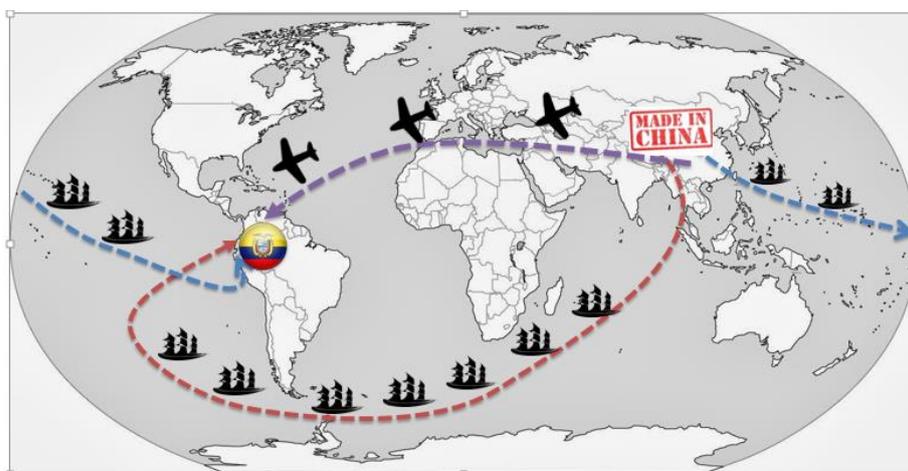
Producto	Descripción
Termohigrometros	Equipo para medir la temperatura y humedad en ambientes. Diferentes modelos
Pistola de temperatura	Equipo para medir la temperatura a distancia
Espejos convexos	Espejos de seguridad. Diferentes tamaños
Balanzas grameras	De diferentes capacidades y precisiones
Medidores de humedad en granos	Para diferentes tipos de granos y precision
Alcoholímetro	De gama baja a media. Distintos modelos

Fuente: Elaboración propia

El cuadro 4.1 fue realizada según información proporcionada por la empresa y contiene los 6 productos más “representativos” según el punto de vista de la misma y está únicamente basada en la percepción por lo que después de aplicar la metodología se podrá determinar realmente que productos son los más representativos.

Los proveedores de la empresa se encuentran en China y los pedidos vienen por vía aérea o marítima dependiendo del tamaño de la orden y el tiempo en que se necesitan los productos. Se hace una representación en la ilustración 4.1

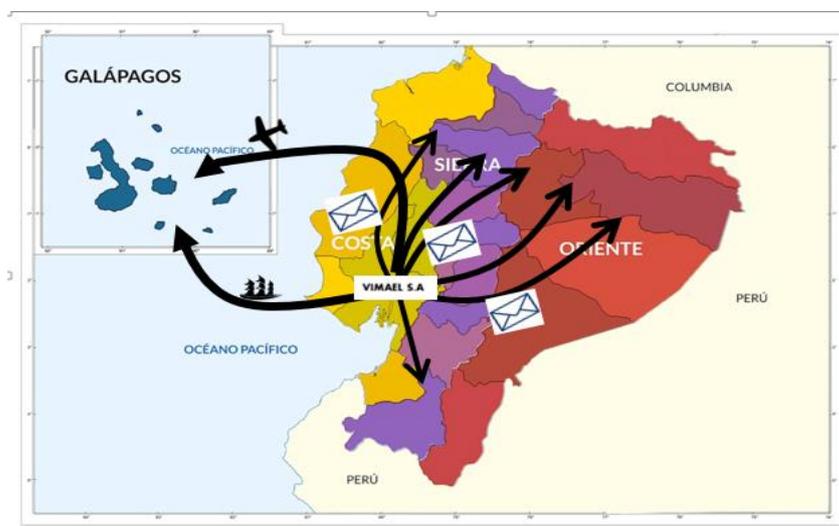
Ilustración 4.1 Representación de proceso de importación



Fuente: Elaboración propia

La empresa tiene su sede en la ciudad de Guayaquil y hace envíos a nivel nacional por medio de convenios con Correos del Ecuador y Servientrega como se representa en la ilustración 4.2

Ilustración 4.2 Representación de operaciones de la empresa



Fuente: Elaboración propia

Actualmente la empresa presenta problemas en su manejo y control de inventario lo que puede causar mala utilización de recursos y posibles desabastecimientos.

