



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

**INSTITUTO DE CIENCIAS MATEMATICAS  
INGENIERIA EN ESTADISTICA INFORMATICA**

**“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE MODELOS  
MATEMÁTICOS PARA EL CONTROL AUTOMATIZADO DE  
INVENTARIOS”**

**TESIS DE GRADO**

**PREVIO A LA OBTENCION DEL TITULO DE:**

**INGENIERO EN ESTADISTICA INFORMATICA**

**PRESENTADO POR:**

**MIGUEL FLORES SANCHEZ**



**GUAYAQUIL-ECUADOR**

**AÑO 2002**

# DEDICATORIA

A DIOS

A MIS PADRES

A MIS HERMANAS

A MI PADRINO

## AGRADECIMIENTO

A todas las personas que de uno u otro modo colaboraron en la realización de este trabajo y especialmente a mi director de tesis Mat. Fernando Sandoya, por su invaluable ayuda.

# TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

---

Ing. Felix Ramírez  
Director del ICM

---

Ing. Gaudencio Zurita  
DIRECTOR DE TESIS

---

Ing. Guillermo Gallego  
VOCAL

---

Ing. Guillermo Vaquerizo  
VOCAL

## DECLARACION EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado me corresponden exclusivamente, y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL.”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).

---

Miguel Flores Sánchez

# INDICE GENERAL

	<b>Pág.</b>
RESUMEN	II
ÍNDICE GENERAL	III
ÍNDICE DE FIGURAS	IV
ÍNDICE DE TABLAS	V
INTRODUCCIÓN	1

## **I. INTRODUCCIÓN**

1.1. Clasificación de los Inventarios.....	4
1.2. Necesidades de automatizar el control del inventario.....	6
1.3. Un nuevo enfoque al abastecimiento de materiales: La filosofía Just in Time.....	14

## II. ELEMENTOS Y CONCEPTOS DEL CONTROL DE INVENTARIO

2.1. Proceso de Abastecimiento.....	15
2.1.1. Cálculo de necesidades de abastecimiento.....	16
2.1.1.1 Aplicación a los inventarios de la Armada del Ecuador.....	20
2.1.2 Recepción.....	34
2.1.3 Almacenamiento.....	35
2.1.3 Despacho o Distribución .....	38
2.2. Características de los modelos de Inventarios .....	39
2.2.1. Políticas de pedido.....	40
2.2.2. Demanda independiente contra demanda dependiente..	41
2.2.3. Demanda determinística contra demanda probabilística.	42
2.2.4. Déficit.....	43
2.2.5. Tiempo de entrega o de reabastecimiento.....	44
2.2.6. Descuento cuantitativo.....	45
2.3. Componentes de costos de un sistema de inventario.....	45
2.3.1. El costo de pedido u organización.....	47
2.3.2. El costo de compra.....	47
2.3.3. El costo de conservación o mantenimiento.....	49
2.3.4. El costo de déficit.....	50

### **III. DESARROLLO DE MODELOS DE INVENTARIOS**

3.1.	Modelo de la cantidad económica de pedido (EOQ).....	52
3.2.	Descuento por la cantidad de pedido.....	64
3.3.	Modelos Probabilísticos.....	68
3.3.1.	Modelos de Inventarios de revisión continua.....	71
3.3.2.	Sistemas de decisión para administrar inventarios clase A .....	78

### **VI. DISEÑO DEL SISTEMA**

4.1	Fundamentos del diseño de una base de datos.....	83
4.1.1	Aspectos Generales, características y configuración.....	83
4.1.2	Modelos Relacionales.....	87
4.1.3	Diseño de la base de datos “Fénix”.....	91
4.2	Desarrollo del sistema.....	101
4.2.1	Generalidades.....	101
4.2.2	Operación del Sistema.....	106