4.3 OPERACIONES DE INVENTARIO ACTUALES

4.3.1 Colocación de orden

Los pedidos de los diferentes productos según las operaciones actuales no se basan en algún dato en concreto sino que se realizan a criterio de la persona encargada o el administrador.

Los proveedores al recibir una orden, demoran entre 5 a 10 días en despachar un pedido. Tiempo que se debe sumar al tiempo de transporte y nacionalización.

Al momento de poner una orden se debe determinar si esta llegará por vía aérea o marítima.

Cuadro 4.2 - Comparación de formas de importación

Aereo	Marítimo
Ordenes pequeñas. Usualmente menores a 50kg y \$2000	Ordenes medianas y grandes. Sin límite de valor o peso
Ordenes urgentes. Tiempo de llegada de 7 a 15 días	Ordenes no tan urgentes. Tiempo de llegada de 30 a 35 días
No requieren agentes de aduana. El proceso lo hace la empresa Courier (Dhl, Fedex, etc)	Requiere un agente afianzado de aduana y diversa documentación.

Fuente: Elaboración propia

Dependiendo del medio de transporte que se escoja se determina el tiempo en que demora en llegar la orden.

4.3.2 Nacionalización

Además a este tiempo la empresa le suma de 3 a 4 días al proceso de nacionalización y pago de aranceles e impuestos. En el caso de vía aérea, la empresa transportista se encarga de todo el proceso, solo es necesario la factura de compra. En vía marítima en cambio por lo general se inicia el proceso antes de que la mercadería llegue a puerto para tener todo listo y proceder con el aforo y nacionalización.

4.3.3 Almacenamiento y registro

Los productos según van llegando se van registrando en hojas de inventario de Excel y Kardex con el método PEPS (primero en entrar, primero en salir) y se colocan en

repisas en la bodega que tiene la empresa o se apilan en sus respectivas cajas.

Ilustración 4IV.3: Ejemplo de productos en bodega



Fuente: Tomada de la bodega

El inventario en un momento determinado está dado por:

$$\text{Inventario en bodega} + \text{Inventario en mostrador (local)}$$

4.3.4 Egreso de mercadería y actualización de inventario

La actualización de inventario se hace por Kardex y se puede verificar en los registros de ingreso y egreso de mercadería en la bodega de la empresa. Sin embargo este método ha traído diversos problemas ya que no siempre el registro que queda anotado en estos registros ha probado ser confiable y la empresa termina haciendo conteos físicos de mercadería para poder verificar el stock.

Ilustración 4.4: Ejemplo ilustrativo de Kardex

FECHA	DETALLE	Entradas	Entradas	Entradas	Salidas	Salidas	Salidas	Saldos	Saldos	Saldos
Feb 01	Inv inicial							1200	4.500	5.400.000
Feb 03	Compra	450	4.890	2.200.500				1650	4.606.36	7.600.500
Feb 07	Venta				450	4.606.36	2.072.862	1200	4.606.36	5.527.632
Feb 9	Compra	600	4.950	2.970.000				1800	4.720.90	8.497.632
Feb 14	Venta				750	4.720.9	3.540.675	1050	4.720.9	4.956.945
Feb 15	Compra	540	5.010	2.705.400				1590	4.819.08	7.662.345
Feb 19	Venta				450	4.819.08	2.168.586	1140	4.819.08	5.493.7512
Feb 20	Compra	360		1.836.000				1500	4.886.5	7.329.7512
Inventario	Final							1500		7.329.7512
Costo de	Ventas						7.782.123			

Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos96/contabilidad-herramienta-administracion-gerencia-empresa/image022.jpg>

La empresa en la actualidad no realiza clasificación de inventarios ABC o de

algún otro tipo por lo que no posee la información acerca de qué productos representan mayor número de ventas o ingresos para la compañía.

4.4 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA A ANALIZAR

Como se pudo ver en la sección anterior, la empresa no tiene un método que permita saber en qué momento se deben hacer las compras o como se deben estructurar los pedidos sino que eso se hace exclusivamente a criterio de la persona encargada. Esta forma de tomar decisiones no siempre es la más adecuada y tiene dos posibles consecuencias:

- Mala utilización de recursos.- al no utilizar un método de minimización de costos la empresa incurre en costos adicionales por mercadería que no son necesarios
- Posibles desabastecimientos.- de la misma manera en que se puede tener una mala utilización de los recursos por pedidos en exceso o mal manejo de inventario. Sin un modelo adecuado, se puede cometer el error de no pedir a tiempo o pedir cantidades menores a las necesitadas causando desabastecimiento y pérdida de ventas
- Además de esto a falta de un sistema de clasificación de inventarios no se puede reconocer los productos que le representan mayor número de ingresos a la empresa y en los cuales se debería enfocar los recursos

4.5 JUSTIFICACIÓN DEL MÉTODO A APLICAR

La aplicación de un modelo de REVISION CONTINUA generalmente se presenta en las siguientes situaciones:

- La demanda y el plazo de entrega son constantes.
- El plazo de entrega es aleatorio y la demanda constante.
- La demanda aleatoria y el plazo de entrega constante.
- Aleatorios tanto la demanda como el plazo de entrega.

Para la empresa en cuestión, aplicaría el tercer escenario ya que presenta una demanda aleatoria y plazo de entrega relativamente constante.

También por otra parte, el modelo seleccionado da reglas claras para la toma de decisiones correspondientes a las órdenes o pedidos que se realicen lo que facilita el trabajo de la administración. Con la política si, ci y Si las decisiones estarían basadas en números y no simple percepción

Previo a la aplicación este método se toma en cuenta también la aplicación del método de clasificación ABC, el cual, dará un panorama más claro de hacia dónde se debe enfocar más este proyecto en cuestión de los productos elegidos.

CAPÍTULO V: APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA

En este capítulo se muestra como se procedió a aplicar la metodología planteada en el capítulo 3. La información utilizada fue proporcionada en mayor parte por la empresa, especialmente lo que son los reportes de ventas mensuales de los 3 últimos años de los productos que se comercializan.

En el Anexo 1 se puede ver con más detalle el reporte de ventas del año 2014 con las respectivas cantidades y precios de mercado de cada producto.

5.1 CLASIFICACIÓN ABC

Inicialmente se obtuvieron reportes de ventas de 33 diferentes productos de la empresa. Estos productos no corresponden al total de productos que vende la empresa pero tienen cierta similitud entre ellos además de que provienen de los mismos proveedores por lo que se consideraron como los más adecuados para continuar el análisis.

Para hacer el grupo de productos aún más reducido y enfocar el trabajo en los productos más representativos a nivel de ventas, se procedió a hacer una clasificación ABC por medio de la Ley de Pareto que se trató en la revisión de literatura.

La lista inicial de productos se puede ver en el cuadro 5.1

Cuadro 5.1 - Productos que vende la empresa

PRODUCTOS			
#	Nombre	#	Nombre
1	Termohigrometro	18	Luxómetro
2	Medidor de espesor	19	Balanza1
3	Medidor de humedad en granos	20	Medidor de distancia
4	Microscopio	21	Barómetro
5	Alcoholímetro	22	Balanza2
6	Detector de Oro	23	Multímetro
7	Termómetro	24	Anemómetro
8	Superscanner	25	TDS
9	Inversor	26	Medidor de presión
10	Tacómetro	27	Micrómetro
11	Durómetro	28	Medidor de potencia
12	Espejo	29	Medidor de humedad en madera
13	Escáner	30	Vernier
14	Sonómetro	31	Conductímetro
15	Lupa	32	PPM
16	Inclinómetro	33	Monocular
17	Medidor de PH		

Fuente: Información proporcionada por la empresa

Utilizando el reporte de ventas presentado en el Anexo 1 se procedió a identificar los productos clase A

En el cuadro 5.2 se puede ver que 9 productos representan el 80% de las ventas mientras que los otros 24 productos representan el otro 20% faltante. Además siendo el total de productos de 33, el 20% de este número es aproximadamente 7. Así finalmente se determinó únicamente enfocar el análisis a estos 7 productos que en este caso representan el 73.24% de las ventas.