### **V. IMPLEMENTACION DEL SISTEMA**

5.1.	Introducción.....	123
5.2.	Instalación e Inicio.....	125

5.3. Aplicación del Sistema SISAI en la Dirección de Abastecimiento de la Armada del Ecuador.....	129
---	-----

**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

**BIBLIOGRAFIA**

## ÍNDICE DE TABLAS

		<b>Pág</b>
Tabla I	Lista de ítems.....	21
Tabla II	Demanda mensual año 2001.....	23
Tabla III	Determinación del valor del inventario por cada Ítem.....	25
Tabla IV	Ítems ordenados de manera decreciente con respecto al porcentaje de participación en la valoración del inventario.	28
Tabla V	Terminología.....	52
Tabla VI	Valor esperado de los costos.....	71
Tabla VII	Analogías de términos.....	88
Tabla VIII	Descripción de la tabla "Tb_clave".....	93
Tabla IX	Descripción de la tabla "Tb_categoria".....	94
Tabla X	Descripción de la tabla "Tb_clientes".....	94
Tabla XI	Descripción de la tabla "Tb_conexión".....	95
Tabla XII	Descripción de la tabla "Tb_consultas".....	96
Tabla XIII	Descripción de la tabla "Tb_productos".....	97
Tabla XIV	Descripción de la tabla "Tb_proveedor".....	97
Tabla XV	Descripción de la tabla "Tb_Ordenes_Clientes".....	98
Tabla XVI	Descripción de la tabla "Tb_Ordenes_detalle".....	99
Tabla XVII	Lista de Productos.....	124
Tabla XVII	Ítems de clase A.....	131
Tabla XVIII	Costos relevantes asociados a la administración del inventario.....	135
Tabla XIX	Resultados.....	137

# ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág</b>
Figura. 1.1. Patrón de inventario para el modelo de decisión sobre inventarios EOQ.....	6
Figura 1.2. Sistemas de inventario multinivel de manufactura.....	7
Figura 1. 3. Sistema multiescala de distribución.....	8
Figura 2.1. Proceso de Abastecimiento.....	15
Figura 2.2. Gráfico ABC.....	30
Figura 2.3. Ítems en cada clase.....	31
Figura 2.4. Proceso general de recepción.....	35
Figura 3.1. Nivel de inventario.....	54
Figura 3.2. Nivel del Reordenamiento.....	58
Figura 3.3. Identificación de la demanda.....	59
Figura 3.4. Curvas de los costos relevantes en la administración de un inventario.....	61
Figura 3.5. Curvas de costos para caso A.....	65
Figura 3.6. Curvas de costos para caso B.....	66
Figura 3.7. Curvas de costos para caso C.....	67
Figura 3.8. Se permite escasez.....	72
Figura 3.9. Sin escasez.....	73
Figura 3.10. Demanda durante el tiempo de entrega.....	79
Figura 4.1. Arquitectura de un sistema relacional.....	90
Figura 4.2. Base de Datos"Fénix".....	91
Figura 4.3. Tablas de la base de datos.....	92
Figura 4.4. Relaciones de la base de datos.....	100
Figura 4.5. Componentes del sistema.....	104
Figura 4.6. Esquema de funcionamiento del sistema	106
Figura 4.7. Preparar base.....	108
Figura 4.8. Menú Sistema.....	110
Figura 4.9. Forma "Formulario de Ingreso".....	110
Figura 4.10. Forma "Pantalla de Ingreso".....	111
Figura 4.11. Ingreso de Proveedores.....	112
Figura 4.12. Forma "Reconocimiento de datos".....	113
Figura 4.13. Importar datos.....	114
Figura 4.14. Sub menú análisis del inventario.....	117
Figura 4.15. Agregar Intervalo.....	118
Figura 4.16. Análisis del Inventario.....	119
Figura 4.17. "Estadísticas".....	120
Figura 4.18. Aplicación de los modelos.....	122
Figura 4.19. Sensibilizar modelos.....	122
Figura 5.1. Pantalla de presentación.....	126
Figura 5.2. Pantalla de inicio de sesión.....	127
Figura 5.3. Pantalla de mensaje de error.....	127
Figura 5.4. Menú principios.....	128
Figura 5.5. Generar intervalos.....	129
Figura 5.6. Clasificación ABC.....	130

## RESUMEN

Este trabajo presenta el diseño, desarrollo e implementación de un software para la administración de inventarios, el mismo que tiene las siguientes funciones:

- ✓ Exportación, exploración de tablas y campos
- ✓ Ejecutador de consultas
- ✓ Análisis de la demanda
- ✓ Clasificación de los ítems y clientes por frecuencia de compra, monto de la compra y cantidad solicitada.
- ✓ Estadísticas de los ítems
- ✓ Aplicación de modelos de inventarios

Está desarrollado bajo el lenguaje de programación Visual Basic 6.0 y SQL Server. El primer capítulo trata sobre la importancia del control, y la planificación de stock de los inventarios, así también se presenta la clasificación del mismo, además se menciona la necesidad de automatizar el proceso de control .