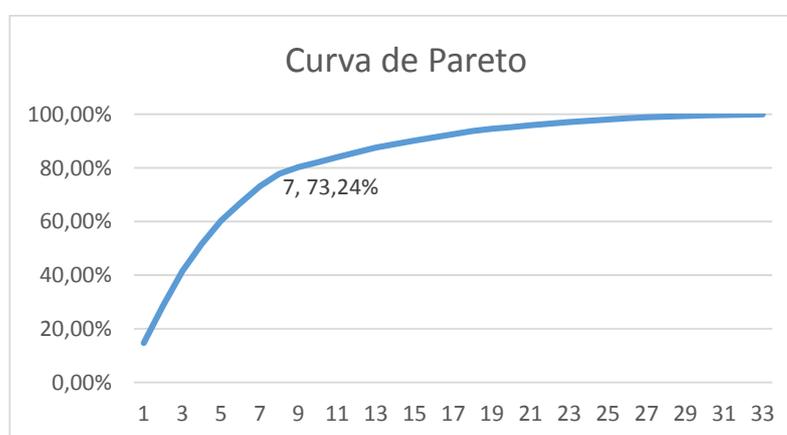
Cuadro 5.2 - Frecuencia acumulada de venta de productos

Artículo	Ventas	Frecuencia	Frecuencia acumulada
Termohigrometro	27636	14,73%	14,73%
Medidor de espesor	26040	13,88%	28,60%
Medidor de humedad en granos	24250	12,92%	41,52%
Microscopio	19050	10,15%	51,67%
Alcoholímetro	16120	8,59%	60,26%
Detector de Oro	12600	6,71%	66,98%
Termómetro	11745	6,26%	73,24%
Superscanner	8580	4,57%	77,81%
Inversor	4680	2,49%	80,30%
Otros		19,70%	100,00%

Fuente: Elaboración propia

En el grafico 5.1 se puede apreciar con mayor facilidad el comportamiento de las ventas acumuladas. Al principio la curva tiene una pendiente muy grande y hay un crecimiento en el porcentaje acumulado importante hasta el producto 7 que se puede ver señalado. Después de este punto la curva muestra una pendiente decreciente acercándose a cero.

Ilustración 5.1 Curva de Pareto



Fuente: Elaboración propia

5.2 DEMANDA PROMEDIO Y SU DESVIACIÓN ESTÁNDAR

Para calcular la demanda promedio de la empresa se han tomado las siguientes consideraciones:

- La empresa no vende productos estacionales. Las ventas se mantienen estables a lo largo del año
- Se toma como base para el cálculo las cantidades vendidas en los últimos 3 años (2012, 2013 y 2014)
- Con esta información se procede a sacar promedios mensuales a partir de las 36 observaciones disponibles.

Se utilizó el utilitario Excel para hacer los respectivos cálculos. En el cuadro 5.3 se muestra la información obtenida:

Cuadro 5.3 - Demanda promedio y desviación estándar

Artículo	Demanda mensual	Desviación	Demanda anual
Medidor de humedad en granos	8	3,57	97
Termohigrometro	82	27,10	987
Medidor de espesor	7	3,51	84
Microscopio	11	3,57	127
Termómetro	22	6,93	261
Detector de Oro	3	0,99	36
Alcoholímetro	21	8,14	248

Fuente: Elaboración propia

5.3 APLICACIÓN DEL MODELO

Una vez obtenida la demanda anual de cada uno de los 7 productos a analizar. Se procedió a utilizar la fórmula de la cantidad económica del pedido (ecuación 3.3) con demanda variable para calcular los parámetros Q^* y PRO del modelo

$$Q_i = \sqrt{\frac{2D_iS}{H_i}}$$

Algunas de las consideraciones que se tomaron para realizar los cálculos

- Los costos de mantenimiento de inventario se determinaron en base a la tabla de Tasas activas del sistema financiero en el segmento de crédito "Productivo Pymes"³ de aproximadamente 12% además de que a consejo del administrador se

³ Anexo 2

aumentó 1% por otros gastos de mantenimiento diferentes a los del costo del capital

- Los costos de colocación de orden por otra parte se estimaron en \$450 de acuerdo a los siguientes costos:
 - Costo de transferencia internacional fijo \$50 en banco local
 - Costo de transferencia internacional fijo \$40 en banco extranjero (aproximado)
 - Costo de agente de aduana. Un promedio proporcionado por la empresa es de \$200
 - Costo de documentación y seguimiento del envío \$30
 - Pick up del pedido en origen hasta puerto \$100
 - Comisión por colocación de pedido \$30

Así se calcula el cuadro 5.4 donde se tienen los valores de Q para cada uno los 7 productos

Cuadro 5.4 - Calculo de Cantidad Económica del Pedido

Artículo	Costo	H	Demanda	Q
Medidor de humedad en granos	125	16,25	97	73
Termohigrometro	14	1,82	987	699
Medidor de espesor	155	20,15	84	61
Microscopio	75	9,75	127	108
Termómetro	22,5	2,925	261	283
Detector de Oro	175	22,75	36	38
Alcoholímetro	32,5	4,225	248	230
	r	13%	Costo orden	450

Fuente: Elaboración propia

Una vez calculado la cantidad económica del pedido, se procede a calcular el Punto de reorden. Se tomó en consideración los siguientes datos:

- Leadtime constante. Se tomó un promedio según experiencia de la empresa de 40 días que incluye tiempo de procesamiento de pedido del vendedor, transporte marítimo y nacionalización.
- La demanda mensual se adaptó a 40 días multiplicando por 1.33
- La desviación estándar mensual se adaptó a 40 días multiplicando por RAIZ(1.33)

- Se determinó un nivel de confianza del 99%
 - ✓ Se recuerda la ecuación 3.4 postulada en la metodología para hacer este cálculo:
 - ✓ $PRO_i = Demanda\ Leadtime + z(s'd)$

En el cuadro 5.5 se pueden ver los resultados del Punto de Reorden para cada artículo

Cuadro 5.5 - Calculo de Punto de Reorden

ARTÍCULO	DEMANDA MENSUAL	DESVIACIÓN	DEMANDA LEADTIME (D*1,33)	DESVIACIÓN LEADTIME (SD*RAIZ(1,33))	PRO
MEDIDOR DE HUMEDAD EN GRANOS	8	3,57	10,8	4,1	20
TERMOHIGROMETRO	82	27,10	109,4	31,3	182
MEDIDOR DE ESPESOR	7	3,51	9,3	4,1	19
MICROSCOPIO	11	3,57	14,1	4,1	24
TERMÓMETRO	22	6,93	28,9	8,0	48
DETECTOR DE ORO	3	0,99	4,0	1,1	7
ALCOHOLÍMETRO	21	8,14	27,5	9,4	49
				Z(0,99)	2,326

Fuente: Elaboración propia

Luego se procedió a calcular el parámetro de pedidos “especiales” mediante la ecuación 3.9 que se planteó en la metodología:

$$c_i = \frac{(K - k)}{H_i} + PRO_i$$

Se ha considerado los siguientes puntos:

- Los costos de transferencia tanto local como en extranjero solo se realizan una vez y corren por cuenta del pedido normal
- Costo de agente de aduana también se considera un costo fijo que no cambia al agregar otros productos
- El pick up del proveedor al puerto y gastos varios de transporte en origen se consideran costos variables que dependen del tamaño de la carga
- La comisión se considera variable por el número de productos

- Finalmente los costos de documentación y gastos varios se consideran fijos ya que se aplican una vez a todo el pedido conjunto, sea cual sea el tamaño de este.

Así se obtiene un ahorro de \$320 según la suma de los costos considerados en el “ahorro”

Cuadro 5.6 - Calculo de parámetro de pedido especial

Artículo	Costo	H	PRO	C
Medidor de humedad en granos	125	16,25	20	40
Termohigrometro	14	1,82	182	358
Medidor de espesor	155	20,15	19	35
Microscopio	75	9,75	24	56
Termómetro	22,5	2,925	48	157
Detector de Oro	175	22,75	7	21
Alcoholímetro	32,5	4,225	49	125
	r	13%	Costo fijo	320

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 5.6 se puede observar el cálculo del parámetro de decisión para pedidos “especiales” “ c_i ” para cada uno de los 7 productos analizados.

Con esta información se da por terminada la metodología y se pasa al siguiente capítulo para la presentación y análisis de resultados.

CAPÍTULO VI: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Una vez aplicada la metodología se obtuvieron los 3 parámetros de decisión para los 7 productos analizados.