En el segundo capítulo se da a conocer el proceso de administración de un inventario y los componentes de los modelos matemáticos que se

implementarán (costos relevantes de la administración, demanda, tipo de política de administración, tiempo de entrega, etc.).

En el tercer capítulo se desarrolla la parte teórica, es decir se presenta el análisis y deducción de los modelos a aplicar, los mismos que están clasificados en probabilísticos y determinísticos.

El cuarto capítulo trata sobre el diseño del sistema y la base de datos elaboradas para almacenar la demanda del inventario.

En el quinto capítulo se presenta la implementación del proyecto en la Dirección de Abastecimiento de la Armada del Ecuador

## INTRODUCCION

Los conceptos de control automático y de procesamiento de datos, son producto de una tecnología jamás imaginada y que ahora constituye una herramienta fundamental para mejorar la eficiencia de los administradores. Así, en este trabajo, se ha elaborado un software que tiene como fin satisfacer las necesidades de información ( cuánto y cuándo comprar) para la toma de decisiones en el campo de la administración de los inventarios de forma veraz y oportuna.

**SISAI** es el nombre del sistema diseñado para el control automatizado de inventario, el mismo que está orientado a usuarios con conocimientos de SQL programación y control de inventarios, que tienen como objetivo tener informado al gerente de logística.

La aplicación presenta tres ambientes, el primero que es de conexión exploración e importación de campos y tablas de la base de la cual se extraerán los datos necesarios para el análisis de la demanda y aplicación de los modelos matemáticos, el segundo es del análisis y clasificación de los productos y clientes y la tercera en donde se aplican los modelos

propriadamente dichos. Además la interfaz para el manejo de los datos viene dada en forma de hoja electrónica para un mejor manejo de los cálculos realizados en SISAI.

SISAI permite sensibilizar los modelos de inventario mediante la variación de los valores de los componentes de los modelos.

# CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## CONCLUSIONES

1. Los modelos de inventarios para demanda determinística y probabilística que pueden ser aplicados en la planificación de un inventario entre otros son: Modelo EOQ, EL modelo de descuento por cantidad de compra, y los modelos probabilísticos (s,Q), y para inventarios de clase A.
2. Al automatizar el proceso de control del inventario se tiene información oportuna para la toma de decisiones, pero cabe recalcar que en nuestro país no se llega a tener una buena calidad de datos, para afirmar que la decisión basada en la generación de los resultados que nos presenta el sistema de control de inventario SISAI sea la óptima, debido a que el personal no registra la demanda cuando se genera si no que deja acumular los ingresos para después realizar esta tarea.

3. Al tener un software con las funciones de SISAI, le permite tener al administrador información sobre sus clientes, y productos, por ejemplo cuales son los productos que mas se demandan y además quienes son los clientes que mas compran y que productos adquieren. Así como realizar la planificación de las adquisiciones de los Ítems para el inventario, es decir el software le proporcionara la respuestas a las siguientes preguntas Cuándo y Cuánto pedir?
4. En el desarrollo del sistema utilizamos la base SQL para almacenar los registros de la demanda y para generar "Store Procedure", estos se almacenan en la base y permiten tener consultas que son llamadas desde la aplicación SISAI logrando con esto mejorar el tiempo de respuesta para el cálculo, debido a que se recopilan y se almacenan.
5. Visual Basic presenta la oportunidad de aplicar una programación semi orientada a objetos, esta es una herramienta poderosa para la programación, la cual permite representar y organizar los modelos matemáticos una mejor manera, logrando con esto que sea ha muy fácil el mantenimiento del sistema y poder expandir los modelos, es decir incluir modelos mas sofisticados para el control del inventario

6. El analizador y ejecutador de consulta que se ha desarrollado en SISAI permite al encargado del control del inventario genere cualquier tipo de reporte, logrando con esta un diversidad APRA satisfacer cualquier necesidad de información.
  
7. Como conclusión final se tiene que un Ingeniero en Estadística e Informática está en capacidad de vincular las ciencias estadísticas, optimización con las ciencias de la computación, logrando con esto optimizar el tiempo de procesamiento de la información y por tanto de los análisis y conclusiones sobre determinadas investigaciones realizadas.