Cuadro 6.1 - Presentación de parámetros obtenidos

Artículo	PRO	C	Q
Medidor de humedad en granos	20	40	73
Termohigrometro	182	358	699
Medidor de espesor	19	35	61
Microscopio	24	56	108
Termómetro	48	157	283
Detector de Oro	7	21	38
Alcoholímetro	49	125	230

Fuente: Elaboración propia

Se puede ver en el cuadro 6.1 los resultados obtenidos y se hace las siguientes observaciones:

- Se puede ver que en todos los productos se cumplió la regla del modelo que dice que:

$$PRO_i < c_i < Q_i$$

- La diferencia entre el c_i y el PRO_i en cada uno de los productos es relativamente grande. Se puede ver que en la mayoría de los casos el Punto de pedido especial, cuando menos, duplica al Punto de Reorden lo cual indica la facilidad con la que se pueden ahorrar costos por agrupación de pedidos a pesar de los costos adicionales de mantenimiento
- Se ha tomado una serie de costos como costos “fijos” que permiten obtener economización al agrupar pedidos. Sin embargo existen otros costos no contemplados en este análisis que también podrían generar economización

como por ejemplo: Tarifas reducidas por volumen o peso en transporte marítimo

- Otra forma de economización de costos puede lograrse al incluir productos de clasificación B o C en los pedidos de los productos Clase A estudiados.

6.1 COMPARACIÓN CON SITUACIÓN ACTUAL

Se considera algo complicado hacer una comparación exacta con la situación actual ya que se requeriría información precisa sobre los costos generados antes y después y hacer una comparación para tener el monto real de dinero ahorrado con el modelo planteado en este trabajo. Se han establecido costos aproximados basados en las estadísticas de pedidos en años anteriores. El número de pedidos al año para cada producto se considera fijo basado en el promedio de los pedidos realizados durante años anteriores.

Además de esto, se debe tomar en cuenta que los pedidos se han ido realizando mayormente por vía aérea y el modelo propuesto se enfocó en importaciones por vía marítima por lo que los costos de colocación de orden son diferentes para los dos casos.

Cuadro 6.2 - Demanda anual, costos y peso de productos clase A

PRODUCTO	DEMANDA ANUAL	COSTO	PESO EN LIBRAS
MEDIDOR DE HUMEDAD EN GRANOS	97	\$125	3,2
TERMOHIGROMETRO	987	\$14	0,44
MEDIDOR DE ESPESOR	84	\$155	3,31
MICROSCOPIO	127	\$75	1,1
TERMOMETRO	261	\$22,5	0,26
DETECTOR DE ORO	36	\$175	4,2
ALCOHOLIMETRO	248	\$32,5	1,4

Fuente: Elaboración propia

Los costos de colocación de orden se calculan a partir de los siguientes datos:

- Comisión por colocación de pedido \$15 (Comisión establecida por la empresa)
- Costo por servicio de Courier en proceso de nacionalización \$112 (promedio de 100 +12% de iva)
- Costo adicional por envío. En el medio marítimo el precio que da el

proveedor es CFR, pero en el transporte aéreo se debe cancelar \$3.5 por libra. (Tarifas DHL o Fedex, sujetas a variaciones, a partir de 10 libras)

En el cuadro 6.3 se puede observar el costo total en el que se incurre utilizando la metodología actual de la empresa con un total de \$10180.

Cuadro 6.3 - Costos de mantenimiento y colocación de orden iniciales

PRODUCTO	PEDIDOS/ AÑO	Q	COSTO DE MANTENIMIENTO ANUAL	COSTO DE COLOCACIÓN DE ORDEN	COSTO TOTAL
MEDIDOR DE HUMEDAD EN GRANOS	2	48,5	\$ 394,06	\$1340	\$1734
TERMOHIGROMETRO	3	329,0	\$ 299,39	\$1901	\$2200
MEDIDOR DE ESPESOR	2	42,0	\$ 423,15	\$1227	\$1650
MICROSCOPIO	2	63,5	\$ 309,56	\$743	\$1053
TERMOMETRO	3	87,0	\$ 127,24	\$619	\$746
DETECTOR DE ORO	1	36,0	\$ 409,50	\$656	\$1066
ALCOHOLIMETRO	2	124	\$ 261,95	\$1469	\$1731
				Total	\$10180

Fuente: Elaboración propia

Según el nuevo modelo implementado se obtuvieron los costos presentados en el cuadro 6.4 con un costo total acumulado de \$7411

Cuadro 6.4 - Costos de mantenimiento y colocación de nuevo método

	<i>Inventario promedio (Q/2)</i>	<i>Costo de mantenimiento anual</i>	<i>Costo de colocación de orden</i>	<i>Costo total</i>
<i>Medidor de humedad en granos</i>	37	\$596	\$596	\$1191
<i>Termohigrometro</i>	349	\$636	\$636	\$1271
<i>Medidor de espesor</i>	31	\$617	\$617	\$1234
<i>Microscopio</i>	54	\$528	\$528	\$1056
<i>Termómetro</i>	142	\$414	\$414	\$829
<i>Detector de Oro</i>	19	\$429	\$429	\$859
<i>Alcoholímetro</i>	115	\$486	\$486	\$971
			Total	\$7411

Fuente: Elaboración propia

En general al ver el costo total calculado en los cuadros 6.3 y 6.4 se puede observar un ahorro de \$2769 que trae la implementación del nuevo modelo.

Cabe recalcar que estos ahorros vienen únicamente de la implementación del modelo CEP con punto de PRO, ya que no se tienen datos suficientes como para calcular los ahorros adicionales que se obtendrían mediante la agrupación de pedidos especiales dentro de órdenes normales.

Más adelante, siguiendo con el análisis se ha resumido los posibles generadores de ahorro:

1. **Uso del CEP y PRO** optimizan el uso de recursos y minimizan costos. (ahorros calculados en comparación de cuadros 6.3 y 6.4)
2. **Ahorro de costos fijos de colocación de pedido.** Esta se espera sea la fuente principal de ahorro por medio de las agrupaciones de los 7 productos analizados.
3. **Se reduce o minimiza el uso de transporte aéreo en el proceso de importaciones.** La empresa actualmente utiliza este medio de importación regularmente además del transporte marítimo debido a los tiempos más cortos que ofrece este medio. Sin embargo, como se puede ver en el cuadro 6.5, este medio de transporte es considerablemente más costoso, por eso se espera que con la debida planificación implementada en el modelo se supere la limitación de los tiempos más largos en transporte marítimo y se reduzca el uso de transporte aéreo.

Cuadro 6.5 - Comparación medios de transporte

Aereo	Marítimo
Ordenes pequeñas. Usualmente menor a 50kg y \$2000	Ordenes medianas y grandes. Sin límite de valor o peso
Ordenes urgentes. Tiempo de llegada de 7 a 15 días	Ordenes no tan urgentes. Tiempo de llegada de 30 a 35 días
Se reduce el uso de este medio al implementar una mejor planificación	Método preferido. Costos considerablemente más bajos en comparación del transporte aéreo.

Fuente: Elaboración propia

4. **Agrupación de otros productos.** También se plantea la posibilidad de reducir costos al incluir en los pedidos productos de clase A o clase B

CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos se han determinado algunas conclusiones basadas en los objetivos planteados en el capítulo 1 de este trabajo.

El primer objetivo planteado fue el de identificar las deficiencias de manejo de inventario que tiene la empresa. Por medio del análisis realizado a la situación actual en los capítulos 1 y 4 del trabajo se determinó que el principal inconveniente es la falta de un modelo de inventario. Así, por medio de la revisión de literatura se concluyó que la implementación de un modelo de inventario con parámetros s_i , S_i y c_i para múltiples productos y Leadtime constante, que se explica en el capítulo 3, permitiría a la empresa saber cuándo y cuánto pedir de manera que no incurra en costos innecesarios por exceso o escasez de stock en sus productos.

El modelo ABC por otra parte permitió encontrar los productos clave al momento de realizar el análisis. Como se puede observar en el cuadro 5.2 el 73.24% de las ventas se concentran en solo 7 productos (21%) los que se pueden clasificar como productos clase A (20%) y Clase B (el 1% restante)⁴. Esta clasificación facilitó la aplicación de la metodología que de lo contrario se hubiera tenido que aplicar a todos los 33 productos iniciales.

Finalmente se concluye que, a pesar de que las comparaciones realizadas en el capítulo 6 son aproximaciones a la realidad, se pudo demostrar en la comparación de los cuadros 6.3 y 6.4 del capítulo 6 que la implementación del modelo propuesto genera un costo total de \$7411 lo cual en comparación al costo total de \$10180 de la situación actual significa un ahorro de \$2769 o disminución del 27.2%.