## **RECOMENDACIONES**

1. Se recomienda automatizar mas modelos de inventarios debido a que SISAI presenta solo 4 modelos dos determinísticos y dos probabilísticos, además solo se consideran políticas de revisión continua, no existe modelos que contemplen una política de revisión periódica, el sistema puede enriquecerse con la incorporación de otros tipos de modelos de control de inventarios que se ajusten mejor a las necesidades de cada empresa.

2. Se recomienda que se integre a SISAI un módulo en el cual se pueda aplicar pruebas de bondad de ajuste para determinar a que distribución de probabilidad se aproxima la demanda de cada artículo, además otro modulo donde tenga como función la simular y predecir la demanda logrando con esto tener mayor información para la decisión de cuánto y cuándo comprar.
3. Se debe trabajar mas en el módulo de análisis del inventario, de tal manera que presente la demanda generada durante un intervalo de tiempo y poder visualizar el comportamiento de esta durante dicho intervalo, y así poder observar los ciclos y tendencias de compras.
4. Se recomienda promocionar este tipo de trabajos que generan procesos de análisis que no son estáticos, es decir que brindan a un gerente la oportunidad de realizar estudios periódicos. Con la finalidad de dar a conocer el verdadero perfil del Ingeniero Estadístico e Informático.
5. Seria de muy buena utilidad desarrollar un software, en que se integre las ciencias Estadísticas, Actuariales, Optimización, entre

otras, para obtener un instrumento de promoción de la carrera, además con el beneficio económico para el Instituto de Matemáticas al proporcionar asesoramiento a empresas.

## BIBLIOGRAFIA

1. J.F. Lawless, Statistical models and methods for lifetime data. Editorial Wiley.
2. Swiss Re Life & Health, seminario de actuariales, noviembre del 2001
3. Newton L. Bowers, JR, Hans U. Gerber, James C. Hickman, Donald A. Jones, Cecil J. Nesbitt, Actuarial mathematics, Editado por Millicent M. Treloar 1986.
4. Gerald and Wheathley, Applied numerical analysis sexta edición, Edición Addison – Wesley
5. Keneth E. Kendall, Julie E. Kendall, Análisis y diseño de sistemas tercera edición. Editorial Prentice Hall.
6. James Rombaugh, Michael Bluha, William Premerluni, Frederick Eddy, William Lorensen, Modelo y diseño orientado a objetos. Editorial Prentice Hall

7. James Martin, James J Odell, Métodos orientados a objetos. Editorial Prentice Hall.
8. Gefrey Whitten, Victor M. Borlow, Análisis y diseño de sistemas de información tercera edición. Edición Mac Graw Hill.
9. Dan Appleman Desarrollo de componentes COM / Active X con Visual Basic 6, Editorial Prentice Hall 2000.
10. Francesco Balena Programming Mocosoft Visual Basic 6.0.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

1. Los modelos de inventarios para demanda determinística y probabilística que pueden ser aplicados en la planificación de un inventario entre otros son: Modelo EOQ, EL modelo de descuento por cantidad de compra, y los modelos probabilísticos (s,Q), y para inventarios de clase A.
2. Al automatizar el proceso de control del inventario se tiene información oportuna para la toma de decisiones, pero cabe recalcar que en nuestro país no se llega a tener una buena calidad de datos, para afirmar que la decisión basada en la generación de los resultados que nos presenta el sistema de control de inventario SISAI sea la óptima, debido a que el personal no registra la demanda cuando se genera si no que deja acumular los ingresos para después realizar esta tarea.
3. Al tener un software con las funciones de SISAI, le permite tener al administrador información sobre sus clientes, y productos, por ejemplo cuales son los productos que mas se demandan y

además quienes son los clientes que mas compran y que productos adquieren. Así como realizar la planificación de las adquisiciones de los Ítems para el inventario, es decir el software le proporcionará las respuestas a las siguientes preguntas Cuándo y Cuánto pedir?