⁴ De seleccionar únicamente productos clase A (20%) se hubiera tenido que trabajar con 6.6 productos lo cual no era factible con la metodología planteada

REFERENCIAS

- Andres, F., & Emmons, H. (1975). **A Mutiprodukt inventory system with interactive set-up costs.** *Management Science*, 21, 1055-1063.
- Balintfy. (1964). **On a basic class of multi-item inventory problems.** *Management Sci vol 10*, 287-297.
- Ballou, R. H. (2004). *Logística. Administración de la Cadena de Suministros.* México: Pearson Education.
- Brown, R. (1967). *Decision rules for Inventory Management.* New York: Holt, Rinehart & Winston.
- Brown, R. G. (1997). *Materials Management Systems.* New York: Jhon Wiley & Sons.
- Collignon, J., & Vermoel, J. (1 de febrero de 2012). **LOKAD.** Obtenido de Analisis ABC (Inventario): [http://www.lokad.com/es/definicion-analisis-abc-\(inventario\)](http://www.lokad.com/es/definicion-analisis-abc-(inventario))
- Downs, B., Metters, R., & Semple, J. (2001). **Managing Inventory with Multiple Products, Lags in Delivery, Resource Constraints, and Lost Sales: A Mathematical Programming Approach.** *Management Science Vol 47 No. 3*, 464-479.
- Federgruen, A., Groenevelt, H., & Tijms, H. (1984). **Coordinated replenishments in a multi-item inventory system with compound poisson demands.** *Management Science Vol 30*, 344-348.
- Jesitus, J. (1995). **Bar coding control inventory.** *Hotel and Motel Management vol 210 -11*, 48-52.
- Krajewsk, L., & Ritzman, L. (2000). *Administración de Operaciones : Estrategia y Análisis.* (Quinta ed.). México: Pearson Education.
- LRM Consultoria Logística. (15 de Enero de 2010). **Segmentacion ABC y la ley de Pareto.** Obtenido de LRM Consultoria Logística: <http://www.lrmconsultorialogistica.es/blog/feed/9-articulos/42-segmentacion-abc-picking.html>
- Manthou, V., & Vlachopoulou, M. (2001). **Bar-code technology for inventory and marketing management systems: A model for its development and implementation.** *International journal of production economics vol 71*, 157-164.
- Núñez, A. (15 de 12 de 2005). **El principio de Pareto (Regla 80-20).** Obtenido de De Gerencia: <http://www.degerencia.com/articulos.php?artid=814>
- Ohno, K., & Ishigaki, T. (2001). **A multi-item continuous review inventory system with compound Poisson demands.** *Mathematical Methods of Operations Research*, 147-165.
- Peterson, R., & Silver, E. (1979). *Decision Systems for Inventory Management and Production Planning.* New York: Wiley.
- Schrijver, S., Aghezzaf, E., & Vanmaele, H. (2013). **Aggregate constrained inventory systems with independent multi-product demand: Control practices and**

theoretical limitations. *International Journal of Production Economics* vol 143, 416-423.

Silver. (1974). **A control system for coordinated inventory replenishment.** *International Journal of Prod Res* vol 12, 647-671.

Taha, H. A. (2004). *Investigación de operaciones*. Pearson Educación.

Turchi, R. (1996). **Technologies for automatic identification and their fields of application.** *Sistemi and Impresa* vol 42, 141-149.

Zipkin. (2000). *Foundations of Inventory Management*. Singapur: McGraw-Hill.

ANEXOS

Anexo A

VENTAS 2014

Artículo	Cantidad	Precio	Ventas	Artículo	Cantidad	Precio	Ventas
Termohigrometro	987	28	27636	Luxómetro	47	45	2115
Medidor de espesor	84	310	26040	Balanza1	25	60	1500
Medidor de humedad en granos	97	250	24250	Medidor de distancia	37	35	1295
Microscopio	127	150	19050	Barómetro	24	50	1200
Alcoholímetro	248	65	16120	Balanza2	55	20	1100
Detector de Oro	36	350	12600	Multímetro	12	90	1080
Termómetro	261	45	11745	Anemómetro	24	40	960
Superscanner	132	65	8580	TDS	38	25	950
Inversor	52	90	4680	Medidor de presión	38	25	950
Tacómetro	50	70	3500	Micrómetro	6	100	600
Durómetro	31	110	3410	Medidor de potencia	15	35	525
Espejo	52	65	3380	Medidor de humedad en madera	5	80	400
Escáner	51	65	3315	Vernier	18	22	396
Sonómetro	50	50	2500	Conductímetro	7	45	315
Lupa	123	20	2460	PPM	10	25	250
Inclinómetro	33	70	2310	Monocular	7	25	175
Medidor de PH	76	30	2280	TOTAL			187667

Anexo B