4. En el desarrollo del sistema utilizamos la base SQL para almacenar los registros de la demanda y para generar "Store Procedure", estos se almacenan en la base y permiten tener consultas que son llamadas desde la aplicación SISAI logrando con esto mejorar el tiempo de respuesta para el cálculo, debido a que se recopilan y se almacenan.
5. Visual Basic presenta la oportunidad de aplicar una programación semi orientada a objetos, esta es una herramienta poderosa para la programación, la cual permite representar y organizar los modelos matemáticos de mejor manera, logrando con esto que sea muy fácil el mantenimiento del sistema y poder expandir los modelos, es decir incluir modelos mas sofisticados para el control del inventario

6. El analizador y ejecutador de consulta que se ha desarrollado en SISAI permite al encargado del control del inventario generar cualquier tipo de reporte, logrando con esta un diversidad APRA satisfacer cualquier necesidad de información.
  
7. Como conclusión final se tiene que un Ingeniero en Estadística e Informática está en capacidad de vincular las ciencias estadísticas, la teoría de la optimización y las ciencias de la computación, logrando con esto optimizar el tiempo de procesamiento de la información y por tanto de los análisis y conclusiones sobre determinadas investigaciones realizadas.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda automatizar mas modelos de inventarios debido a que SISAI presenta solo 4 modelos dos determinísticos y dos probabilísticos, además solo se consideran políticas de revisión continua, no existe modelos que contemplen una política de revisión periódica, el sistema puede enriquecerse con la incorporación de otros tipos de modelos de control de inventarios que se ajusten mejor a las necesidades de cada empresa.
2. Se recomienda que se integre a SISAI un módulo en el cual se pueda aplicar pruebas de bondad de ajuste para determinar a que distribución de probabilidad se aproxima la demanda de cada artículo, además otro modulo donde tenga como función la de simular y predecir la demanda logrando con esto tener mayor información para la decisión de cuánto y cuándo comprar.
3. Se debe trabajar mas en el módulo de análisis del inventario, de tal manera que presente la demanda generada durante un intervalo de tiempo y poder visualizar el comportamiento de esta durante dicho intervalo, y así observar los ciclos y tendencias de compras.

4. Se recomienda promocionar este tipo de trabajos que generan procesos de análisis que no son estáticos, es decir que brindan a un gerente la oportunidad de realizar estudios periódicos. Con la finalidad de dar a conocer el verdadero perfil del Ingeniero Estadístico e Informático.
5. Sería de muy buena utilidad desarrollar un software, en que se integre las ciencias Estadísticas, Actuariales, Optimización, entre otras, para obtener un instrumento de promoción de la carrera, además con el beneficio económico para el Instituto de Matemáticas al proporcionar asesoramiento a empresas.
6. Se recomienda diseñar y elaborar un modulo mas general sobre la importación de datos en el cual contemple la posibilidad de crear tablas en base a sentencias en SQL
7. En el sistema se debe eliminar la dependencia del conocimiento de terceras personas para su manejo, es decir, elaborar una interfaz mas amigable para las consultas a la base de datos.

## BIBLIOGRAFÍA

1.- Decisión Systems for Inventory Management and production planning, Edward A. Silver y Rein Peterson, Editorial John Wiley & Sons / Second Edition,1996

2.- Enfonques prácticos para la planeación y control de inventarios, Alfonso García Cantíe, Editorial Trillos / 3ra edición – México, 1990

3.- Diseño y desarrollo de una hoja electrónica para el análisis y cálculo actuarial, Ing. Eduardo Falcones, Escuela Superior Politécnica,2002.

4.- Investigación de Operaciones, Hamdy A. Taha , Editorial Alfa Omega / Quinta Edición,1990.

5.- Métodos y modelos de investigación de operaciones, Dr Juan Prowda Witenberg, Editorial Limusa S.A. de C.U / . Volumen II Modelos Estocásticos – México, 1980

6.- Investigación de operaciones El arte de la toma de decisiones, Kamlesh Mather y Daniel Salow, Prentice –Hall Hispana Americana S.A. - México, 1996

7.-Direcciones de páginas web:

[http://www.greatplains.cl/paginas/dynamics/dyn\\_control\\_invent.html](http://www.greatplains.cl/paginas/dynamics/dyn_control_invent.html)

<http://www.bejerman.com.ar/eflex/estruct.htm>

[http://www.cusoft.org.uy/desarrollan\\_soft\\_GP.asp](http://www.cusoft.org.uy/desarrollan_soft_GP.asp)